

AS - 767 ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Prof. Henrique Soares Koehler

PROGRAMA

- Fundamentação
- Definições e conceitos básicos
- Representação de dados
- Medidas de posição
- Medidas de dispersão
- Intervalo de confiança da média
- Curva de distribuição Normal
- Curva de distribuição de t
- Testes de significância
- Teste de t de Student / Teste de Qui-Quadrado
- Medidas de associação

PROGRAMA

- Introdução á análise de variância
- Delineamentos Experimentais
- Introdução á análise de regressão
- Utilização de *software* estatístico

BIBLIOGRAFIA

- DRAPER N y H SMITH (1981) Applied Regression Analysis, Second Edition. John Wiley & Son. Inc. 709p.
- KOEHLER, H.S. Estatística experimental. Curitiba. 1994. 123p. (Apostila UFPR/DFF).
- PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. USP/ESALQ, Piracicaba. 1990. 468p.
- SILVA, J.A.A.; SILVA, I.P. Estatística experimental aplicada à ciência florestal. Recife. 1982. 269p. (Apostila UFRPE/DA).
- SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. Statistical methods. 7a. Ed., Ames, The Iowa State Univ. Press. 1980. 507p.
- SOARES, R.V. Biometria - delineamento de experimentos. Curitiba. 1982. 98p. (Apostila UFPR/FUPEF).
- SOKAL.R.R.; ROHLF,R.J. The principles and practice of statistics in biological research. W.H. Freeman Co., San Francisco. 1969. 776p.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics - a biometrical approach. MacGraw-Hill Book Co.,
- YAMANE T (1984) Estadística. Harla; Harper & Row Latinoameri-cana. México. 3a edición. 771p.

FUNDAMENTAÇÃO

- O que é a ESTATÍSTICA?
 - Ciência que permite a tomada de decisões de acordo com um método intelectualmente aceitável
- Para que serve a ESTATÍSTICA?
 - Permite a leitura e crítica de artigos científicos e profissionais
 - Permite conduzir análises de pesquisas próprias

FUNDAMENTAÇÃO

- Quando utilizar a **ESTATÍSTICA**?
 - Para fazer inferências com uma noção de erro
- Raciocínio dedutivo e indutivo
 - Dedutivo \Rightarrow Do geral para o particular
 - Indutivo \Rightarrow Do específico para o geral

FUNDAMENTAÇÃO

- Alfred North Whitehead
 - "... A teoria da indução é o desespero da filosofia, mesmo assim todas as nossas atividades baseiam-se nela..."
- Raciocínio indutivo
 - Mesmo insatisfatório, é a melhor resposta que se pode dar
- Necessidade da análise estatística
 - Respostas nunca são absolutas
 - Generalizações feitas com muito cuidado

DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS

- **População**

- É definida como o conjunto de todos os elementos de um grupo bem definido
- Pode possuir uma grande ou pequena abrangência dependendo da definição do grupo

- **Parâmetro**

- É uma característica da população

DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS

- **Amostra**
 - É definida como um sub-conjunto da população
- **Estatística**
 - É uma característica da amostra
- **Estatística Descritiva**
 - São as técnicas que permitem a tabulação, sumarização e representação de dados em forma abreviada

DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS

- **Estatística Indutiva**

- São as técnicas que permitem o emprego do raciocínio indutivo para se inferir sobre as propriedades de todo um grupo ou coleção de indivíduos a partir de amostras da população
- Em outras palavras, o objetivo da estatística indutiva é permitir que a partir de dados de uma amostra de uma população se possa inferir sobre as propriedades da população amostrada

DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS

- **Variável**
 - Qualquer característica de pessoas ou coisas que assume valores diferentes
- **Constante**
 - Qualquer característica de pessoas ou coisas que assume somente um valor

DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS

- **Tipos de Variável**

- **Discretas**

- Assumem somente determinados valores
- Exemplo: número de filhos, partido político, religião

- **Contínuas**

- Assumem qualquer valor dentro de uma escala
- Exemplo: distância entre duas cidades, altura, peso

- **Dicotômicas**

- Assume somente um entre dois valores
- Por exemplo: verdadeiro/falso, vivo/morto

DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS

- **Escalas de Medida**
 - Medida é a atribuição de valores numéricos de acordo com regras definidas
- **Tipos de Escalas de Medidas**
 - Nominal
 - Ordinal
 - Intervalo
 - Razão

DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS

- Tipos de Escalas de Medidas

- Nominal

- Indivíduos ou objetos são classificados em categorias de modo que todos os pertencentes a uma categoria são equivalentes com respeito a característica sendo medida. Categorias normalmente recebem nomes ou números. Por exemplo, nacionalidade: 5 - Brasileira ; 12 - Francesa
- Permitem somente contagens

DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS

- Tipos de Escalas de Medidas (cont.)

- Ordinal

- indivíduos ou objetos são determinados por seu tamanho relativo ou posição com relação a característica sendo medida. Os indivíduos ou objetos são ordenados de acordo com a quantidade da característica que possuem. Por exemplo o desempenho acadêmico. Diferenças iguais no ordenamento não implicam diferenças na característica sendo avaliada.
- Propriedades: igualdade/desigualdade; se diferentes maior ou menor

DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS

- Tipos de Escalas de Medidas (cont.)

- Ordinal

- Exemplo

ÚNICOS	
NOTA	ORDEM
4,0	1
3,9	2
3,8	3
3,6	4
3,2	5
3,0	6
2,7	7
SOMA	28

REPETIDOS	
NOTA	ORDEM
4,0	1
3,8	2,5
3,8	2,5
3,6	4
3,0	6
3,0	6
3,0	6
SOMA	28

DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS

- Tipos de Escalas de Medidas (cont.)

- Intervalo

- Indivíduos ou objetos podem ser ordenados e diferenças iguais entre valores implicam em distâncias iguais em termos da característica sendo avaliada
- Ordem e distância tem significado
- Não tem zero absoluto
- Propriedades: igualdade/desigualdade; se diferentes maior ou menor; intervalos iguais
- Exemplo : Temperatura, calendário, ano, QI

DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS

- Tipos de Escalas de Medidas (cont.)
 - Razão
 - Possui todas as propriedades do intervalo e zero absoluto
 - Valores de razão podem ser obtidos e refletem quantidade
 - Exemplo : altura (tem zero absoluto / 4 metros é duas vezes maior do que dois metros)

REPRESENTAÇÃO DE DADOS

- Representação Tabular de Distribuições

- Distribuição de Frequência

- Por exemplo as notas de um trabalho abaixo

NOTAS DO TRABALHO				
9	11	14	19	17
19	18	17	18	10
13	16	15	19	11
13	17	15	17	17
15	20	12	18	19

REPRESENTAÇÃO DE DADOS

- Representação Tabular de Distribuições
 - Distribuição de Frequência - Dados não agrupados

X	f	fa	fr	fra
20	1	25	0,04	1,00
19	4	24	0,16	0,96
18	3	20	0,12	0,80
17	5	17	0,20	0,68
16	1	12	0,04	0,48
15	3	11	0,12	0,44
14	1	8	0,04	0,32
13	2	7	0,08	0,28
12	1	5	0,04	0,20
11	2	4	0,08	0,16
10	1	2	0,04	0,08
9	1	1	0,04	0,04
	25			

REPRESENTAÇÃO DE DADOS

- **Representação Tabular de Distribuições**

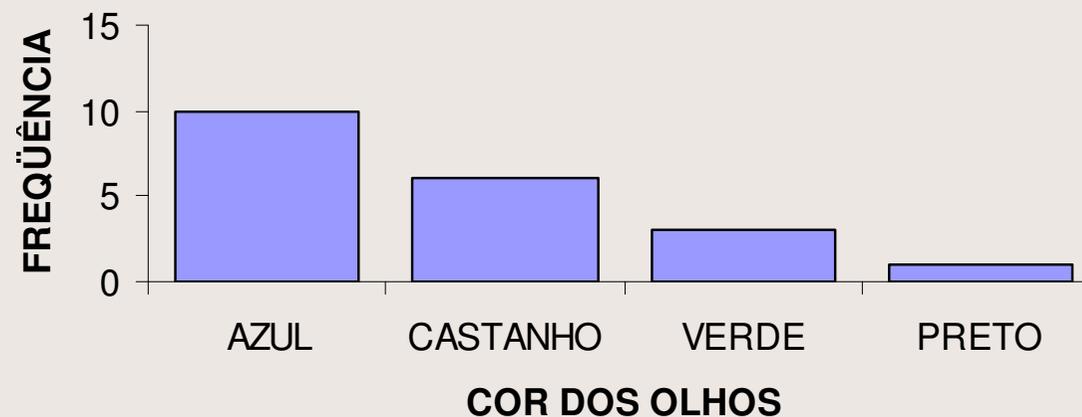
- **Distribuição de Frequência - Dados agrupados**

- Distribuição de frequência (f)
- Distribuição de frequência acumulada (f_a)
- Distribuição de frequência relativa ($f_r = f/n$)
- Distribuição de frequência relativa acumulada (f_{ra})

X	f	f _a	f _r	f _{ra}
19 - 20	5	25	0,20	1,00
17 - 18	8	20	0,32	0,80
15 - 16	4	12	0,16	0,48
13 - 14	3	8	0,12	0,32
11 - 12	3	5	0,12	0,20
9 - 10	2	2	0,08	0,08
	25			

REPRESENTAÇÃO DE DADOS

- **Representação Gráfica de Distribuições**
 - **Gráfico de Barras**
 - Utilizado para representação de dados em escala nominal

