Número 32

NOÇÕES BÁSICAS DE ESTATÍSTICA EXPERIMENTAL



NOÇÕES BÁSICAS DE ESTATÍSTICA EXPERIMENTAL

Nilton Dessaune Filho



EMPRESA CAPIXABA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMCAPA Caixa Postal 391 29.000 — Vitória—ES Brasil

519.5 D441n 1987 DESSAUNE FILHO, N. <u>Noções básicas de</u>
<u>estatística experimental</u>. Vitória ES, EMCAPA, 1987. 59 p. (EMCAPADocumentos, 32).

1. Estatística experimental. I. $\underline{T}\underline{\acute{1}}$ tulo. II. Série.

1	INTR	odução	7
	1.1	A Ciência Estatística na Pesquisa	7
	1.2	Definição	8
	1.3	Objetivo	9
	1.4	Funções	9
	1.5	Limitações	10
2	PLAN	EJAMENTO DE EXPERIMENTOS	11
	2.1	Princípios Básicos da Experimen-	
		tação	14
	2.2	Características de um bom Experi-	
		mento	15
	2.3	Considerações sobre a Experiment <u>a</u>	
		ção Agronômica	16
	2.4	Aumento da Precisão e Exatidão dos	
		Experimentos	17
	2.5	Unidade Experimental	17
	2.6	Parcela Experimental	17
		2.6.1 Tamanho e forma das parce	
		las	17

		2.6.2 Como se determina o tamanho	
		da parcela	19
		2.6.3 Forma das parcelas	20
	2.7	Bordadura	21
3	DELI	NEAMENTOS EXPERIMENTAIS E ANÁLISE	
	DE V	ARIÂNCIA	22
	3.1	Delineamento	22
		3.1.1 Finalidade	22
		3.1.2 Hipóteses	23
		3.1.3 Erro experimental	24
	3.2	Análise de Variância	24
		3.2.1 Efeitos da análise de va-	
		riância	25
	3.3	Experimentos Inteiramente Casuali-	
		zados	25
	3.4	Experimentos em Blocos ao Acaso	27
	3.5	Experimentos em Quadrado Latino	28
	3.6	Experimentos Fatoriais	30
	3.7	Experimentos em Parcelas Subdivid <u>i</u>	
		das	31
	3.8	Testes para Comparação de Médias	32
		3.8.1 Teste t (Student)	33
		3.8.2 Teste de Tukey	33
		o o o Teste de Duncan	24

4	MONTA	AGEM DE	EXPERIMENTOS E COLETA DE D \underline{A}	
	DOS .			34
	4.1	Instala	ação de Experimentos	34
		4.1.1	Quadratura do experimento.	35
		4.1.2	Homogeneidade dos blocos	35
		4.1.3	Instalação dos blocos	35
		4.1.4	Instalação das parcelas .,.	36
		4.1.5	Identificação das parcelas.	36
	4.2	Dados I	Experimentais	37
		4.2.1	Dados primitivos ou brutos.	37
		4.2.2	Dados derivados ou elabora-	
			dos	37
	4.3	Coleta	de Dados Experimentais	38
	4.4	Transfo	rmação de Dados	39
		4.4.1	Transformação raiz quadrada	39
		4.4.2	Transformação logarítmica	40
		4.4.3	Transformação angular ou	
			arc.sen √p/100	40
	4.5	Tabelas	s dos Resultados	40
	4.6	Alguns	Tópicos em Experimentação	41
		4.6.1	Variação aleatória	41
		4.6.2	Finalidade dos blocos	41
		4.6.3	Experimentação intensiva e	20423
			experimentação extensiva	17

5	AMOS	STRAGEM	•••••	47
	5.1	Vantag	gens do Método das Amostragens	50
6	MED]	DAS DE	POSIÇÃO E DE DISPERSÃO	50
	6.1	Medida	as de Posição ou de Tendência	
		Centra	al	50
		6.1.1	Somatório definido (Σ)	51
		6.1.2	Média aritmética simples (\bar{X})	51
		6.1.3	Média aritmética ponderada	
·			(\bar{x}^1)	53
		6.1.4	Média geométrica	55
		6.1.5	Mediana (Md)	55
		6.1.6	Moda	56
	6.2	Medida	s de Dispersão e Assimetria .	57
		6.2.1	Dispersão	57
		6.2.2	Amplitude total	58
		6.2.3	Afastamento médio	58
		6.2.4	Desvio padrão	58
		6.2.5	Variância	59
		6.2.6	Coeficiente de variação	50

NOÇÕES BÁSICAS DE ESTATÍSTICA EXPERIMENTAL

Nilton Dessaune Filho

1 INTRODUÇÃO

1.1 A Ciência Estatística na Pesquisa

A ciência estatística tem por propósito forne cer uma base objetiva para a análise de problemas cujos dados derivam de leis de casualidade exata. Um sistema lógico de raciocínio indutivo, desenvol vido para o estudo de dados desta natureza, vem sendo largamente utilizado na pesquisa científica.

Na classificação de problemas, de acordo com o raciocínio empregado na sua solução, existem apenas duas espécies:

Pesquisador M.Sc., EMCAPA.

Raciocínio dedutivo: neste primeiro caso, o problema estará em saber o que ocorrerá sob determina das condições, quando se conhece, de antemão, algum princípio geral ou se dispõe de um conjunto de princípios. Parte-se, conseqüentemen te, do geral para o particular.

Raciocínio indutivo: é o oposto do anterior, isto e, dados alguns casos específicos, derivar deles princípios gerais que possam ser aplicados a todos os membros de uma classe da qual aqueles casos foram tomados.

1.2 Definição

É o instrumento lógico, fundado no método indutivo, que tem por objetivo a descoberta em forma e valor das leis dos fenômenos coletivos e de multidão, quaisquer que sejam os campos experimentais a que eles pertençam.

