

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DISCIPLINA: ESTATÍSTICA EXPERIMENTAL

# Experimentos em parcelas subdivididas e procedimentos para a aplicação dos testes de comparação de médias

Prof<sup>a</sup> Railene Hérica Carlos Rocha

Pombal, Pb.

# 1. Generalidades

## Casualização:

DIC, DBC:   
→ Experimentos fatoriais;  
→ Experimentos em parcelas subdivididas.



Parcelas ou unidades inteiras, que recebem os níveis de um dos fatores, são divididas em **subparcelas** ou subunidades, às quais os níveis de um fator adicional são aplicados.



**Principal característica**

Níveis do fator

Parcela → Tratamentos principais (Trat. A)

Subparcela → Tratamentos secundários (Trat. B)

Exemplo:

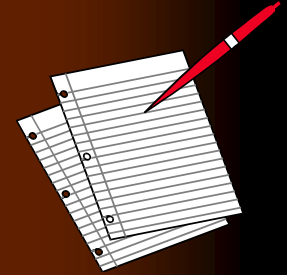
Considere um experimento para testar um fator A (Calcário), em 2 níveis (A1 e A2) distribuídos em 4 blocos casualizados e um segundo fator B (Adubo) em 3 níveis (B1, B2 e B3).

⇒ **Casualização** → níveis do fator A (A1 e A2)  
→ níveis do fator B (B1, B2 e B3)

## ➡ Esquema de distribuição no campo

1° Bloco		2° Bloco		3° Bloco		4° Bloco
A2B1		A1B2		A1B2		A2B1
A2B3		A1B3		A1B1		A2B3
A2B2		A1B1		A1B3		A2B2
A1B2		A2B3		A2B1		A1B1
A1B1		A2B2		A2B2		A1B3
A1B3		A2B1		A2B3		A1B2

## 2. Importância



- 1) Quando os tratamentos associados aos níveis de um dos fatores exigem maior quantidade de material na unidade experimental do que os tratamentos do outro fator.

Exemplo:

Em ensaio de campo:

- Métodos para preparo de solo (parcelas maiores)
- Variedades (parcelas menores)

- 2) Quando um fator adicional é incorporado em um experimento para ampliar o seu objetivo.

## Exemplo:

Principal  
objetivo de um  
experimento:



Comparar os efeitos de diversos fungicidas como proteção contra infecção por uma doença.



(Subparcelas)



Para ampliar os objetivos do experimento:



Diversas variedades são incluídas, as quais se sabe que diferem quanto à resistência à doença.



(Parcelas)

3) Quando sabe-se, previamente, que maiores diferenças podem ser esperadas entre os níveis de um certo fator do que entre os níveis do outro fator.



Por conveniência: os tratamentos com o fator onde maiores diferenças são esperadas poderiam ser casualizados nas parcelas.

Em Resumo:



*O fator que requer menor quantidade de material experimental ou que é de maior importância ou que se deseja maior precisão deve ser alocado nas Subparcelas.*

### 3. Características

- a) As parcelas poderão estar dispostas em qualquer tipo de delineamento: DIC, DBC, DQL.
- b) Subparcelas são distribuídas aleatoriamente em cada parcela.



Dois resíduos distintos:  
Resíduo a (parcelas)  
Resíduo b (subparcelas dentro das parcelas)

- c)  $N^{\circ}$  de parcelas é  $<$   $n^{\circ}$  de subparcelas.  
(efeitos dos tratamentos secundários são determinados com maior precisão).



d)  $CV(b) < CV(a)$  deve-se colocar os tratamentos de maior interesse na subparcelas (erro experimental das subparcelas é menor, pois  $GLRB \geq GLRA$ ).

e) Casualização em dois estágios:

- . Níveis do fator A nas parcelas de cada bloco.
- . Níveis do fator B nas sub-parcela de cada parcela.

## 4. Tipos de ensaio em parcelas subdivididas

**a) No espaço:** quando em cada parcela há uma subdivisão de áreas em sub-áreas, constituindo, cada uma delas uma sub-parcela.

Ex: Parcelas (variedades); sub-parcelas (espaçamentos)

**b) No tempo:** a parcela não se subdivide em sub-áreas (são tomados dados periodicamente em cada uma delas, constituindo as sub-parcelas).