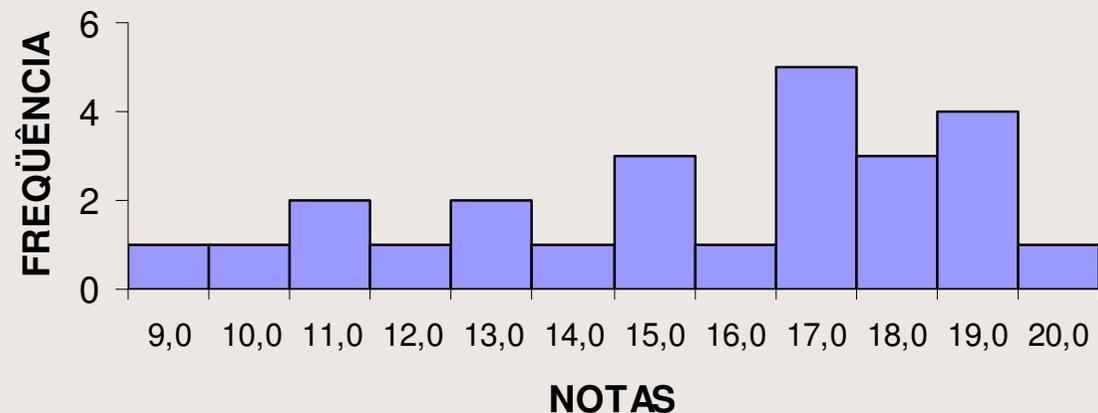


REPRESENTAÇÃO DE DADOS

- **Representação Gráfica de Distribuições**

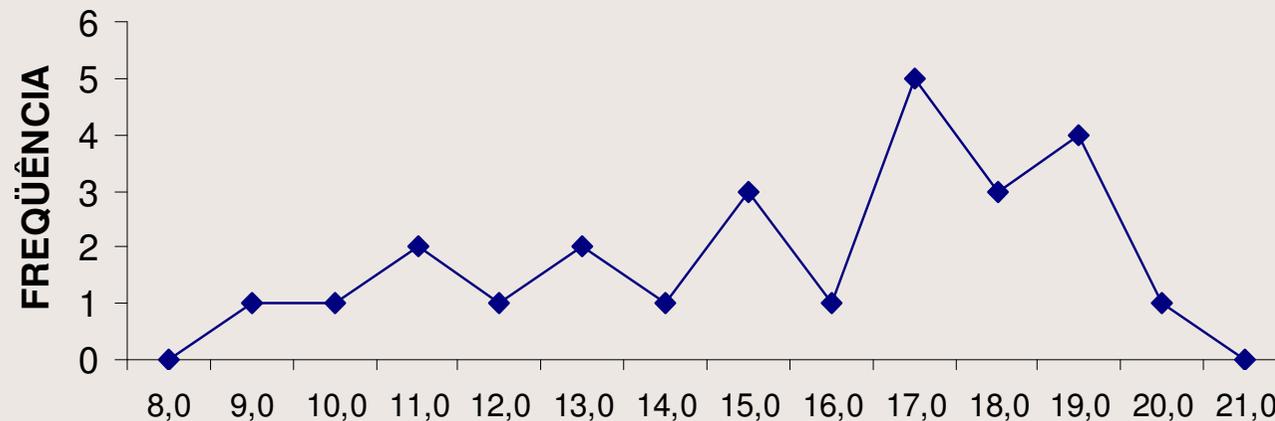
- **Histograma**

- Utilizado para representação de dados em escalas não nominais



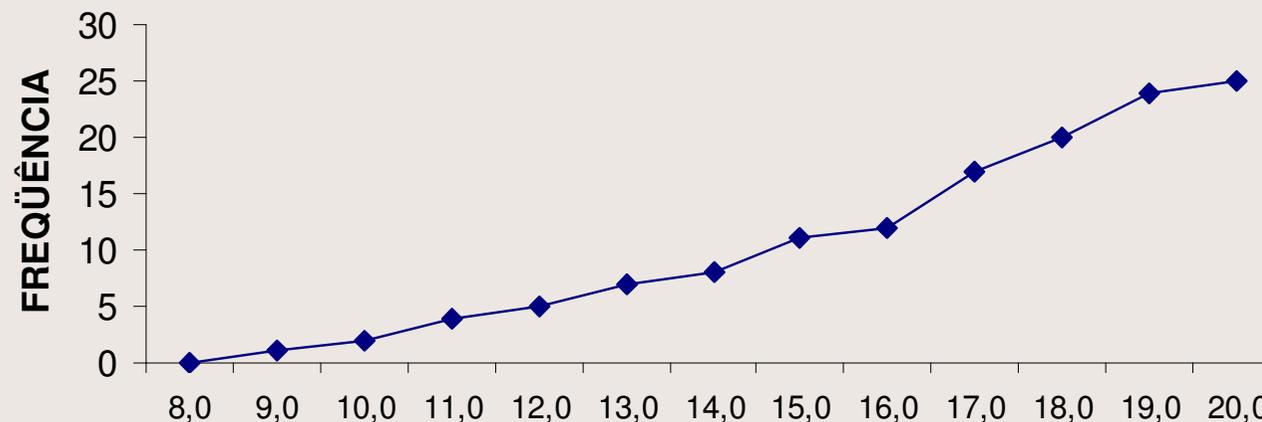
REPRESENTAÇÃO DE DADOS

- **Representação Gráfica de Distribuições**
 - **Polígono de Freqüências**
 - Também utilizado para representação de dados em escalas não nominais



REPRESENTAÇÃO DE DADOS

- **Representação Gráfica de Distribuições**
 - **Polígono de Freqüências Acumuladas (Ogivas)**
 - Também utilizado para representação de dados em escalas não nominais



MEDIDAS DE POSIÇÃO

- **Moda**
 - Valor da classe mais freqüente
 - Simples de obter
 - Poder ter mais do que um valor
 - Não é função de todos os valores da amostra
 - Difícil de trabalhar matematicamente
 - Pode ser usada com qualquer tipo de escala

MEDIDAS DE POSIÇÃO

- **Moda**

X	f	fa	fr	fra
20	1	25	0,04	1,00
19	4	24	0,16	0,96
18	3	20	0,12	0,80
17	5	17	0,20	0,68
16	1	12	0,04	0,48
15	3	11	0,12	0,44
14	1	8	0,04	0,32
13	2	7	0,08	0,28
12	1	5	0,04	0,20
11	2	4	0,08	0,16
10	1	2	0,04	0,08
9	1	1	0,04	0,04
	25			

MEDIDAS DE POSIÇÃO

- **Mediana**

- Valor que divide a distribuição de valores em duas partes iguais quando os dados estão ordenados. Se o número de valores for par, a mediana é a média dos dois valores centrais
 - Não sofre influências dos extremos
 - Não é função de todos os valores
 - Difícil de trabalhar matematicamente
 - Possui somente um valor
 - Pode ser usada com qualquer tipo de escala menos a nominal

MEDIDAS DE POSIÇÃO

- Mediana

X	f	fa	fr	fra
20	1	25	0,04	1,00
19	4	24	0,16	0,96
18	3	20	0,12	0,80
17	5	17	0,20	0,68
16	1	12	0,04	0,48
15	3	11	0,12	0,44
14	1	8	0,04	0,32
13	2	7	0,08	0,28
12	1	5	0,04	0,20
11	2	4	0,08	0,16
10	1	2	0,04	0,08
9	1	1	0,04	0,04
	25			

$$\text{Mediana} = (14+15)/2 = 14,5$$

MEDIDAS DE POSIÇÃO

- **Média aritmética**

- É função de todos os valores
- É influenciada pelos extremos
- É um valor único
- É fácil de se trabalhar matematicamente
- É usada somente para as escalas intervalo e razão

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

ou

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

MEDIDAS DE DISPERSÃO

- Desvio padrão da amostra

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

- Variância (quadrado do desvio padrão)

$$s^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1} \quad \text{ou} \quad \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}$$

- Coeficiente de variação

$$CV\% = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100$$

INTERVALO DE CONFIANÇA DA MÉDIA

- Erro padrão (desvio padrão da média)

$$s_{\bar{x}} = \frac{s_x}{\sqrt{n}}$$

- Erro de amostragem (absoluto e relativo)