Podemos também definir estatística como sendo a parte da matemática aplicada que se ocupa em $o\underline{b}$ ter conclusões a partir de dados de observação.

1.3 Objetivo

Descobrir as relações de dependência entre cau sa e efeito de um fenômeno qualquer.

1.4 Funções

Descritiva: descreve conjunto de dados variáveis, reduzindo-os a um pequeno número de medidas que contêm toda a informação relevante. Nesses processos descritivos salientam-se as medidas de posição e dispersão que veremos adiante.

Indutiva: a partir de conjuntos menores (amostras), faz inferências prováveis sobre agregados maiores (universo ou populações) de que se supõe proveniente o conjunto estudado. Esse aspecto, também chamado de inferência estatística, trata de dois grandes tópicos: estimação de parâmetros e verificação de hipóteses.

Planejadora: auxilia no delineamento de experimen tos e levantamentos para, dentro de uma precisão estipulada, obter-se a informação desejada,
livre da influência de fatores pertubadores,

e com o mínimo de despesas ou, alternativamente, para uma despesa fixa, com o máximo de precisão.

1.5 Limitações

O uso inadequado da estatística e de alguns er ros comuns de raciocínios tais como generalizações com poucos casos, falsas analogias, confronto de dados não comparáveis ou que apresentam classifica ções ocultas que passam despercebidas, raciocínio simplista, extrapolações, etc., levam à reação po pular de descrença nos métodos estatísticos.

Já para os excessivamente crentes na estatística, é conveniente lembrar que ela é um instrumento e, como tal, deve ser usada com inteligência. Para isto, convém saber suas limitações:

. A estatística não serve para corrigir erros gros seiros nem técnicas defeituosas. Toda informação está contida nos dados, e, se esses são viciados, será falsa qualquer conclusão que deles se tire.

- . A estatística não substitui o julgamento crítico. Ela fornece critérios que auxiliam o pesquisador a tomar decisões sobre a rejeição ou não de uma hipótese.
- . Os testes estatísticos não devem ser empregados para verificar hipóteses sugeridas apenas pela inspeção dos dados. Se os dados sugerem certas modificações, essas poderão constituir base de uma hipótese a ser verificada através de uma no va pesquisa especialmente planejada para esse fim.
- . O emprego da estatística requer concordância sa tisfatória entre o modelo matemático utilizado e os dados reais obtidos.

2 PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS

Em uma pesquisa científica, o procedimento \underline{ge} ral é formular hipóteses e verificá-las diretamente ou por suas conseqüências. Para isto, é preciso um conjunto de observações e o planejamento de \underline{ex} perimentos é então essencial para indicar o \underline{esque}

ma sob o qual as hipóteses possam ser verificadas.

As hipóteses são verificadas com a utilização de métodos de análise estatística que dependem da maneira sob a qual as observações foram obtidas.

Planejamento de experimentos e análise dos resultados estão intimamente ligados e devem ser utilizados em uma seqüência nas pesquisas científicas das diversas áreas do conhecimento.



Uma pesquisa científica estatisticamente plane jada consiste nas seguintes etapas que dependem de um perfeito entendimento entre o pesquisador e o estatístico:

- 1 Enunciado do problema com formulação de hipóteses.
- 2 Escolha dos fatores (variáveis independentes) e seus níveis.
- 3 Escolha da unidade experimental e da unidade de observação.
- 4 Escolha das variáveis que serão medidas nas unidades de observação.
- 5 Determinação das regras e procedimentos pelos quais os diferentes tratamentos (combinação de níveis de fatores) são atribuídos às medidas ex perimentais.
- 6 Escolha do delineamento estatístico para verificação das hipóteses a serem testadas.
- 7 Análise estatística dos resultados.

8 Relatório final contendo conclusões com medidas de precisão das estimativas.

2.1 Princípios Básicos da Experimentação

Existem três princípios básicos indispensáveis ao uso da estatística para se avaliar um experime $\underline{\mathbf{n}}$ to.

Repetição: consiste na observação de pelo menos duas unidades experimentais para cada tratamen to; seu número depende do grau de precisão nas diferenças entre tratamentos a serem observados e do grau de clareabilidade do material experimental.

Casualização: atribuir os tratamentos às unidades $e\underline{x}$ perimentais de tal maneira que cada uma tenha igual probabilidade de receber um certo tratamento.

Sua finalidade é obter uma estimativa não tendenciosa da média dos tratamentos e dos erros.

Controle local: leva a controlar as variações ineren

tes aos dados que não dependem dos tratamentos. Serve para diminuir o erro experimental (Ex.: blocos).

2.2 Características de um bom Experimento

- Simplicidade: seleção de tratamentos da maneira mais simples e objetiva em relação às hipóteses a serem testadas.
- Grau de precisão: uma probabilidade alta de que o ex perimento seja capaz de medir as diferenças en tre tratamentos com o grau de precisão desejado. Assegura-se com um delineamento apropriado e um número suficiente de repetições.
- Livre de erros sistemáticos: as diferenças entre tratamentos devem ser estimadas livres de tendencio
 sidade, devido principalmente a um erro na apli
 cação de alguns tratamentos.
- Faixa de validade das conclusões: deve ser tão ampla quanto possível. Repetições no tempo e espaço, tratamentos em esquema fatorial.
- Cálculo do grau de incerteza: deve permitir calcular a

probabilidade de que o resultado obtido tenha sido ao acaso.