Ex: Parcelas (diferentes variedades) e a cada 15 dias retirar amostras (épocas - subparcelas) para análise de crescimento.

## 5. Vantagens e desvantagens



### Vantagens:

- a) As conclusões são mais generalizadas (DIC, DBC).
- b) É possível se testar combinação de tratamentos, obtendo a informação sobre a interação entre fatores.
- c) Maior eficiência na utilização de recursos materiais e humanos (DIC, DBC, DQL).
- d) Permite utilizar fatores que requerem quantidades grandes de material experimental e outros fatores que requerem quantidades pequenas.
- e) São mais práticos de se instalar

## Desvantagens:



- a) Análise estatística é mais complicada (DBC, DIC, DQL);
- b) À medida que cresce o  $n^{\circ}$  de fatores ou níveis, cresce o  $n^{\circ}$  de tratamentos, implicando em perda de eficiência (homogeneidade das parcelas);
- c) O erro associado às parcelas é maior do que os da sub-parcelas;
- d) Efeito de tratamentos primários (grandes) pode não ser significativo;
- e) Efeito de tratamentos secundários (pequenos) pode ser significativo;

f) Para diferentes comparações entre médias de tratamentos existem diferentes variâncias;

g) O desdobramento do resíduo em 2 partes  $\rightarrow$  n° de GLR pequeno. Maior valor para estimativa do erro experimental.

h) Em Parcelas Subdivididas todos os efeitos são avaliados com menor precisão do que nos fatoriais.



## 7. Modelo matemático

Varia de acordo com o delineamento utilizado (DIC, DBC, DQL) com  $j$  repetições:

$$Y_{IJK} = \mu + \alpha_I + S_{IK} + \beta_J + (\alpha\beta)_{IJ} + e_{IJK} \quad (\text{DIC})$$

$$Y_{IJK} = \mu + \alpha_I + R_K + (SR_{IK}) + \beta_J + (\alpha\beta)_{IJ} + e_{IJK} \quad (\text{DBC})$$

Onde:

$Y_{IJK}$  =  $k$ -ésima resposta que recebeu o  $i$ -ésimo nível do fator  $\alpha$  e o  $j$ -ésimo nível do fator  $\beta$ .



$$Y_{IJK} = \mu + \alpha_I + S_{IK} + \beta_J + (\alpha\beta)_{IJ} + e_{IJK} \quad (\text{DIC})$$

$$Y_{IJK} = \mu + \alpha_I + R_k + (SR_{IK}) + \beta_J + (\alpha\beta)_{IJ} + e_{IJK} \quad (\text{DBC})$$

$\mu$  = é uma constante (média geral);

$\alpha_I$  = efeito do i-ésimo nível do fator  $\alpha$  com  $i = 1, \dots, a$ ;

$\beta_J$  = efeito do j-ésimo nível do fator  $\beta$  com  $j = 1, \dots, b$ ;

$S_{IK}$  = efeito da k-ésima parcela recebendo o i-ésimo nível de A (erro A). (DIC);

$R_k$  = efeito do k-ésimo bloco;

$(SR_{IK})$  = efeito do conjunto do i-ésimo nível de A e do k-ésimo bloco. (erro A) DBC;

$\alpha\beta_{IJ}$  = efeito da interação do i-ésimo nível do fator  $\alpha$  com o efeito do j-ésimo nível do fator  $\beta$ ;

$e_{IJK}$  = efeito do erro aleatório.

## DIC

FV	GL
A	I-1
Resíduo a	I(J-1)
Parcelas	(IJ-1)
B	(K-1)
A x B	(I-1)(K-1)
Resíduo b	I(J-1)(K-1)
Total	IKK-1

## DBC

FV	GL
Blocos	J-1
A	I-1
Resíduo a	(I-1)(J-1)
Parcelas	(IJ-1)
B	(K-1)
A x B	(I-1)(K-1)
Resíduo b	I(J-1)(K-1)
Total	IKK-1



## 8. Hipóteses estatísticas

### *Interação*

$H_0: (\alpha\beta)_{IJ} = 0$  Tratamentos 1ª e 2ª atuam independentemente

$H_1: (\alpha\beta)_{IJ} \neq 0$  Tratamentos 1ª e 2ª não atuam independentemente