$$Ea = t \cdot s_{\bar{x}}$$

$$Er = \frac{Ea}{\bar{x}} \cdot 100$$

- Intervalo de confiança para a média

$$IC = \bar{x} \pm (t_{0,05} \cdot s_{\bar{x}})$$

CURVA DE DISTRIBUIÇÃO NORMAL

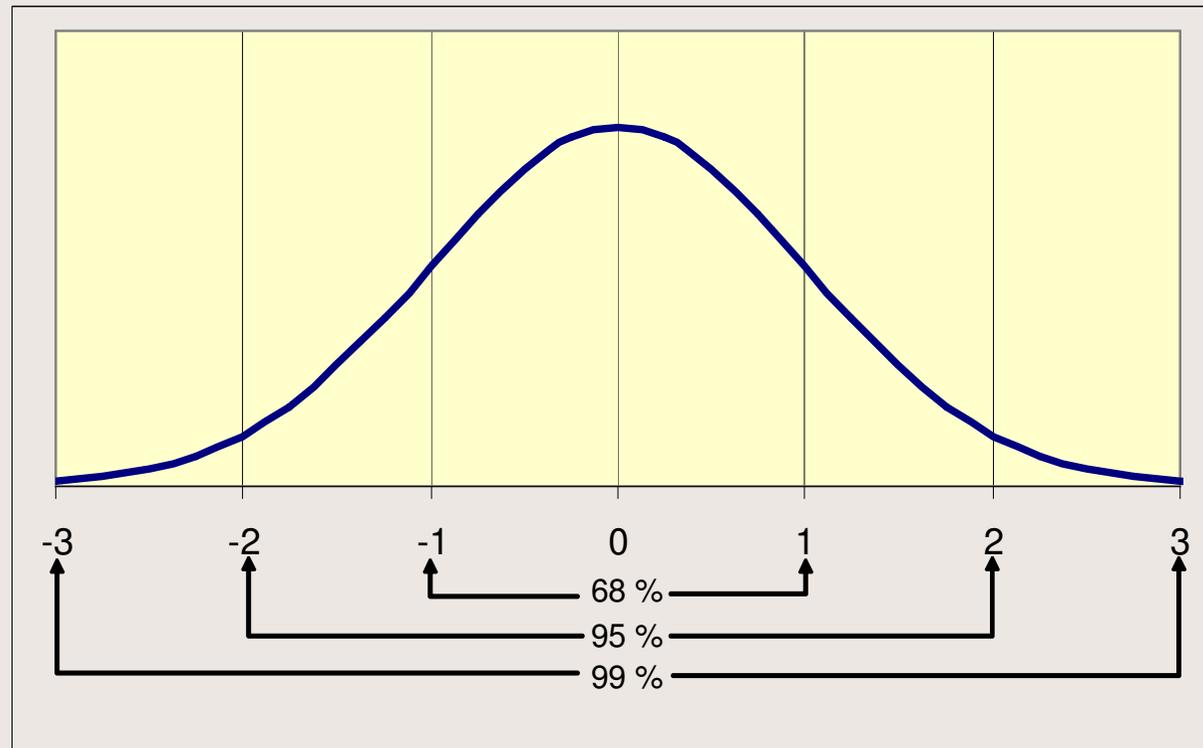
- Características

- Curva Padrão

- Simétrica
 - Uni-modal
 - Possui forma de Sino
 - Média, mediana e moda são iguais

CURVA DE DISTRIBUIÇÃO NORMAL

- Áreas sob a curva com $\pm 1\sigma$, $\pm 2\sigma$ e $\pm 3\sigma$



CURVA DE DISTRIBUIÇÃO NORMAL

- **Características**

- Não existe uma única, mas uma família de curvas
- **Curva Normal Padrão**
 - Curva padrão possui média igual a zero e variância igual a um
 - Valor Padrão

$$z_i = \frac{(X_i - \mu)}{\sigma}$$

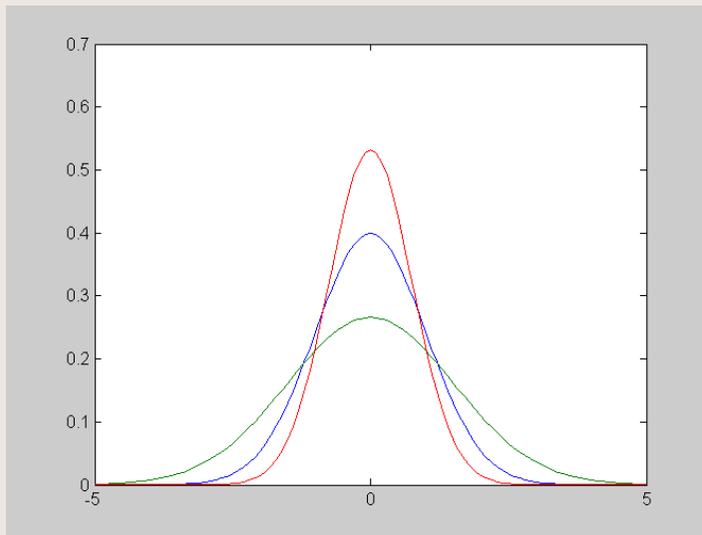
CURVA DE DISTRIBUIÇÃO NORMAL

- **Características**

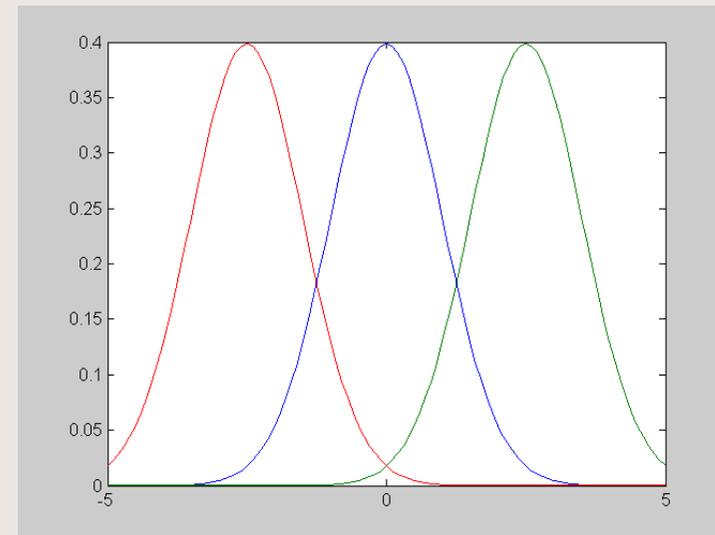
- É possível determinar a área sobre a curva
- Qualquer curva pode ser transformada em uma curva normal padrão
- Possui estreita relação com a variância
- É assintótica, nunca tocando o eixo x

CURVA DE DISTRIBUIÇÃO NORMAL

Média = + Desvio \neq



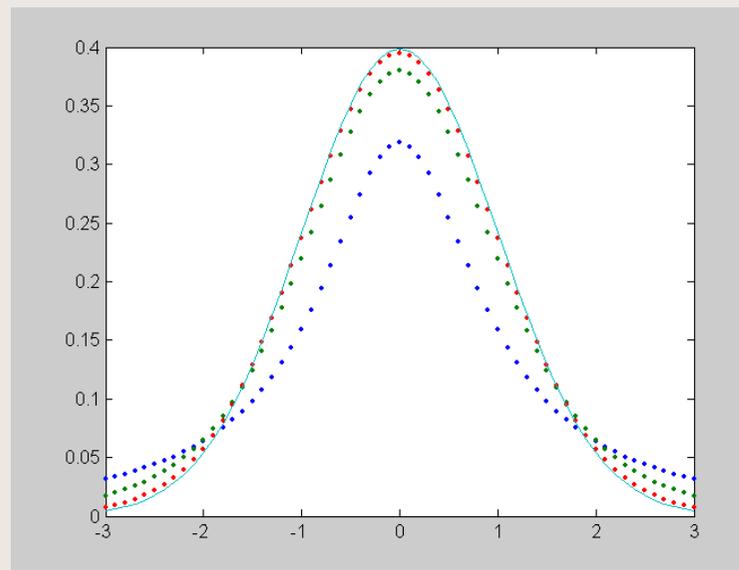
Média \neq + Desvio =



CURVA DE DISTRIBUIÇÃO t

- **Características**

- É a curva normal quando se trabalha com amostras. Aumentando n " t " aproxima-se da curva normal (teorema do limite central)



TESTES DE SIGNIFICÂNCIA

- **Objetivo primário**
 - Obter informações da população com amostras
 - Parâmetros da população
 - Média μ
 - Variância σ^2
 - Desvio padrão σ
 - Estimativas da amostra
 - Média \bar{x}
 - Variância s^2
 - Desvio padrão s

TESTES DE SIGNIFICÂNCIA

- Hipóteses Estatísticas

- H_0 = Hipótese da Nulidade

- H_1 = Hipótese Alternativa

O Método Científico pressupõe
que a Hipótese da Nulidade é
sempre VERDADEIRA!

TESTES DE SIGNIFICÂNCIA

		Resultado	
		Aceita H_0	Rejeita H_0
Hipótese	Aceita H_0	OK	Erro tipo I (α)
	Rejeita H_0	Erro tipo II (β)	OK

- Expressões não recomendadas
 - é igual; são iguais
- Expressões recomendadas
 - não é diferente; não são diferentes
- Erro Tipo I (α) \Rightarrow Controlado pelo pesquisador
- Erro Tipo II (β) \Rightarrow Difícil de controlar

O TESTE t DE STUDENT

- **Comparação de 2 médias**
 - O teste t determina se duas amostras podem ser provenientes de duas populações que possuem a mesma média
- **Existem 2 casos possíveis**
 1. Dados Independentes
 2. Dados Pareados

O TESTE t DE STUDENT

- Dados Independentes

$$t = \frac{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}{S_{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}}$$

O TESTE t DE STUDENT

- Dados Independentes - Exemplo

Colesterol	
Homens	Mulheres
205	245
160	170
170	180
180	190
190	200
200	210
210	220
165	230
	240
	250
	260
	185
Média	185,0
Variância	364,29
	215,0
	913,63

O TESTE t DE STUDENT

- Dados Independentes - Exemplo

$$t = \frac{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}{S_{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}}$$

$$t = \frac{185 - 215}{12,07} = 2,48$$

- Conclusão : os níveis médios de colesterol para homens e mulheres não são iguais ao nível de 5% de significância

O TESTE t DE STUDENT

- Dados Pareados

$$t = \frac{\bar{Y}_d}{s_{\bar{Y}_d} / \sqrt{n}}$$

O TESTE t DE STUDENT

- Dados Pareados - Exemplo

NADADOR	
Pré-teste	Pós-teste
58	54
62	57
60	54
61	56
63	61
65	59
66	64
69	62
64	60
72	63
Média	64
	59