2.3 Considerações sobre a Experimentação Agronômica

A experimentação agronômica teve início com a criação das primeiras estações experimentais. primeiros experimentos agrícolas em larga escala surgiram com o desenvolvimento da química aplicada à agricultura. Assim, Boussingault criou a primei ra estação experimental na Alsácia, em 1834. Na Inglaterra, Lawes e Gilbert criaram, em 1843, a Es tação Experimental de Rothamsted. Nos Estados Uni dos, as primeiras estações surgiram em 1862. No Brasil, a experimentação agrícola teve início com a sua criação, por Decreto Imperial, em 1887. Entretanto, a experimentação agronômica só atingiu pleno desenvolvimento depois dos trabalhos geniais de R.A. Fisher. O desenvolvimento dos métodos estatísticos, em consequência das idéias de Fisher, praticamente revolucionaram a experimentação nômica.

2.4 Aumento da Precisão e Exatidão dos Experimentos

Propõe-se principalmente a:

- . Responder com clareza às questões formuladas.
- . Fornecer estas respostas com o máximo de precisão para um certo gasto de recurso.

2.5 Unidade Experimental

Porção do material experimental ao qual um único tratamento ou combinação de tratamentos é aplicado numa única repetição do experimento básico.

Ex.: um canteiro, um paciente, um animal ou um 10 te de animais, etc.

2.6 Parcela Experimental

São os locais onde são efetuadas as observações para testar as hipóteses formuladas.

2.6.1 Tamanho e forma das parcelas

Existem vários fatores que devem ser levados em conta para determinar o tamanho e a forma das parcelas experimentais. Os mais importantes são:

- a) Area disponível para a experiência: quando esta área for pequena, é preferível reduzir o tamanho de cada parcela na proporção necessária do que limitar o número de repetições, exigidas pelos modelos matemáticos, para que o experimento possa inspirar confiança.
- b) Qualidade do terreno disponível: se o terreno é pouco homogêneo e as parcelas são grandes, é mui to pouco provável que cada uma caia em zonas do solo de fertilidades bastante diferentes, melho rando assim a variação entre as parcelas. Se as parcelas forem pequenas, poderão cair em zonas de fertilidade boa ou má, o que aumentará a variação entre as parcelas.
- c) Objetivo da experiência: por exemplo, ao se comparar linhagens de grande número de variáveis, as parcelas têm que ser de tamanho reduzido. Por outro lado, em ensaios de fertilizantes ou práticas culturais, quando o número de tratamentos não é muito elevado, pode-se empregar parcelas maiores.

- d) Métodos de cultivos que serão desenvolvidos nos ensaios: os fatores do tipo mecânico, determina dos pelos meios que se disponha ou que possam a plicar-se para a preparação das parcelas ou para plantação ou cultivo, influem no tamanho das parcelas.
- e) Tipo de planta cultivada: deve-se levar em conta o tipo de cultura estudada para a fixação do tamanho das parcelas. Se a planta é de natureza tal que exige um espaço considerável para desenvolver-se, o tamanho das parcelas deve ser relativamente grande, para que se tenha um número de pés suficientemente elevado. Com relação às árvores frutíferas, é muito difícil estabelecer parcelas com um número elevado de indivíduos em cada uma. Contudo, este número não pode reduzir-se em demasia, pois as variações individuais aumentam o erro experimental.

2.6.2 Como se determina o tamanho da parcela

Através dos ensaios em branco, que consistem em se dar a uma área de extensão relativamente grande um tratamento uniforme quanto à variedade semea

da, à fertilização e ao cultivo, e depois dividíla em pequenas parcelas que podem chegar a comprimento mínimo de linhas. Notem que só varia o tama nho das parcelas, que é o que nos interessa.

Determinadas as produções destas pequenas parcelas, após a colheita, e tendo em conta sua lo calização, poderemos agrupá-las de diferentes maneiras para calcular os rendimentos correspondentes a parcelas de diversos tamanhos.

A comparação de resultados entre os diversos tipos de parcelas se faz recorrendo-se aos coeficientes de variação e utilizando o "método da cur vatura máxima".

2.6.3 Forma das parcelas

A forma das parcelas tem menos influência que o tamanho e está imposta, na maioria dos casos, pelas dimensões gerais do campo e pelas exigências da cultura em estudo. Ela pode variar de quadrada a retangular, até ser formada por uma estreita faixa, constituída por uma ou duas linhas de plantio, de comprimento variável.

Considerando-se a mesma área de parcela, a forma quadrada é preferível, pois reduz o perímetro.

2.7 Bordadura

O termo bordadura, dentro da experimentação agrícola, é usado para designar uma área que circunda as parcelas de um experimento, ou mesmo todo o experimento, com a finalidade de dar proteção e condições homogêneas à unidade experimental considerada como área útil.

Justifica-se o uso da bordadura quando existe concorrência entre as linhas adjacentes nos canteiros experimentais e nos ensaios onde os efeitos dos bordos sejam excessivos, porque, neste caso, as linhas exteriores da parcela estarão em condições diferentes das linhas centrais.

Em experimentos de adubação, é muito impor - tante o uso de uma bordadura adequada para que os fertilizantes aplicados em uma parcela não venham a afetar uma adjacente.

A bordadura servirá também para evitar alguns efeitos externos, tais como: influência de ventos, de estradas (poeira, roubo) e possíveis su perfícies de drenagem.

3 DELINEAMENTOS EXPERIMENTAIS E ANÁLISE DE VARIÂNCIA

3.1 Delineamento

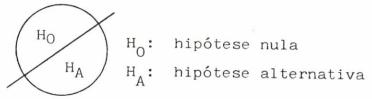
É um método de obter informação com a finalida de de testar hipóteses.

3.1.1 Finalidade

Qualquer que seja o delineamento de um traba lho experimental, o seu propósito é prover um meio adequado de fazer observações (probabilidade de amostragem) que possam ser usadas para generalizações plausíveis com relação à prática em estudo ou, ainda, diminuir o erro experimental.

3.1.2 Hipóteses

São suposições que o experimentador formula acerca de um determinado parâmetro de uma vari $\underline{\acute{a}}$ vel.