### *Efeito principal do fator A e B*

$H_0: \alpha_I = 0$

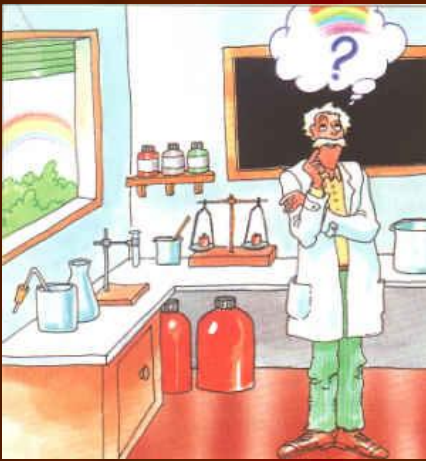
$H_1: \alpha_I \neq 0$

$H_0$ : Todos os possíveis contrastes entre médias de níveis de tratamentos (primários e secundários) são estatisticamente nulos.

$H_0: \beta_J = 0$

$H_1: \beta_J \neq 0$

$H_1$ : Existe pelo menos um contraste entre médias de níveis de tratamentos (primários e secundários) que é estatisticamente diferente de zero.



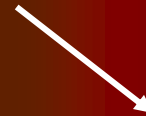
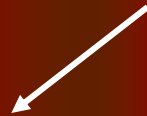
## 9. Análise de variância (Pressuposições: DBC)

Efeitos aditivos e independentes

Erros: distribuição normal

Variâncias homogêneas

Verificação da normalidade e homogeneidade dos erros



Atendida: prossegue com a ANOVA

Não atendida: transformação  
de dados

# Transformação de dados

Angular: os dados obedecem a uma distribuição do tipo binomial (dados de contagem),  $\mu = np$  e  $\sigma^2 = npq$ .

$$W_{IJ} = \arcsen \sqrt{Y_{IJ}}$$

Raiz quadrada: usada quando os dados seguem uma distribuição de Poisson (dados de contagem),  $\mu = \sigma^2$ .

$$W_{IJ} = \sqrt{Y_{IJ}}$$

Logarítmica: quando os dados apresentam uma distribuição exponencial (variações dos tratamentos são diretamente proporcionais às médias).

$$W_{IJ} = \ln Y_{IJ}$$

# ANOVA

É feita desdobrando os efeitos das parcelas e das subparcelas nas partes que a compõem.

Para cada um dos desdobramentos existe um resíduo, o qual é utilizado para testar o efeito do tratamento.

## Quadro da ANOVA: DBC

FV	GL	SQ	QM	F
Bloco	$J - 1$	$SQB_L$	-	
A	$I - 1$	$SQ_A$	$QM_A$	$QMA/QMR_A$
Erro a	$(I - 1)(J - 1)$	$SQR_A$	$QMR_A$	
Parcelas	$(IJ - 1)$	$SQP$	-	
B	$(K - 1)$	$SQ_B$	$QM_B$	$QMB/QMR_{BL}$
$A \times B$	$(I - 1)(K - 1)$	$SQ(A \times B)$	$QM(A \times B)$	$QM(A \times B)/QMR_{BL}$
Erro b	$I(J - 1)(K - 1)$	$SQR_B$	$QMR_B$	
Total	$IJK - 1$	$SQT_o$	-	

**Quadro 1.**  
Croqui da  
distribuição dos  
níveis dos  
fatores A e B e  
dados de  
produção, por  
subparela, num  
experimento em  
parcelas  
subdivididas.

Bloco 1	A2B3=59,8	A3B1=62,3	A1B3=49,5	A4B2=70,3
	A2B1=53,3	A3B4=63,6	A1B2=53,8	A4B3=68,8
	A2B4=64,1	A3B2=63,4	A1B4=44,4	A4B4=71,6
	A2B2=57,6	A3B3=64,5	A1B1=42,9	A4B1=75,4
Bloco 2	A2B1=69,6	A1B3=53,8	A3B2=50,4	A4B3=65,3
	A2B3=65,8	A1B1=41,6	A3B1=58,5	A4B4=69,4
	A2B4=57,4	A1B2=58,5	A3B4=56,1	A4B2=67,3
	A2B2=69,6	A1B4=41,8	A3B3=46,1	A4B1=65,6
Bloco 3	A3B4=52,7	A2B3=41,4	A4B2=57,6	A1B1=28,9
	A3B1=44,6	A2B4=44,1	A4B4=56,6	A1B2=43,9
	A3B3=62,6	A2B1=45,4	A4B1=54,0	A1B4=28,3
	A3B2=45,0	A2B2=42,4	A4B3=45,6	A1B3=40,7
Bloco 4	A1B2=46,3	A3B4=51,8	A4B2=58,5	A2B3=45,4
	A1B4=34,7	A3B1=50,3	A4B1=52,7	A2B2=51,9
	A1B1=30,8	A3B3=50,3	A4B3=51,0	A2B4=51,6
	A1B3=39,4	A3B2=46,7	A4B4=47,4	A2B1=35,1