O TESTE t DE STUDENT

- Dados Pareados - Exemplo

$$t = \frac{\bar{Y}_d}{s_{\bar{Y}_d} / \sqrt{n}}$$

$$t = \frac{-5,0}{0,68} = -7,32$$

- Conclusão : o desempenho dos nadadores mudou após o programa de treinamento ao nível 5% de significância

INTERPRETAÇÃO DO TESTE t

- O teste retorna uma probabilidade (p)
- Existem 3 casos possíveis
 1. Se $p \geq 0,05 \Rightarrow ns$ (não-significativo)
 - As diferenças entre as médias testadas não são significativas ao nível de significância $\alpha = 5\%$ (0,05)
 2. Se $0,05 > p \geq 0,01 \Rightarrow *$ (significativo)
 - As diferenças entre as médias testadas são significativas ao nível de significância $\alpha = 5\%$ (0,05)
 3. Se $p < 0,01 \Rightarrow **$ (altamente significativo)
 - As diferenças entre as médias testadas são altamente significativas ao nível de significância $\alpha = 1\%$ (0,01)
- Grau de confiança X nível de significância

TESTE DE QUI-QUADRADO

- **Objetivo**
 - Analisar dados oriundos de variáveis categóricas
 - Aplica-se em duas situações:
 - Proporções definidas a priori - Teste de ajuste
 - Associação entre variáveis - Teste de Associação

TESTE DE QUI-QUADRADO

- Teste de Ajuste

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_{obs} - f_{esp})^2}{f_{esp}}$$

onde:

f_{obs} = frequência observada

f_{esp} = frequência esperada

TESTE DE QUI-QUADRADO

- **Teste de Ajuste - Exemplo**

Baseado em uma pesquisa nacional, a proporção esperada de matrículas nos vestibulares por área de conhecimento é 20% em educação, 40% em exatas, 10% em humanas e 30% em sociais aplicadas. Em uma amostra de 100 alunos tomada em uma determinada universidade do norte do país as proporções observadas foram 25% em educação, 50% em exatas, 10% em humanas e 15% em sociais aplicadas. O pesquisador deseja saber se as proporções observadas se ajustam as proporções nacionais.

TESTE DE QUI-QUADRADO

- **Teste de Ajuste - Exemplo**

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_{obs} - f_{esp})^2}{f_{esp}}$$

$$\chi^2 = \frac{(25 - 20)^2}{20} + \frac{(50 - 40)^2}{40} + \frac{(10 - 10)^2}{10} + \frac{(15 - 30)^2}{30} = 11,25$$

As proporções observadas não são iguais as proporções esperadas nacionalmente, ao nível de 5% de probabilidade.

TESTE DE QUI-QUADRADO

- Teste de Associação

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_{obs} - f_{esp})^2}{f_{esp}}$$

onde:

f_{obs} = frequência observada

f_{esp} = frequência esperada

TESTE DE QUI-QUADRADO

- **Teste de Associação - Exemplo**

Um pesquisador deseja saber se existe associação entre o nível de escolaridade e a opinião sobre a legalização do jogo no Brasil. Os níveis de escolaridade são:

- 1 - 1º grau completo
- 2 - 2º grau completo
- 3 - Superior completo
- 4 - Pós-graduado

TESTE DE QUI-QUADRADO

- Teste de Associação - Exemplo

POSIÇÃO	NÍVEL DE ESCOLARIDADE				Total
	1º GRAU	2º GRAU	SUPERIOR	PÓS	
A Favor	16 / 11	13 / 11	10 / 11	5 / 11	44
Contra	4 / 9	7 / 9	10 / 9	15 / 9	36
Total	20	20	20	20	80

$$f_{\text{esp}} = \frac{(20 \times 44)}{80} = 11$$

TESTE DE CHI-QUADRADO

- Teste de Associação - Exemplo

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_{obs} - f_{esp})^2}{f_{esp}}$$

$$\chi^2 = \frac{(16-11)^2}{11} + \frac{(13-11)^2}{11} + \frac{(10-11)^2}{11} + \frac{(5-11)^2}{11} + \frac{(4-9)^2}{9} + \frac{(7-9)^2}{9} + \frac{(10-9)^2}{9} + \frac{(15-9)^2}{9} = 13,33$$

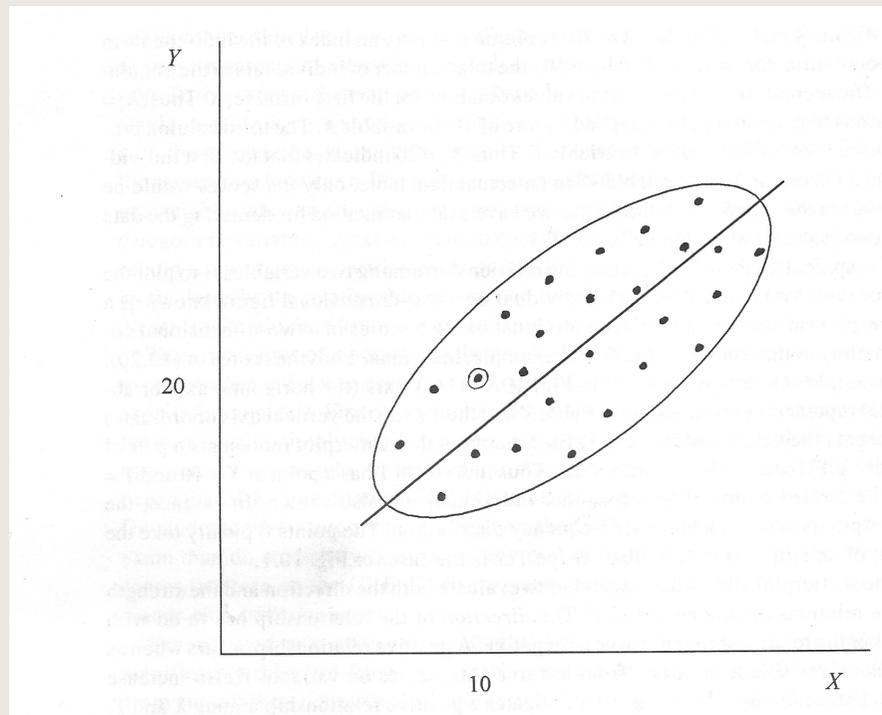
Existe associação entre o nível de escolaridade e a posição diante a liberação do jogo no Brasil, ao nível de 5% de probabilidade.

MEDIDAS DE ASSOCIAÇÃO

- Diagrama de Dispersão
 - Representação gráfica da relação de duas variáveis
 - Permite avaliar
 - direção da relação
 - intensidade da relação

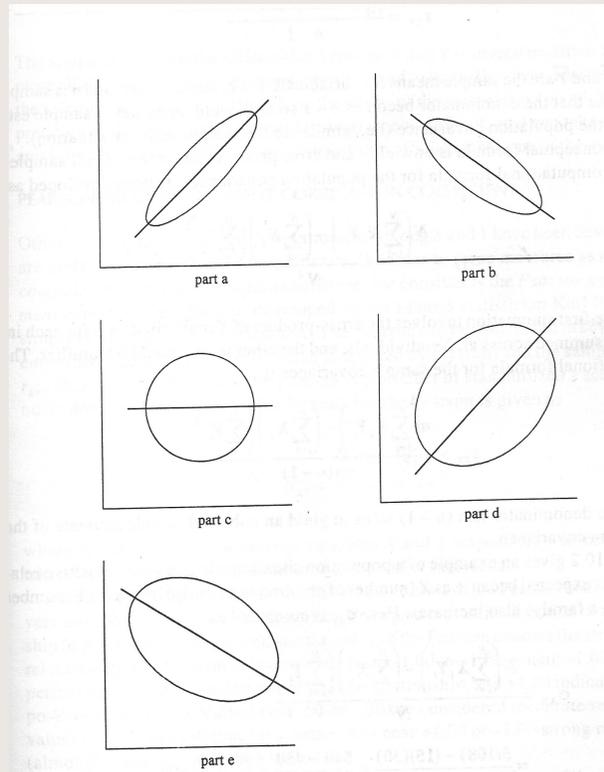
MEDIDAS DE ASSOCIAÇÃO

- Diagrama de Dispersão (cont)



MEDIDAS DE ASSOCIAÇÃO

- Diagrama de Dispersão (cont)



MEDIDAS DE ASSOCIAÇÃO

- **Covariância**

- É a variância "compartilhada" entre duas variáveis
- Interpretação difícil pois depende da escala

$$S_{xy} = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(n-1)}$$

MEDIDAS DE ASSOCIAÇÃO

- Covariância - Exemplo

X	Y
1	2
2	6
3	4
4	8
5	10

$$s_{xy} = \frac{5(108) - (15)(30)}{5(5 - 1)} = 4,5$$

MEDIDAS DE ASSOCIAÇÃO

- Coeficiente de Correlação de Pearson
 - Indica o grau de associação entre duas variáveis
 - Ambas as variáveis estão na escala de intervalo ou razão
 - Varia de -1 a +1

$$r_{xy} = \frac{(n\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n(\sum X^2) - (\sum X)^2][n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]}}$$

MEDIDAS DE ASSOCIAÇÃO

- Coeficiente de Pearson - Exemplo

X	Y
1	2
2	6
3	4
4	8
5	10

$$r_{xy} = \frac{5(108) - (15)(30)}{\sqrt{[5(55) - (15)^2][5(220) - (30)^2]}} = 0,90$$

MEDIDAS DE ASSOCIAÇÃO

- **Coeficiente de Correlação de Spearman**
 - Indica o grau de associação entre duas variáveis
 - Ambas as variáveis estão na escala ordinal
 - Varia de -1 a +1