A hipótese tem de ser testável.

	НО	HA
НО	Х	ERRO II
$^{\rm H}$ A	ERRO I	Х

ERRO TIPO I - quando a hipótese de nulidade (hipótese nula) é verdadeira e nós a rejeitamos.

ERRO TIPO II - quando a hipótese de nulidade é falsa e nós a aceitamos.

O erro tipo I ou ∝ é fixado.

O erro tipo II ou β é controlado através da coleta dos dados.

3.1.3 Erro experimental

São todas as variáveis que fogem ao controle do experimentador. O erro experimental é devido a duas fontes:

- a) variação inerente ao material experimental ao qual são aplicados os tratamentos.
- falta de uniformidade das condições experimentais.

3.2 Análise de Variância

A análise de variância, técnica estatística desenvolvida por R.A. Fisher para facilitar a análise e a interpretação dos dados experimentais, constitui hoje a principal ferramenta de pesquisa estatística do cientista e seu uso dispersou-se, rapidamente, para outras ciências.

Os principais propósitos da análise de variância são:

. Estimar certas diferenças entre tratamentos que são de interesse.

- . Obter idéia da precisão das estimativas.
- Fazer testes de significância que sejam poderosos.

3.2.1 Efeitos da análise de variância

- a) Efeitos de tratamentos que são introduzidos pelo experimentador.
- b) Efeitos ambientais que a análise permite medir. Ex.: efeito de blocos num experimento em blocos casualizados ou de linha e colunas em um quadrado latino.
- c) Erros experimentais que podem resultar de uma variabilidade inerente ao material experimen tal ou de falta de uniformidade na condução do experimento.

3.3 Experimentos Inteiramente Casualizados

. Modelo:
$$Y_{ij} = M + T_i + \xi_{ij}$$

. Quando usar: deve ser usado quando o material experimental for bem homogêneo.

. Método de casualização: atribuir os tratamentos às unidades experimentais ao acaso.

. Vantagens:

- Qualquer número de repetições ou de tratamen tos pode ser usado e o número de repetições po de variar de um tratamento para outro sem que isto dificulte a análise.
- O número de graus de liberdade para o resíduo é o maior possível.
- . Desvantagem: geralmente, conduz a estimativas bastante altas da variância residual, pois as variações de toda ordem, além das que se atribuem a tratamentos, são tomadas como variações do acaso.
- . Exemplo: suponhamos um experimento de comparação de cultivares de feijão, onde temos: cinco cultivares com quatro repetições.

Quadro de análise de variância

F.V.	G.L.
Variedades	4 (5 - 1)
ERRO	15 (19 - 4)
TOTAL	19 (5.4 - 1)

3.4 Experimentos em Blocos ao Acaso

Constituem o tipo mais importante de deline<u>a</u> mento. O controle local é representado pelos blocos.

. Modelo:
$$Y_{i,j} = M + T_i + B_j + \xi_{i,j}$$

- . Quando usar: quando o material experimental apresenta variações identificáveis antes da aplicação do tratamento.
- . Método de casualização: constituir grupos de unidades experimentais (blocos). Em cada grupo, atribuir os tratamentos às unidades experimentais independentemente um do outro, de maneira tal que cada bloco tenha igual número de tratamento.
- Exemplo: Considerar um experimento com cinco tra tamentos e cinco repetições.

Quadro de análise de variância

F.V	G.L.
Tratamento	4 (5 - 1)
Blocos	4 (5 - 1)
ERRO	16 (24 - 8)
TOTAL	24 (5x5 - 1)

3.5 Experimentos em Quadrado Latino

Neste tipo de experimento, o controle local é feito pelas linhas e colunas.

. Modelo:
$$Y_{ijk} = M + L_j + C_k + T_i + \xi_{ijk}$$

- . Quando usar: quando o material experimental apresentar variações em vários sentidos (quando o material experimental for bem heterogêneo).
- . Método de casualização: os tratamentos são atribuídos às linhas e às colunas e depois é feita a casualização em duas etapas:
 - 1 Sorteiam-se as linhas
 - 2 Sorteiam-se as colunas
- . Exemplo: quadrado latino 4 x 4

А	В	С	D
В	С	D	A
С	D	А	В
D	А	В	С

1º Quadro
montado pelo
técnico

С	D	А	В
А	В	С	D
D	A	В	С
В	С	D	А

2º Quadro

sorteio das linhas

A	С	D	В
С	A	В	D
В	D	А	С
D	В	С	А

3º Quadro

sorteio das colunas

Limitações do quadrado latino: como o número de repetições deve ser igual ao número de tratamentos, em geral, não se usam quadrados latinos no caso de termos mais de oito tratamentos, pois o número de repetições é bem exagerado.

Por outro lado, os quadrados latinos de 3×3 e 4×4 encerram tão poucas parcelas que só podem ser usadas se o experimento incluir vários quadrados latinos.

Os quadrados latinos mais usados são os de 5×5 a 8×8 .

. Exemplo: considere um quadrado latino 5×5 . Quadro de análise de variância

F.V.	G.L.	
Tratamento	4 (5 - 1)	
Linhas	4 (5 - 1)	
Colunas	4 (5 - 1)	
ERRO	12 (24 - 12))
TOTAL	24 (5x5 - 1))

3.6 Experimentos Fatoriais

São aqueles que incluem todas as combinações de vários conjuntos de tratamentos ou fatores.

Os experimentos fatoriais geralmente são mais eficientes do que os experimentos simples com um só conjunto de tratamentos.

O principal defeito dos experimentos fatoriais é que o número de tratamentos aumenta rapidamente.

. Modelo:
$$Y_{ijk} = M + T_i + Z_j + B_k + T_i Z_j + \xi_{ijk}$$

Exemplo: considere um experimento onde queremos estudar três níveis de nitrogênio e três níveis de fósforo em blocos ao acaso com quatro repetições.