Variedades	Trat. de sementes	Blocos				TOTAIS
(A)	(B)	1	2	3	4	
A1	B1	42,9	41,6	28,9	30,8	144,2
	B2	53,8	58,5	43,9	46,3	202,5
	B3	49,5	53,8	40,7	39,4	183,4
	B4	44,4	41,8	28,3	34,7	149,2
$C = \frac{3.379,8^2}{2} = 178.485,13$ $S.Q. \text{ Total} = 42,9^2 + 41,6^2 + \dots + 47,4^2 - C = 7.797,39$ $S.Q. \text{ Blocos} = \frac{1}{16} (965,3^2 + \dots + 743,9^2) - C = 2.842,87$				4	35,1	203,4
				4	51,9	221,5
				4	45,4	212,4
				1	51,6	217,2
A4	B1	75,4	65,6	54,0	52,7	247,7
	B2	70,3	67,3	57,6	58,5	253,7
	B3	68,8	65,3	45,6	51,0	230,7
	B4	71,6	69,4	56,6	47,4	245,0
TOTAIS		965,3	936,8	733,8	743,9	3.379,8

Quadro auxiliar com os totais das parcelas para o cálculo da soma de quadrados de parcelas:

(4)	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Totais
A1	190,6	195,7	141,8	151,2	679,3
A2	234,8	262,4	173,3	184,0	854,5
A3	253,8	211,1	204,9	199,1	868,9
A4	286,1	267,6	213,8	209,6	977,1
Totais	965,3	936,8	733,8	743,9	3.379,8

$$S.Q.Var (A) = \frac{1}{16} (679,3^2 + \dots + 977,1^2) - C = 2.848,02$$

$$S.Q.Parc. = \frac{1}{4} (190,6^2 + 195,7^2 + \dots + 209,6^2) - C = 6.309,19$$

$$\begin{aligned} S.Q.Res (a) &= S.Q.Parc - S.Q.Blocos - S.Q.A \\ &= 6.309,19 - 2.842,87 - 2.848,02 = 618,30 \end{aligned}$$

Quadro auxiliar relacionando os níveis dos dois fatores entre si para o cálculo da soma de quadrados para tratamentos de sementes (B) e para a interação (AxB):

(4)	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Totais
A1	144,2	202,5	183,4	149,2	679,3
A2	203,4	221,5	212,4	217,2	854,5
A3	215,7	205,5	223,5	224,2	868,9
A4	247,7	253,7	230,7	245,0	977,1
Totais	811,0	883,2	850,0	835,6	3.379,8

$$S.Q.Trat\ de\ sem\ (B) = \frac{1}{16} (811,0^2 + \dots + 835,6^2) - C = 170,53$$

$$S.Q.Parc. = \frac{1}{4} (144,2^2 + 202,5^2 + \dots + 245,0^2) - C = 3.605,02$$

$$S.Q.A \times B = S.Q.A,B - S.Q.A - S.Q.B$$

$$= 3.605,02 - 2.848,02 - 170,53 = 586,47$$



$$\begin{aligned}
 \text{S.Q.Res (b)} &= \text{S.Q.Total} - \text{S.Q.Parc} - \text{S.Q.B} - \text{S.Q. AxB} \\
 &= 7.797,39 - 6.309,19 - 170,53 - 586,47 = 731,20
 \end{aligned}$$

### Quadro de análise de variância do experimento (ANOVA):

Causa da Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Blocos	Valores de F na tabela: - Variedades (A) 3 x 9 g.l - Trat de sem (B) 3 x 36 g.l - Interação A x B 9 x 36 g.l			13,79**
Variedades (A)				13,82**
Resíduo (a)				-
(Parcelas)				-
Tratam de sementes (B)				2,80 <sup>n.s</sup>
Interação AxB				3,21 **
Resíduo (b)				-
Total				-

## Conclusões:

Pela análises de variância, verificamos que existe efeito significativo ( $P < 0,01$ ) para Variedades (A) e para a interação A x B, não ocorrendo efeito significativo ( $P > 0,05$ ) para tratamentos de sementes (B).