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum (X - Y)^2}{n(n^2 - 1)}$$

MEDIDAS DE ASSOCIAÇÃO

- Coeficiente de Spearman - Exemplo

X	Y
1	1
2	3
3	2
4	4
5	5

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum (X - Y)^2}{n(n^2 - 1)} \quad r_s = 1 - \frac{6(2)}{5(24)} = 0,90$$

ANÁLISE DE MAIS DE 2 MÉDIAS

- **ANOVA - Análise de variância**
 - Determina se pelo menos uma das médias avaliadas apresenta diferenças com respeito a uma ou mais das restantes médias
 - Em caso afirmativo, deve-se proceder ao \Rightarrow
- **Teste de comparação de médias**
 - *Multiple Range Test*, ou teste das "letrinhas"
 - Efectua todas as comparações possíveis entre as médias agrupadas 2 a 2
 - Existem vários testes
 - Teste de Duncan, Teste de Tukey, Teste de Sheffé
 - O valor de α deve ser pré-estabelecido

CONDICIONANTES DA ANOVA

- **A ANOVA baseia-se em 4 condicionantes**
 1. Erros aleatórios, independentes, e normalmente distribuídos
 2. Variâncias das amostras homogêneas
 3. Médias e variâncias das amostras não correlacionadas
 4. Efeitos principais devem ser aditivos
- **Usualmente é verificada apenas o item 2**
 - Teste de Bartlett

O TESTE DE BARTLETT

- Testar a homogeneidade de variâncias
 - Hipótese de que as variâncias são homogêneas
 - Se o teste comprova esta hipótese
 - Proceder com a ANOVA normalmente
 - Caso contrário
 - Transformar os dados e testar novamente
 - Fórmula do teste de Bartlett
 - Resultado dividido pelo fator de correção C

$$x^2 = 2,3026 \cdot \left[(\log \bar{S}^2 \cdot \sum GL_i) - \sum (GL \cdot \log S_i^2) \right]$$
$$C = 1 + \frac{1}{3(n-1)} \cdot \left(\sum \frac{1}{GL} - \frac{1}{\sum GL} \right)$$

TRANSFORMAÇÃO DOS DADOS

- Transformações normalmente utilizadas

- Logarítmica

- Desvios padrão proporcionais às médias dos tratamentos e suspeita de efeitos não aditivos dos tratamentos

- Raiz quadrada

- Contagens de efeitos raros \Rightarrow Distribuição de Poisson

- Angular \Rightarrow arco-seno

- Contagens expressas como percentagens do total

- Exemplo do teste de Bartlett

- Construção da tabela ... (próximo slide)

EXEMPLO DO TESTE DE BARTLETT

Tratamento	GL	S^2_i	$\text{Log}(S^2_i)$	$[GL \times \text{Log}(S^2_i)]$
1	3	40,6667	1,6092	4,8277
2	3	52,6667	1,7215	5,1646
3	3	48,0000	1,6812	5,0437
4	3	74,0000	1,8692	5,6077
Total	12	215,3334		20,6437

$$x^2 = 2,3026 \cdot [(1,7311 \times 12) - 20,6437] = 0,2982$$

$$C = 1 + \frac{1}{3(4-1)} \cdot \left(1,33 - \frac{1}{12} \right) = 1,14$$

$$x_{corr}^2 = \frac{0,2982}{1,14} = 0,2616$$

$$x_{(3gl;5\%)}^2 = 7,815 > x_{corr}^2 = 0,2616$$

DELINEAMENTOS EXPERIMENTAIS

- Arranjo das parcelas experimentais em campo
- Tipos de delineamentos experimentais
 - DIC: Delineamento inteiramente casualizado
 - DBA: Delineamento em blocos ao acaso
 - Blocos completos e blocos incompletos
 - DQL: Delineamento em quadrado latino
 - Fatoriais

DELINEAMENTOS EXPERIMENTAIS

- Princípios básicos de experimentação
 - 1 - Repetição: Consiste em repetir cada tratamento visando estimar o efeito dos tratamentos e o erro experimental.
 - 2 - Casualização (sorteio): consiste em se atribuir os tratamentos às unidades experimentais de maneira aleatória e visa a obtenção de estimativas não tendenciosas dos efeitos dos tratamentos e do erro experimental.

DELINEAMENTOS EXPERIMENTAIS

- Princípios básicos de experimentação
 - 3 - Controle da unidades experimentais: visa reduzir o **erro experimental**. Determina o tipo de delineamento a ser utilizado.

DELINEAMENTOS EXPERIMENTAIS

- Conceitos básicos de experimentação
 - Experimento ou Ensaio: arranjo sistemático de unidades experimentais visando testar uma hipótese.
 - **Erro experimental**: é o erro que ocorre entre unidades experimentais tratadas da mesma forma.
 - **Unidades experimentais**: são as unidades de material experimental que receberão os tratamentos e de onde são coletados os dados.

INTEIRAMENTE CASUALIZADO (1/5)

- **Introdução**
 - Experimentos de simples classificação
 - Somente 1 fator varia; os demais constantes
 - Arranjo
 - Atribuição dos tratamentos e suas repetições às unidades experimentais de forma inteiramente aleatória \Rightarrow disto surgindo seu nome
- **Usos do DIC**
 - Unidades experimentais homogêneas
 - Mínima variabilidade entre unidades experimentais
 - Laboratórios, viveiros, estufas, etc.
 - Locais com efeitos ambientais bem controlados

INTEIRAMENTE CASUALIZADO (2/5)

- **Vantagens**

- Simples; flexível no arranjo físico
- Qualquer número de tratamentos
- Maximiza os GL do erro; minimiza o valor de F
- Permite $N^{\circ} \neq$ de repetições (não recomendado)

- **Desvantagens**

- Possui reduzida utilização ao nível de campo
 - Exige unidades experimentais homogêneas; caso contrário aumenta o erro experimental dificultando a detecção de diferenças significativas entre as médias de tratamentos

INTEIRAMENTE CASUALIZADO (3/5)

- **Análise de Variância (ANOVA)**
- **Exemplo**
 - Ganho de peso em ovelhas com 4 dietas
 - 4 ovelhas diferentes para cada dieta
 - Peso individual (kg) avaliado aos 100 dias
- **Fontes de Variação e Graus de Liberdade**
 - **Duas fontes de variação**
 - $GL \text{ totais} = n^\circ \text{ total de observações} - 1 \Rightarrow 15 \text{ GL}$
 - $\text{Tratamentos (GL} = n^\circ \text{ tratamentos} - 1 \Rightarrow 3 \text{ GL)}$
 - $\text{Erro experimental (GL} = \text{GL total} - \text{GL tratamentos)}$

INTEIRAMENTE CASUALIZADO (4/5)

Tratamento	Repetição				Total	Média
	I	II	III	IV		
1	47	52	62	51	212	53
2	50	54	67	57	228	57
3	57	53	69	57	236	59
4	54	65	74	59	252	63
Σ					928	58

INTEIRAMENTE CASUALIZADO (5/5)

FV	GL	SQ	QM	F obs	F requerido	
					5%	1%
Tratamentos	3	208	69,3	1,29 ^{ns}	3,49	5,95
Erro	12	646	53,8			
Total	15	854				

- Valores tabelados de F para 3 e 12 GL
 - 5% \Rightarrow 3,49 \Rightarrow Excel: $\text{INVF}(0,05; 3; 12) = 3,49029960$
 - 1% \Rightarrow 5,95 \Rightarrow Excel: $\text{INVF}(0,01; 3; 12) = 5,95252913$
 - Como F observado é menor que F tabelado
 - A hipótese de nulidade H_0 é aceita
 - Conclusão: não existem diferenças reais entre tratamentos

BLOCOS AO ACASO (1/6)

- **Introdução**
 - Mais utilizado em pesquisa agrícola
 - Blocos \equiv repetições, evitando confusões com o delineamento inteiramente casualizado (DIC)
- **Usos do DBA**
 - Controlar uma fonte de variação previamente conhecida nas unidades experimentais
 - Unidades experimentais classificadas por:
 - Idade, peso, vigor, habilidade de produção, etc
 - Variabilidade existente na fertilidade do solo

BLOCOS AO ACASO (2/6)

- **Vantagens**

- Elimina uma fonte de variabilidade
- Reduz o erro experimental, com flexibilidade e simplicidade \cong inteiramente casualizado
- Adapta-se às mais variadas situações

- **Desvantagens**

- Quando os blocos não são homogêneos
 - Aumento do erro experimental
- Quando as diferenças entre blocos não são grandes
 - Redução no n° de GL do erro sem aumentar a precisão

BLOCOS AO ACASO (3/6)

- **Casualização independente para cada bloco**
 - Cada bloco contém todos os tratamentos-DBCA
 - Blocos locados em forma \perp ao gradiente (90°)
- **Exemplo**
 - Ganho de peso (kg) aos 100 dias em ovelhas com 4 dietas, 4 ovelhas para cada dieta
- **Fontes de Variação e Graus de Liberdade**
 - **Três fontes de variação**
 - GL totais = n° total de observações - 1 \Rightarrow 15 GL
 - Blocos (GL = n° blocos - 1 \Rightarrow 3 GL)
 - Tratamentos (GL = n° tratamentos - 1 \Rightarrow 3 GL)
 - Erro (GL = GL total - GL blocos - GL trat. \Rightarrow 9 GL)
 - GL erro = GL blocos \times GL tratamentos \Rightarrow 3 \times 3 = 9 GL

BLOCOS AO ACASO (4/6)

Tratamento	Bloco \cong Repetição			
	I	II	III	IV
1	D	A	C	C
2	A	D	D	B
3	B	C	B	D
4	C	B	A	A