Quadro de análise de variância

F.V.	G.L.		
Blocos	3 (4 - 1)		
Nitrogênio	2 (3 - 1)		
Fósforo	2 (3 - 1)		
Int.Nit.x Fósf.	4 (2 x 2)		
ERRO	24 (35-11)		
TOTAL	35 (3x3x4-1)		

3.7 Experimentos em Parcelas Subdivididas

Os experimentos em parcelas subdivididas são aconselháveis em alguns casos em que se pretendam estudar dois tipos diferentes de tratamentos, como, por exemplo, variedades e espaçamentos. Neste caso, cada parcela, semeada com uma certa variedade, é repartida em subparcelas, cada uma com um dos espaçamentos a estudar.

Deve-se optar por parcela subdividida quando se pretende comparar níveis de dois fatores, sen do que um é mais importante que o outro.

 Exemplo: considere o experimento no qual preten de-se estudar cinco variedades com quatro espaça mentos e quatro repetições.

Quadro de análise de variância

F.V.	G.L.
Bloco Variedade ERRO (a)	3 (4 - 1) $4 (5 - 1)$ $12 (3 * 4)$
Espaçamento Int. Var.*Esp. ERRO (b)	3 (4 - 1) 12 (4 * 3) 45 (79 - 34)
TOTAL	79 (5x4x4 - 1)

3.8 Testes para Comparação de Médias

A seguir são descritos os principais métodos para comparação de médias:

3.8.1 Teste t (Student)

Para usá-lo, alguns requisitos devem ser observados:

- . As comparações feitas pelo teste \underline{t} devem ser escolhidas antes de serem examinados os dados.
- Podem-se fazer no máximo tantas comparações quanto são os graus de liberdade para tratamentos, e os contrastes devem ser ortogonais.

Fórmula:
$$t = \frac{\hat{m}_1 - \hat{m}_2}{S.\sqrt{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}}}$$

3.8.2 Teste de Tukey

Pode ser utilizado para comparar todo e qual quer contraste entre duas médias de tratamentos.

Formula:
$$\Delta = q.\sqrt{\frac{1}{2}(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2})}$$
 QME

3.8.3 Teste de Duncan

Também usado para comparar médias,o teste de Duncan indica resultados significativos em casos em que o teste de Tukey não permite obter significação estatística.

Fórmula:
$$D = Z\sqrt{\frac{1}{2}(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2})}$$
 QME

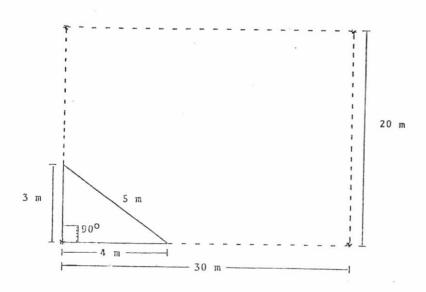
4 MONTAGEM DE EXPERIMENTOS E COLETA DE DADOS

4.1 Instalação de Experimentos

Na instalação dos experimentos, alguns cuid<u>a</u> dos devem ser observados em cada etapa definida nos subitens que descreveremos a seguir:

4.1.1 Quadradura do experimento

Utilizar o processo do triângulo retângulo (3 \times 4 \times 5).



4.1.2 Homogeneidade dos blocos

Evitar blocos muito extensos, de modo a fornecer condições semelhantes aos tratamentos que os
compõem e de modo a melhor aproveitar a área expe
rimental.

4.1.3 Instalação dos blocos

Levando-se em consideração o tamanho e a ho-

mogeneidade dos blocos, estes devem ser instalados, mantendo-se um certo intervalo entre si, de modo a permitir livre movimentação de pessoas e implementos agrícolas.

4.1.4 Instalação das parcelas

As parcelas deverão ser distribuídas equidis tantemente ao longo do bloco, procurando-se manter, quando necessário, um intervalo entre as mesmas.

4.1.5 Identificação das parcelas

Geralmente, as estacas que identificam as parcelas experimentais localizam-se na parte esquerda superior das mesmas, conforme detalhe no desenho abaixo:



4.2 Dados Experimentais

4.2.1 Dados primitivos ou brutos:

São dados que ainda não sofreram elaboração alguma.

4.2.2 Dados derivados ou elaborados

São aqueles resultantes de comparações feitas com os dados primitivos ou mesmo com outros da dos elaborados.

Tipos de dados elaborados:

a) Porcentagem

Consiste em se fazer o total equivalente a 100%, deduzindo-se a porcentagem correspondente a uma parcela qualquer por meio de uma regra de três simples e direta.

Total 100%

Parcela xPorcentagem = $\frac{100 \times parc}{total}$

b) Índice

É a comparação entre duas grandezas, uma das quais não está incluída na outra e vice-versa.

Ex.: Densidade demográfica = População (Variável)

Superfície (fixa)

c) Coeficiente ou taxa

Compara o número de ocorrência com ele mesmo, acrescido do número de não ocorrência (mas que poderia ter ocorrido).

4.3 Coleta de Dados Experimentais

A coleta dos dados experimentais deve ser feita durante todas as fases do experimento, a partir da sua instalação, durante o ciclo vegetativo, na colheita e após a colheita.

Deve ser observado que dos dados dependem do das as conclusões que serão tiradas dos experimen tos, portanto, estes devem ser os mais precisos possíveis, pois dados imprecisos levam a falsas conclusões, comprometendo, além da pesquisa,os pesquisadores e a própria empresa de pesquisa.

4.4 Transformação de Dados

Para se fazer a análise de variância de um experimento qualquer, devem ser respeitadas diversas hipóteses básicas que proporcionem poder e nível de significância correto aos testes. Estas hipóteses são as seguintes:

- . Os erros experimentais devem ter uma distribuição normal.
- Os parâmetros fixos e aleatórios do modelo matemático devem ser aditivos.
- . Os erros experimentais devem ter uma variância comum, ou seja, deve haver homogeneidade das variâncias.
- . Os erros experimentais não devem ser correlacionados entre si.

Para que isto ocorra, muitas vezes temos que recorrer à transformação dos dados brutos, como:

4.4.1 Transformação raiz quadrada

Utilizada quando os dados estatísticos são provenientes de contagens.

Quando entre os dados ocorrem valores peque nos, inferiores a 10 e, principalmente, zero, as transformações $\sqrt{x} + 0.5$, $\sqrt{x} + 1$ ou $\sqrt{x} + \sqrt{x} + 1$ são as indicadas.

Quando os dados de contagens são, em geral, su periores a 10, pode-se utilizar a transformação \sqrt{x} .

4.4.2 Transformação logarítmica

É utilizada para números inteiros positivos que cobrem uma grande amplitude, não podendo ser usada quando ocorre o valor zero.

Ex.: Log (x + 1) é o mais usado.

4.4.3 Transformação angular ou arc.sen √p/100

Esta transformação é utilizada para dados de porcentagem, onde: p = valores percentuais da variável.

4.5 Tabelas dos Resultados

Estas devem ser montadas de forma a facilitar a exploração dos dados pelos pesquisadores, bem como facilitar a codificação e digitação dos dados para análise estatística.

A seguir, são apresentadas tabelas para os delineamentos experimentais mais comuns.

4.6 Alguns Tópicos em Experimentação

4.6.1 Variação aleatória

São as presenças, em todos os dados obtidos, de efeitos de fatores não controlados (que podem ser controláveis ou não), como: pequenas diferenças de fertilidade do solo, variações nos espaça mentos, na profundidade de plantio, na constituição genética de animais e plantas, etc.

4.6.2 Finalidade dos blocos

Os blocos têm a finalidade de promover o controle local nos experimentos. Os blocos poderão ser espalhados por toda área em estudo ou poderão ser agrupados. Poderá ou não haver grande variação de fertilidade ou de outros fatores de um bloco para outro, isto não importa. O que importa é que cada bloco seja tão uniforme quanto possível.

Local: Afonso Cláudio Ano: 1983/84

Experimento: 1 Repetição: I

TABELA 1 - Blocos ao acaso e inteiramente casuali-

za	dos.				
TRATAMENTOS		VARIÁ	ÁVEIS	RESPOSTAS	
TRATAMENTOS	х ₁	х ₂	ХЗ		Хn
1	x ₁₁	X ₁₂	X ₁₃		x _{1n}
2	X ₂₁	x ₂₂	X ₂₃		X _{2n}
3	Х ₃₁	х ₃₂	Х ₃₃		X _{3n}
1	,	1	•		1
	,	1	1		1
1	,	1			
É	,		,		1
1	,	•			1
1	,	j	,		•
1	1	1	1		1
1	,	1	,		1
1	1		•		•
1			1		1
m	X _{m1}	X _{m2}	Х _{mЗ}		X mn

Obs.: padronizar as variáveis para todos os locais, anos, experimentos e repetições.

Local: Afonso Cláudio

Experimento: 1

Ano: 1983/84

Repetição: I

TABELA 2 - Quadrado latino

LINHA COLUNA		TRATAMENTOS -	VARIÁVEIS RESPOSTA					
THE IN	OOLONA	COLNERNITOLI	х ₁				X _n	
1	1	1	X ₁₁	X ₁₂	х ₁₃		x [•] 1n	
•	1	2	X ₂₁	x ⁵⁵	X ₂₃		X _{2n}	
,	•	3	х ₃₁	X ₃₂	X ₃₃		X _{3n}	
1	•	1	•	•	1		1	
•	•	ī	1	•	,		1	
•	•	ı		1	1		1	
1	•	1	1	1	1		1	
1	•	1		ŧ	1		1	
•	25 - Q	1	1	•	,		1	
1	•	1		ŧ.	•		,	
1	•	1.	•	1			•	
1		1.	1				,	
L	C	m .	$\mathbf{x}_{\mathtt{ml}}$	X _{m2}	X _{m3}		X mn	

L = C = m

Obs.: padronizar as variáveis para todos os locais, anos, experimentos e repetições.

Local: Afonso Cláudio

Experimento: 1

Ano: 1983/84

Repetição: I

Tabela 3 - Fatorial com 2 fatores, parcela dividi

da, experimento em faixa. TRATA-NÍVEIS NÍVEIS VARIÁVEIS RESPOSTA MENTO DE DE NITROGÊNIO FÓSFORO X_1 Ø 1 Ø X₁₁ 2 4Ø X₂₁ X 22 3 X 31 8Ø X_{3n} Ø 160 20 Ø 20 4Ø 20 80 20 16Ø 40 0 40 40 40 8Ø 40 16Ø m

Obs.: padronizar as variáveis para todos os locais, anos, experimentos e repetições

Local: Afonso Cláudio Ano: 1983/84

Experimento: 1 Repetição: I

TABELA 4 - Fatorial com 3 fatores, parcelas subdivididas, experimento em faixas.

TRATA-	NÍVEIS			VARIÁVEIS RESPOSTA			
MENTO	DE NITROGÊNIO	DE FÓSFORO	DE POTÁSSIO	x ₁	х2	х _з	- X _n
1	Ø	Ø	Ø	X ₁₁	X ₁₂	x ₁₃	X _{1n}
2	Ø	Ø	4Ø	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X _{2n}
3	Ø	Ø	8Ø	X ₃₁	X ₃₂	х _{зз}	X _{3n}
1	Ø	ЗØ	Ø		•	r ,	1
.1.	Ø	ЗØ	4Ø	1	ř.	1	1
1	Ø	3Ø	8Ø	1	•	1	1
1	4Ø	Ø	40	•	•	1	1
1	4Ø	Ø	8Ø	1	1	1	1
1	4Ø	Ø	8Ø	1	1	t	1
1	4Ø	ЗØ	Ø	1		ı	1
.1.	4Ø	ЗØ	4Ø	1	1	1	1
m	4Ø	ЗØ	8Ø	X m1	X m2	Х _{т3}	X mn

Obs.: padronizar as variáveis para todos os locais, anos, experimentos e repetições.