Baixa fertilidade \longrightarrow Alta fertilidade

BLOCOS AO ACASO (5/6)

Tratamento	Bloco				Total	Média
	I	II	III	IV		
1	47	52	62	51	212	53
2	50	54	67	57	228	57
3	57	53	69	57	236	59
4	54	65	74	59	252	63
Σ	208	224	272	224	928	58

BLOCOS AO ACASO (6/6)

FV	GL	SQ	QM	F obs	F requerido	
					5%	1%
Blocos	3	576	192,0	24,69**	3,86	6,99
Tratamentos	3	208	69,3	8,91**	3,86	6,99
Erro	9	70	7,8			
Total	15	854				

- **Valores tabelados de F para 3 e 9 GL**
 - 5% \Rightarrow 3,86 \Rightarrow Excel: $\text{INVF}(0,05; 3; 9) = 3,86253873$
 - 1% \Rightarrow 6,99 \Rightarrow Excel: $\text{INVF}(0,01; 3; 9) = 6,99196789$
 - Como F observado é maior que F tabelado para 1%
 - A hipótese de nulidade H_0 é rejeitada
 - Conclusão: existem diferenças reais entre os tratamentos
 - Apareceram diferenças entre tratamentos, mascarados no DIC
 - Recomendação de realizar o teste de comparação de médias

QUADRADO LATINO (1/9)

- **Introdução**
 - Casualização ainda mais restrita
 - Tratamentos agrupados em linhas e colunas
 - Remove-se do erro experimental os efeitos de variabilidade de linhas e colunas
- **Usos do DQL**
 - Controlar duas fontes de variação de fácil identificação nas unidades experimentais
 - Dois gradientes perpendiculares entre si
 - Altitude e proximidade de uma área mal drenada
 - Proximidade de áreas com pecuária ou antropizadas

QUADRADO LATINO (2/9)

- **Vantagens**

- Controle de duas fontes de variação
- Redução do erro experimental
- Aumento da possibilidade de verificação de diferenças entre tratamentos

- **Desvantagens**

- Restrição imposta na casualização dos tratamentos
- Restrição quanto ao número de tratamentos
 - N° de tratamentos = N° e repetições, sendo inviável para um N° grande de tratamentos

QUADRADO LATINO (3/9)

- **Casualização com os seguintes requisitos**
 - N° de tratamentos = N° de repetições
 - Cada tratamento deve aparecer uma vez em cada linha e uma vez em cada coluna (DQL)
- **Arranjos**
 - Sistemático, sorteio de linhas, colunas e tratamentos
- **Fontes de Variação e Graus de Liberdade**
 - **Quatro fontes de variação**
 - $GL \text{ totais} = n^\circ \text{ total de observações} - 1 \Rightarrow 15 \text{ GL}$
 - $\text{Linhas (GL} = n^\circ \text{ linhas} - 1 \Rightarrow 3 \text{ GL)}$
 - $\text{Colunas (GL} = n^\circ \text{ colunas} - 1 \Rightarrow 3 \text{ GL)}$
 - $\text{Tratamentos (GL} = n^\circ \text{ tratamentos} - 1 \Rightarrow 3 \text{ GL)}$
 - $\text{Erro (GL} = GL \text{ total} - GL \text{ lin} - GL \text{ col} - GL \text{ trat} \Rightarrow 6 \text{ GL)}$

QUADRADO LATINO (4/9)

- Arranjo sistemático dos tratamentos

Linha	Coluna				
	1	2	3	4	5
1	A	B	C	D	E
2	B	A	E	C	D
3	C	D	A	E	B
4	D	E	B	A	C
5	E	C	D	B	A

QUADRADO LATINO (5/9)

- Sorteio das linhas (Ordem: 3, 4, 2, 5 e 1)

Linha	Coluna				
	1	2	3	4	5
1	C	D	A	E	B
2	D	E	B	A	C
3	B	A	E	C	D
4	E	C	D	B	A
5	A	B	C	D	E

QUADRADO LATINO (6/9)

- Sorteio das colunas (Ordem: 4, 1, 5, 3 e 2)

Linha	Coluna				
	1	2	3	4	5
1	E	C	B	A	D
2	A	D	C	B	E
3	C	B	D	E	A
4	B	E	A	D	C
5	D	A	E	C	B

QUADRADO LATINO (7/9)

- Sorteio dos tratamentos (Ordem: 3, 1, 5, 4 e 2)

UNIDADE	Tratamento
A	3
B	1
C	5
D	4
E	2

QUADRADO LATINO (8/9)

- Exemplo hipotético de 4 tratamentos em DQL

Linha	Coluna				Total
	1	2	3	4	
1	32,8 (B)	24,2 (D)	28,5 (C)	26,9 (A)	112,4
2	29,5 (C)	23,7 (A)	28,0 (D)	25,8 (B)	107,0
3	33,4 (A)	14,2 (C)	33,3 (B)	23,6 (D)	104,5
4	31,3 (D)	25,8 (B)	33,1 (A)	13,2 (C)	103,4
Total	127,0	87,9	122,9	89,5	427,3

QUADRADO LATINO (9/9)

FV	GL	SQ	QM	F obs	F requerido	
					5%	1%
Linhas	3	12,1	4,0	< 1 ns	4,76	9,78
Colunas	3	330,9	110,3	12,7**	4,76	9,78
Tratamentos	3	170,7	56,9	6,59*	4,76	9,78
Erro	6	51,8	8,6			
Total	15					

- **Conclusões**

- Tratamentos ⇒ Existem diferenças ao nível de 5%
- Linhas ⇒ Não há diferenças entre as linhas
- Colunas ⇒ Há diferenças entre as colunas

FATORIAIS (1/13)

- **Introdução**

- Estudo simultâneo de dois ou mais fatores
- Não é um tipo diferente de delineamento
 - Modo como o conjunto de tratamentos é arranjado:
"todas as combinações possíveis de dois ou mais fatores"

- **Usos dos experimentos fatoriais**

- **Em qualquer delineamento experimental**
 - Para avaliar o efeito conjunto de dois ou mais fatores
 - Para avaliar a Interação de Efeitos
 - Presença de um fator altera o comportamento de outro
 - Impossível de ser avaliada separadamente

FATORIAIS (2/13)

- Ex.: 3 níveis de fungicida e 3 níveis de inseticida

Nível de fungicida	Nível de inseticida		
	$I_0 = \text{nada}$	I_1	I_2
$F_0 = \text{nada}$	$F_0 I_0$	$F_0 I_1$	$F_0 I_2$
F_1	$F_1 I_0$	$F_1 I_1$	$F_1 I_2$
F_2	$F_2 I_0$	$F_2 I_1$	$F_2 I_2$

FATORIAIS (3/13)

- **Vantagens**

- Avaliação de mais de um fator no mesmo ensaio
- Avaliação da interação dos efeitos
 - Na ausência de interação o número de repetições dos efeitos principais é aumentado
- Utilização mais eficiente dos recursos

- **Desvantagens**

- Aumento do número de tratamentos
 - Simples aumento de fatores ou níveis de um fator
- Combinações podem ser inviáveis na prática
- Análise dos resultados mais complicada

FATORIAIS (4/13)

Nível de nitrogênio (kg/ha)	Blocos = Repetições				Tratamentos	
	I	II	III	IV	Total	Média
Variedade 6956						
0	3,852	2,606	3,144	2,894	12,496	3,124
40	4,788	4,936	4,562	4,608	18,894	4,724
70	4,576	4,454	4,884	3,924	17,838	4,460
100	6,034	5,276	5,906	5,652	22,868	5,717
130	5,874	5,916	5,984	5,518	23,292	5,823
Variedade PI215936						
0	2,846	3,794	4,108	3,444	14,192	3,548
40	4,956	5,128	4,150	4,990	19,224	4,806
70	5,928	5,698	5,810	4,308	21,744	5,436
100	5,664	5,362	6,458	5,474	22,958	5,740
130	5,458	5,546	5,786	5,932	22,722	5,681
Variedade Milfor 6(2)						
0	4,192	3,754	3,738	3,428	15,112	3,778
40	5,250	4,582	4,896	4,286	19,014	4,754
70	5,822	4,848	5,678	4,932	21,280	5,320
100	5,888	5,524	6,042	4,756	22,210	5,553
130	5,864	6,264	6,056	5,362	23,546	5,887
Total	76,992	73,688	77,202	69,508	297,390	4,957

FATORIAIS (5/13)

- **Casualização**

- Depende do delineamento propriamente dito
 - Fatoriais \Rightarrow arranjo dos tratamentos, e não das UE

- **Fontes de Variação e Graus de Liberdade**

- GL totais = $5 N \times 3 \text{ var} \times 4 \text{ rep} = 60 \Rightarrow 59 \text{ GL}$
- Blocos (GL = $n^\circ \text{ blocos} - 1$) $\Rightarrow 3 \text{ GL}$
- Tratamentos (GL = $n^\circ \text{ Trat.} - 1$) $\Rightarrow 14 \text{ GL}$
 - Variedade $\Rightarrow 2 \text{ GL}$
 - Nitrogênio $\Rightarrow 4 \text{ GL}$
 - Interação (4 GL var \times 2 GL N) $\Rightarrow 8 \text{ GL}$
- Erro $\Rightarrow (59-3-14) = 42$; ou $(59-3-2-4-8) = 42$

FATORIAIS (6/13)