Local: Afonso Cláudio Ano: 1983/84

Experimento: 1 Repetição: I

TABELA 5 - Experimento em látice.

PIOCOS	TRATAMENTOS -	VARIÁVEIS RESPOSTA				
	TRATAMENTOS -	х ₁	х ₂	х _з	Хn	
1	1	X ₁₁	X ₁₂	x ₁₃	- X _{1n}	
,	2	X 21	x ₂₂	х ₂₃	- X _{2n}	
•	3	X ₃₁	X ₃₂	Х ₃₃	- X _{3n}	
r	1	1	1	1	,	
1	1	ī	1		1	
1	1	1	1	1	1	
1	1	1	t	1	1	
r	ī	1	1		1	
1	1	•	1	ř	1	
1	*	1	1	1	ı	
		,	•	1	1	
r	T.	1	•	r	Ĺ	
1	1	1	1		,	
1	1	1	1	ĭ	,	
•	,	1	1	r	1	
r	m	x_{m1}	x _{m2}	x _{m3}	X _{mn}	

Obs.: padronizar as variáveis para todos os locais, anos, experimentos e repetições.

Em outras palavras, a variação dentro dos blocos deve ser a menor possível, ao passo que a variação entre blocos pode ser grande ou pequena, à vontade.

4.6.3 Experimentação intensiva e experimentação extensiva

Quando se faz experimentos em um lugar, com todas as suas parcelas agrupadas numa pequena área, seus resultados, a rigor, são válidos para a área em questão (experimentação intensiva).

Quando se procura utilizar blocos completos ou não e distribuí-los por toda a região para a qual se procuram obter conclusões, os resultados serão mais gerais (experimentação extensiva).

5 AMOSTRAGEM

Até há pouco tempo atrás, dava-se pouca atenção aos problemas de como se obter uma boa amostra gem e de como se tirar conclusões adequadas dos re sultados. Isso não importa, desde que o material do qual retiramos as amostras seja homogêneo, pois qualquer tipo de amostragem gera quase o mesmo resultado. Os diagnósticos de laboratório sobre o nosso estado de saúde são feitos com apenas algumas gotas de sangue. Esse processo fundamenta - se na presunção de que o sangue em circulação está sempre bem misturado e que uma gota conta a mesma história que qualquer outra. Entretanto, quando o material está longe de ser homogêneo, como acontece freqüentemente na agricultura, o processo pelo qual se obtém a amostra se torna crítico e o estudo das técnicas que assegurem amostras dignas de confiança é importante.

Amostra: é todo conjuntocujas propriedades se estudam como o fim de generalizá-lo a outro conjunto do qual aquele é considerado parte.

Amostra representativa: é a amostra obtida por um processo isento de tendenciosidade ou viés.

Subamostra: amostra de amostra.

Tamanho da amostra: Número de elementos que compõem uma amostra.

- Amostragem casual: é a amostragem em que a seleção de um elemento da população depende de dada lei probabilística.
- Amostragem com reposição: processo de seleção de amos tras em que cada elemento amostral é escolhido e após sua observação é devolvido à população originária, antes de se proceder à nova extração.
- Amostragem sem reposição: processo de seleção em que um mesmo elemento amostral não pode figurar mais de uma vez na amostra.
- Amostragem estratificada: o processo de obtenção da amostra estratificada é precedido pela decomposição da população, ou sistema de referência, em estratos.
- Amostragem sistemática: é o processo que, aplicado a uma sucessão de <u>n</u> unidades amostrais, consiste em escolher, por amostragem acidental, um elemento entre o K ≤ n primeiro e todos os subseqüentes K-ésimo a partir do que foi escolhido.

- 5.1 Vantagens do Método das Amostragens
- Custo reduzido: como trabalhamos com parte da popul<u>a</u> ção em estudo, as despesas são menores do que as despendidas em um censo integral.
- Maior rapidez: pelo mesmo motivo, os dados podem ser coligidos e sintetizados mais rapidamente do que com uma contagem completa.
- Maior amplitude: pois possibilita uma maior flexib<u>i</u> lidade relativa às espécies de informações que podem ser obtidas.
- Maior exatidão: dada a redução do volume de trabalho, uma amostragem pode, na realidade, proporcionar resultados mais exatos do que a espécie de contagem integral.
- 6 MEDIDAS DE POSIÇÃO E DE DISPERSÃO
- 6.1 Medidas de Posição ou de Tendência Central

São aquelas que tendem a se localizar em um valor central dentro de um conjunto de dados. A mé-

dia (parâmetro) é um valor característico de um conjunto de dados. Há vários tipos de média: média, mediana, moda, média geométrica, média harmônica, etc.

6.1.1 Somatório definitivo (Σ)

Dada uma sucessão de números reais X_1 , X_2 , ... X_n , representa-se a sua soma por:

6.1.2 Média aritmética simples (\bar{X})

Dados <u>n</u> valores $X_1, X_2, \dots X_n, \bar{X}$ é a soma dos valores divididos pelo número de termos, isto é:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

Propriedades da média aritmética

A soma algébrica da diferença entre cada valor observado e a média aritmética é nula, isto é:

Ex.: sejam os valores 1, 2, 3

$$\bar{X} = \frac{\int_{1=1}^{3} X_{1}}{3} = \frac{X_{1} + X_{2} + X_{3}}{3} = \frac{1 + 2 + 3}{3} = 2$$

	Desvios em relação à média
1	$(x_i - \bar{x})$
1	1 - 2 = -1
2	2 - 2 = 0
3	3 - 2 = 1
	$ \begin{array}{ccc} n \\ \Sigma & (X_{i} - \overline{X}) = 0 \\ i = 1 \end{array} $

A média de uma constante é a propria constante:

$$\bar{X}_{(c)} = C$$

Ex.: 2, 2, 2, 2; $\bar{X}_{(2)} = 2$

A média do produto de uma constante por uma vari<u>á</u> vel é igual ao produto da constante pela média da variável.

$$\bar{X}_{(cx)} = C\bar{X}_{(x)}$$

Ex.:
$$3.1 + 3.2 + 3.3$$
; $\bar{X} = 3.2 = 6$

A soma dos quadrados dos desvios da média aritmética é mínima, com relação à soma dos quadrados dos desvios relativos, a qualquer outro valor distinto da média aritmética, isto é:

6.1.3 Média aritmética ponderada (\bar{X}^1)

A média ponderada \overline{X}^1 de um termo (pontos

médios) X_1' , X_2' , ... X_m' que correspondem às frequências (ou pesos) ℓ_1 , ℓ_2 , ... ℓ m é dada por:

$$\bar{X}' = \frac{\sum_{\delta = 1}^{m} X_{\delta}' \ell_{\delta}}{\sum_{\delta = 1}^{m} \ell_{\delta}}$$

Ex.:

Produto	Preço	Quantidade vendida
A	100	30
В	110	72
C	120	85
D	130	53
	Total	240

Neste exemplo, o preço médio ponderado será:

$$\bar{X}' = (100 \times 30) + (110 \times 72) + (120 \times 85) + (130 \times 53)$$

$$\bar{X}' = \frac{28.010}{240} = 116,71$$

6.1.4 Média geométrica

É a raiz <u>n</u>-ésima do produto de n termos pos<u>i</u> tivos $X_1, \ X_2, \ \ldots, \ X_n,$ isto é:

$$\bar{X}_g = {}^{n}\sqrt{X_1, X_2 \dots X_n} = {}^{n}\sqrt{\underset{i=1}{n}} X_i$$

ou podemos calcular, usando logaritmos que é mais fácil.

$$\log \bar{X}_g = \frac{1}{n} \quad \sum_{i=1}^n \log X_i \rightarrow \bar{X}_g =$$

$$= \text{ antilog } \underbrace{\overset{n}{\underset{i=1}{\sum}} \log X_{i}}_{n}$$

6.1.5 Mediana (Md)

É a média mais usada na prática. É o valor central de <u>n</u> termos, X_1 , X_2 , ..., X_n dispostos em ordem crescente, ou será a média aritmética dos dois termos centrais se <u>n</u> é par.

ordenando, teremos: 36, 72, 82, 84, 98, 105, 137 a mediana será 84

Ex. 2: 12, 15,
$$16, 18$$
, 21, 24

$$Md = \frac{16 + 18}{2} = \frac{34}{2} = 17$$

6.1.6 Moda

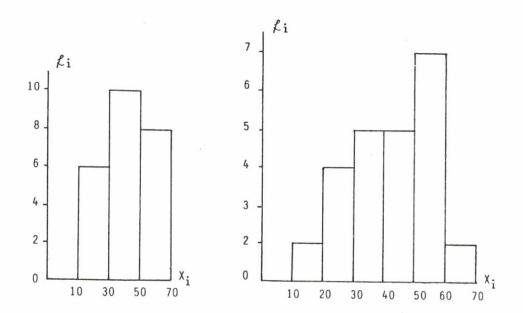
É o valor que ocorre com maior freqüência.

Agrupando-os em intervalo de classe de 20 e 10, temos:

Classes	Freqüências
10 - 30	6
30 - 50	10
50 - 70	8
	24

Classes	Freqüências
10 - 20	2
20 - 30	4
30 - 40	5
40 - 50	5
50 - 60	7
60 - 70	1
/	24

os histogramas serão:



como nós escolhemos dois intervalos de classe, é melhor optarmos pelo menor. Logo, a moda bruta será <u>50</u>.

6.2 Medidas de Dispersão e Assimetria

6.2.1 Dispersão

Duas distribuições de freqüência, embora com a mesma média, podem ter uma flutuação de valores muito diversa em torno dessa média. A caracterização desse fato é feita por meio da "dispersão". Ex.: sejam duas amostras:

$$A_1 = 2 \quad 4 \quad 6 \quad 4 \quad 4 \qquad \qquad \overline{X}_1 = 4$$
 $A_2 = 2 \quad 8 \quad 1 \quad 5 \quad 4 \qquad \qquad \overline{X}_2 = 4$

embora as médias das duas amostras sejam iguais $(\bar{X} = 4)$ a segunda amostra tem maior dispersão.

6.2.2 Amplitude total

Consiste na diferença entre o maior e o menor valor observado.

6.2.3 Afastamento médio

É a média dos afastamentos (somados sem considerar o sinal), contados em relação à média aritmética ou à mediana.

6.2.4 Desvio padrão

O desvio padrão, afastamento típico ("stan - dard deviation), ou afastamento quadrático médio é uma das medidas que revela a dispersão do conjunto que se estuda.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad \text{ou} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} X_i)^2}{N}}$$

6.2.5 Variância

É o quadrado do desvio padrão, o².

6.2.6 Coeficiente de variação

Chama-se coeficiente de variação, ou índice de variabilidade, o número dado pela seguinte fórmula:

$$C.V. = \frac{100. \sigma}{\bar{X}}$$

Tal coeficiente, medido em números abstratos, nada mais é que o desvio padrão expresso como porcentagem da média aritmética.