FV	GL	SQ	QM	F obs	F requerido	
					5%	1%
Blocos	3	2,599	0,866	5,73**	2,83	4,29
Tratamentos	14	44,578	3,184	21,08**	1,94	2,54
- Variedades	2	1,052	0,526	3,48*	3,22	5,15
- Nível de N	4	41,234	10,308	68,26**	2,59	3,80
- Var x N	8	2,292	0,286	1,89 ^{ns}	2,17	2,96
Erro	42	6,353	0,151			
Total	59	53,530				

FATORIAIS (7/13)

- Cálculo das Somas dos Quadrados do Desdobramento

QUADRO AUXILIAR DE TOTAIS						
VARIETADES	DOSES					Total
	0	40	70	100	130	
V1	12.496	18.894	17.838	22.868	23.292	95.388
V2	14.192	19.224	21.744	22.958	22.722	100.840
V3	15.112	19.014	21.280	22.210	23.546	101.162
Total	41.800	57.132	60.862	68.036	69.560	297.390

FATORIAIS (8/13)

- Cálculo das Somas dos Quadrados do Desdobramento

$$\text{S.Q.VAR} = \left(\frac{95,388^2}{20} + \frac{100,840^2}{20} + \frac{101,162^2}{20} \right) - \left(\frac{297,390^2}{60} \right) = 1,052$$

$$\text{S.Q.DOSES} = \left(\frac{41,8^2}{12} + \frac{27,132^2}{12} + \frac{60,862^2}{12} + \frac{68,036^2}{12} + \frac{69,56^2}{12} \right) - \left(\frac{297,390^2}{60} \right) = 41,234$$

$$\text{S.Q.VARxDOSSES} = 44,576 - 1,052 - 41,234 = 2,292$$

FATORIAIS (9/13)

- **Interpretação**

- **Inicia sempre pela interação:**

- Se a interação for não significativa \Rightarrow
 - Fatores são independentes
 - Compara médias das marginais do quadro de médias
- Se a interação for significativa \Rightarrow
 - Fatores não são independentes
 - Compara médias internas do quadro de médias

FATORIAIS (10/13)

- **Interpretação**

Interação não significativa \Rightarrow Fatores **são independentes**
Compara médias das **marginais** do quadro de médias

QUADRO DE MÉDIAS						
VARIETADES	DOSES					Média
	0	40	70	100	130	
V1	3.124	4.724	4.460	5.717	5.823	4.769
V2	3.548	4.806	5.436	5.740	5.681	5.042
V3	3.778	4.754	5.320	5.553	5.887	5.058
Média	3.483	4.761	5.072	5.670	5.797	4.957

FATORIAIS (11/13)

- **Comparação de Médias - Tukey**

QUADRO DE MÉDIAS						
VARIEDADES	DOSES					Média
	0	40	70	100	130	
V1	3.124	4.724	4.460	5.717	5.823	4.769
V2	3.548	4.806	5.436	5.740	5.681	5.042
V3	3.778	4.754	5.320	5.553	5.887	5.058
Média	3.483	4.761	5.072	5.670	5.797	4.957

V ₁ = 4.769	A		
V ₂ = 5.042	A	Delta = 3,44	$(0,151/20)^{1/2} = 0.299$
V ₃ = 5.058	A		

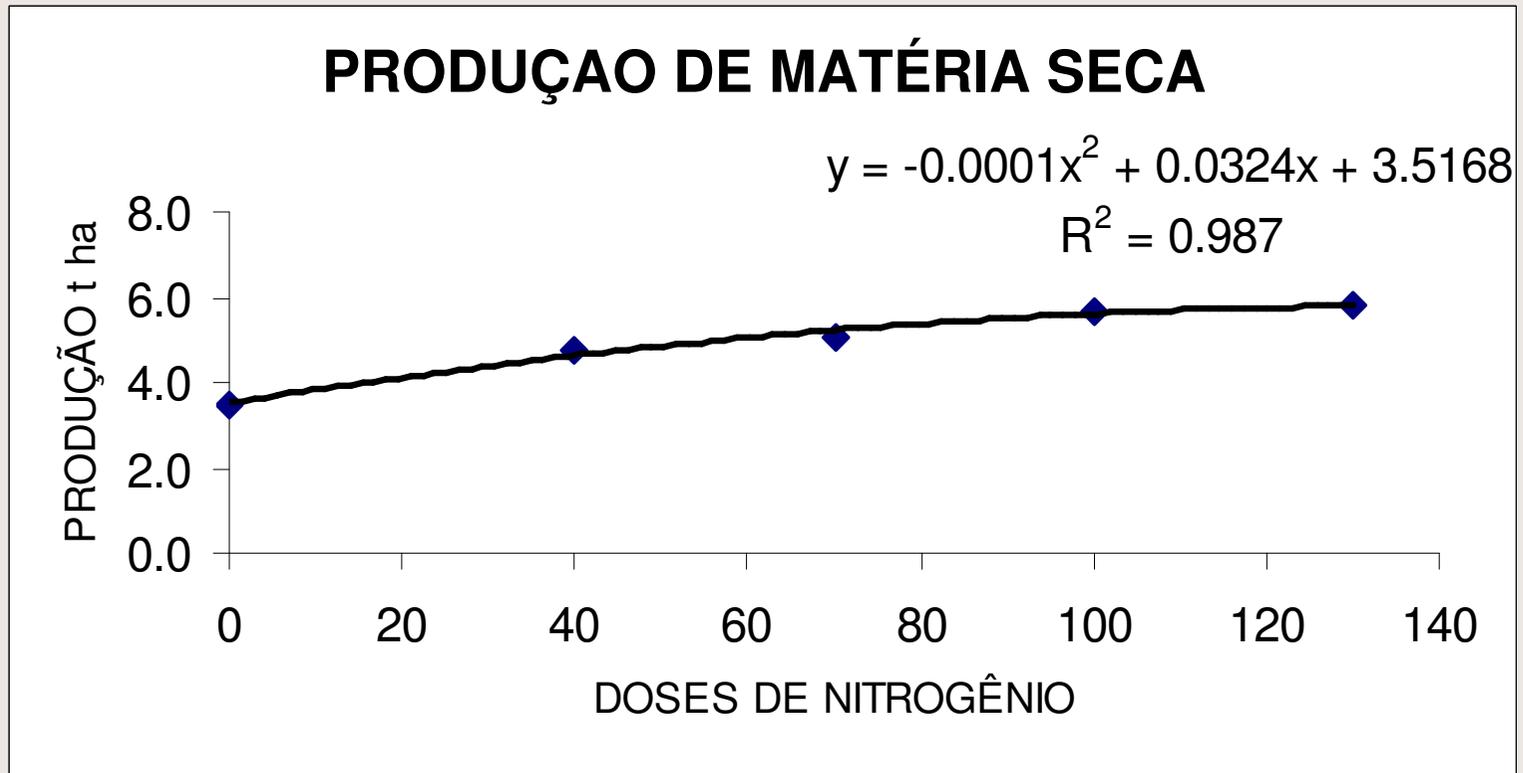
D ₁ = 3.483	C		
D ₂ = 4.761	B		
D ₃ = 5.072	B	Delta = 4,04	$(0,151/12)^{1/2} = 0.453$
D ₄ = 5.670	A		
D ₅ = 5.797	A		

FATORIAIS (12/13)

- **Conclusões**

- A análise de variância revelou que os fatores variedades e doses de nitrogênio são independentes, ao nível de 5% de significância.
- O teste de Tukey revelou que as variedades são estatisticamente iguais entre si e que as doses 4 e 5 não diferem e são superiores as demais doses testadas.

FATORIAIS (13/13)



PARCELAS SUB DIVIDIDAS (1/19)

- **Introdução**

- **Variação do arranjo fatorial**
- **Visa facilitar o manuseio das combinações que geram os tratamentos**
 - **Característica principal é o uso de dois tamanhos de parcelas**
 - **Uso de dois tamanhos de parcela acarreta em dois níveis de precisão - Dois erros experimentais**

PARCELAS SUB DIVIDIDAS (2/19)

- Usos dos experimentos fatoriais
 - Quando o experimento é muito grande
 - Quando deseja-se maior precisão em um dos fatores
 - Quando um dos fatores em estudo apresenta dificuldades práticas de instalação

PARCELAS SUB DIVIDIDAS (3/19)

- **Vantagens**
 - Avaliação de mais de um fator no mesmo ensaio
 - Maior ênfase em um dos fatores
 - Utilização mais racional e econômica dos recursos
- **Desvantagens**
 - Estimativas do fator aplicado as parcelas é sacrificado pois o número de repetições é diferente
- **Casualização**
 - Depende do delineamento utilizado

PARCELAS SUB DIVIDIDAS (4/19)

- **Exemplo**

- Delineamento em Blocos ao Acaso
- 12 Tratamentos
- 3 Repetições (Blocos)
- Arranjo fatorial dos tratamentos

3 Espécies x 4 Doses de Nitrogênio

Espécies aplicadas nas PARCELAS

Doses aplicadas nas SUB PARCELAS

PARCELAS SUB DIVIDIDAS (5/19)

TRATAMENTOS		BLOCOS		
ESPÉCIES	DOSES	I	II	III
ESPÉCIE 1	40	13.8	13.5	13.2
	70	15.5	15.0	15.2
	100	17.3	16.4	16.3
	130	18.9	18.3	19.6
SOMA		65.5	63.2	64.3
ESPÉCIE 2	40	29.3	28.0	30.5
	70	32.2	34.2	34.5
	100	36.3	34.8	37.4
	130	35.9	36.7	34.4
SOMA		133.7	133.7	136.8
ESPÉCIE 3	40	29.5	28.4	30.5
	70	23.9	24.3	24.1
	100	8.2	8.5	8.7
	130	12.8	11.5	12.2
SOMA		74.4	72.7	75.5
		273.6	269.6	276.6

PARCELAS SUB DIVIDIDAS (6/19)

- Fontes de Variação e Graus de Liberdade

- GL TOTAL = $(4 N \times 3 \text{ Esp} \times 3 \text{ rep}) - 1$ $\Rightarrow 35 \text{ GL}$
- GL Blocos = $n^\circ \text{ blocos} - 1$ $\Rightarrow 2 \text{ GL}$
- GL Tratamentos = $n^\circ \text{ Trat.} - 1$ $\Rightarrow 11 \text{ GL}$
 - Espécies $\Rightarrow 2 \text{ GL}$
 - Doses de Nitrogênio $\Rightarrow 3 \text{ GL}$
 - Interação (2 GL esp \times 3 GL N) $\Rightarrow 6 \text{ GL}$
- GL Parcelas = $(9 \text{ parcelas} - 1)$ $\Rightarrow 8 \text{ GL}$
- GL Sub-parcelas = $(36 \text{ sub-parcelas} - 1)$ $\Rightarrow 35 \text{ GL}$
- Erro(a) = $(\text{Parcelas} - \text{Blocos} - \text{Esp})$ $\Rightarrow 4 \text{ GL}$
- Erro(b) = $(\text{Sub-Parcelas} - \text{Parcelas} - \text{Doses} - \text{Interação})$
Erro(b) = $(35 - 8 - 3 - 6)$ $\Rightarrow 18 \text{ GL}$

PARCELAS SUB DIVIDIDAS (7/19)

- **Análise de Variância**

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q	QM	F	ALFA
Blocos	2	2.056	1.028	3.42	13.62
Tratamentos	11	3193.046	290.277	965.35	0.00
Espécies	2	2179.449	1089.724	3624.03	0.00
Erro Experimental (a)	4	1.203	0.301		
Parcelas	8	2182.707			
Doses	3	88.599	29.533	37.57	0.00
Espécies x Doses	6	924.998	154.166	196.14	0.00
Erro Experimental (b)	18	14.148	0.786		
Sub Parcelas (Total)	35	3210.452			

PARCELAS SUB DIVIDIDAS (8/19)

- **Cálculo das Somas dos Quadrados**

$$\text{S.Q.BLOCOS} = \left(\frac{273,6^2}{12} + \frac{269,6^2}{12} + \frac{276,6^2}{12} \right) - \left(\frac{819,8^2}{36} \right) = 2,056$$

$$\text{S.Q.TRAT} = \left(\frac{40,5^2}{3} + \frac{45,7^2}{3} + \dots + \frac{36,5^2}{3} \right) - \left(\frac{819,8^2}{36} \right) = 3193,046$$

$$\text{S.Q.PARC} = \left(\frac{65,5^2}{4} + \frac{63,2^2}{4} + \dots + \frac{75,5^2}{4} \right) - \left(\frac{819,8^2}{36} \right) = 2182,707$$

$$\text{S.Q.SUB} = (13,8^2 + 15,5^2 + \dots + 8,7^2 + 12,2^2) - \left(\frac{819,8^2}{36} \right) = 3210,452$$

PARCELAS SUB DIVIDIDAS (9/19)

- Cálculo das Somas dos Quadrados do Desdobramento

QUADRO DE TOTAIS					
ESPECIE	DOSES				SOMA
	40	70	100	130	
E ₁	40.5	45.7	50	56.8	193.0
E ₂	87.8	100.9	108.5	107	404.2
E ₃	88.4	72.3	25.4	36.5	222.6
SOMA	216.7	218.9	183.9	200.3	819.8

PARCELAS SUB DIVIDIDAS (10/19)

- Cálculo das Somas dos Quadrados do Desdobramento

$$\text{S.Q.ESP} = \left(\frac{193,0^2}{12} + \frac{404,2^2}{12} + \frac{222,6^2}{12} \right) - \left(\frac{819,8^2}{36} \right) = 2,056$$

$$\text{S.Q.DOSE} = \left(\frac{216,7^2}{9} + \frac{218,9^2}{9} + \frac{183,9^2}{12} + \frac{200,3^2}{9} \right) - \left(\frac{819,8^2}{36} \right) = 88,599$$

$$\text{S.Q.ESPxDOSE} = \text{SQTRAT} - \text{SQESP} - \text{SQDOSES}$$

$$\text{S.Q.ESPxDOSE} = 3193,046 - 2179,449 - 88,599 = 924,998$$

PARCELAS SUB DIVIDIDAS (11/19)

- **Cálculo das Somas dos Quadrados do Desdobramento**

$$\text{S.Q.Erro(a)} = \text{S.Q.PAR} - \text{S.Q.BLOCO} - \text{S.Q.ESP}$$

$$\text{S.Q.Erro(a)} = 2187,707 - 2,056 - 2179,449 = 1,203$$

$$\text{S.Q.Erro(b)} = \text{S.Q.SUB} - \text{S.Q.PARC} - \text{S.Q.DOSE} - \text{S.Q.INT}$$

$$\text{S.Q.Erro(b)} = 3210,452 - 2182,707 - 88,599 - 924,998 = 14,145$$

PARCELAS SUB DIVIDIDAS (12/19)

- **Cálculo da Razão F**

$$F_{\text{Blocos}} = \frac{QMBLOCO}{QMErro(a)} = \frac{1,028}{0,301} = 3,42$$

$$F_{\text{Trat}} = \frac{QMTRAT}{QMErro(a)} = \frac{290,277}{0,301} = 965,35$$

$$F_{\text{Esp}} = \frac{QMESP}{QMErro(a)} = \frac{1089,724}{0,301} = 3624,03$$

$$F_{\text{Dose}} = \frac{QMDOSE}{QMErro(b)} = \frac{29,533}{0,786} = 37,57$$

$$F_{\text{DOSExESP}} = \frac{QMDOSExESP}{QMErro(b)} = \frac{154,166}{0,786} = 196,14$$

PARCELAS SUB DIVIDIDAS (13/19)

- **Interpretação**

- **Inicia sempre pela interação:**

- Se a interação for não significativa \Rightarrow
 - Fatores são independentes
 - Compara médias das **marginais** do quadro de médias
- Se a interação for significativa \Rightarrow
 - Fatores não são independentes
 - Compara médias **internas** do quadro de médias

PARCELAS SUB DIVIDIDAS (14/19)

- **Interpretação**

Interação significativa \Rightarrow Fatores **NÃO SÃO INDEPENDENTES**

Compara médias das **internas** do quadro de médias

QUADRO DE MÉDIAS					
ESPÉCIE	DOSES				MÉDIA
	40	70	100	130	
E ₁	13.5	15.2	16.7	18.9	16.1
E ₂	29.3	33.6	36.2	35.7	33.7
E ₃	29.5	24.1	8.5	12.2	18.6
MÉDIA	24.1	24.3	20.4	22.3	22.8

PARCELAS SUB DIVIDIDAS (15/19)

- **Comparação de Médias - Tukey**

QUADRO DE MÉDIAS					
ESPÉCIE	DOSES				MÉDIA
	40	70	100	130	
E ₁	13.5	15.2	16.7	18.9	16.1
E ₂	29.3	33.6	36.2	35.7	33.7
E ₃	29.5	24.1	8.5	12.2	18.6
MÉDIA	24.1	24.3	20.4	22.3	22.8

DELTA =		2.047					
ESPÉCIE 1		ESPÉCIE 2		ESPÉCIE 3			
D ₁ = 13,5	C	D ₁ = 29,3	C	D ₁ = 29,5	A		
D ₂ = 15,2	B C	D ₂ = 33,6	B	D ₂ = 24,1	B		
D ₃ = 16,7	B	D ₃ = 36,2	A	D ₃ = 8.5	C		
D ₄ = 18,9	A	D ₄ = 35.7	A	D ₄ = 12,2	D		

PARCELAS SUB DIVIDIDAS (16/19)

- **Comparação de Médias - Tukey**

QUADRO DE MÉDIAS					
ESPÉCIE	DOSES				MÉDIA
	40	70	100	130	
E ₁	13.5	15.2	16.7	18.9	16.1
E ₂	29.3	33.6	36.2	35.7	33.7
E ₃	29.5	24.1	8.5	12.2	18.6
MÉDIA	24.1	24.3	20.4	22.3	22.8

DELTA =		1.848							
DOSE 1		DOSE 2		DOSE 3		DOSE 4			
E ₁ = 13,5	B	E ₁ = 15,2	C	E ₁ = 16.7	B	E ₁ = 18,9	C		
E ₂ = 29,3	A	E ₂ = 33,6	A	E ₂ = 36,2	A	E ₂ = 35,7	A		
E ₃ = 29.5	A	E ₃ = 24.1	B	E ₃ = 8.5	C	E ₃ = 12.2	B		

PARCELAS SUB DIVIDIDAS (17/19)

- **Conclusões**

- A análise de variância revelou que os fatores variedades e doses de nitrogênio não são independentes, ao nível de 1% de significância.
- O teste de Tukey revelou que:
 - a) Para a Espécie 1 a melhor dose é 130 kg ha^{-1} , para a Espécie 2 as melhores doses são 100 e 130 kg ha^{-1} e para a Espécie 3 a melhor dose é 40 kg ha^{-1} .

PARCELAS SUB DIVIDIDAS (18/19)

- **Conclusões**

b) Para a dose 40 kg ha^{-1} as melhores Espécies são a 2 e a 3 e para as doses $70, 100$ e 130 kg ha^{-1} a Espécie 2 revelou-se superior as demais espécies testadas.

PARCELAS SUB DIVIDIDAS (19/19)