## Coeficientes de variação:

a) Para Parcelas:

$$C.V (a) = \frac{100 s_a}{\hat{m}} = \frac{100 \times 8,29}{52,81} = 15,70\%$$

$$S_a = \sqrt{Q.M.Res (a)} = \sqrt{68,70} = 8,29$$

$$\hat{m} = \frac{3.379,8}{64} = 52,81$$

b) Para Subparcelas:

$$C.V(b) = \frac{100}{\hat{m}} s_b = \frac{100 \times 4,51}{52,81} = 8,54\%$$

$$S_b = \sqrt{Q.M.Res(b)} = \sqrt{20,31} = 4,51$$

$$\hat{m} = \frac{3.379,8}{64} = 52,81$$

## 10. Procedimentos para comparações de médias pelo teste de Tukey



Diversos casos de comparação de médias podem ser testados:

- a) Comparação entre médias de tratamentos principais;
- b) Comparação entre médias de tratamentos secundários;
- c) Comparação entre médias de tratamentos secundários, num mesmo tratamento principal;
- d) Comparação entre médias de tratamentos principais, num mesmo tratamento secundário.



## a) Comparação entre médias de tratamentos principais

$$\Delta = q \sqrt{\frac{QMR_A}{JK}}$$

$$q\alpha = f [ I; (I - 1) (J - 1) ]$$

GLRA

⇒ Informações da variância amostral e do GLRA que são utilizadas para realizar o teste desejado são pertinentes ao resíduo (a) da ANOVA.

## b) Comparação entre médias de tratamentos secundários

$$\Delta = q \sqrt{\frac{QMR_B}{IJ}}$$

$$q\alpha = f [ K; I (J - 1) (K - 1) ]$$

GLRB

⇒ Informações da variância amostral e do GLRB que são utilizadas para realizar o teste desejado são pertinentes ao resíduo (b) da ANOVA.

**c) Comparação entre médias de tratamentos secundários, num mesmo tratamento principal;**

$$\Delta = q \sqrt{\frac{QMR_B}{J}}$$

$$q\alpha = f [K; I (J-1) (K-1)]$$

GLRB



Informações da variância amostral e do GLRB que são utilizadas para realizar o teste desejado são pertinentes ao resíduo (b) da ANOVA.

**d) Comparação entre médias de tratamentos principais, num mesmo tratamento secundário.**

Informações da variância amostral e do GLR são obtidos por uma composição do resíduo (a) com o resíduo (b) denominado (QMR combinado).

Por uma composição do resíduo (A) e do resíduo (b) denominado de *GL* de Satterhwaitte (*n'*).

$$\text{QMR}_{\text{comb.}} = q \sqrt{\frac{\text{QMR}_A + (K - 1) \text{QMR}_B}{JK}}$$

$$qa = f [I; n']$$

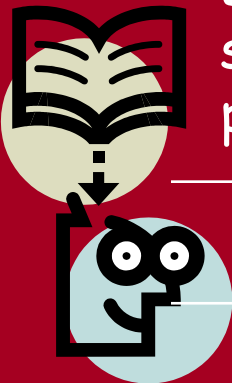
$$n' = \frac{[\text{QMR}_A + (K - 1) \text{QMR}_B]^2}{\frac{[\text{QMR}_A]^2}{(I - 1) (J - 1)} + \frac{[(K - 1) \text{QMR}_B]^2}{I (J - 1) (K - 1)}}$$

# Exemplos





**Exemplo 1:** Cada parcela é uma variedade de mangueira e a subparcela são as 4 faces de cada árvore. Valores de produtividade (t ha<sup>-1</sup>).



VAR	NORTE	SUL	LESTE	OESTE	TOTAIS PARC.	TOTAIS VAR.
1	18,0	17,1	17,6	17,6	70,3	210,7
	17,5	18,8	18,1	17,2	71,6	
	17,8	16,9	17,6	16,5	68,8	
2	16,3	15,9	16,5	18,3	67,0	191,8
	16,6	14,3	16,3	17,5	64,7	
	15,0	14,0	15,9	15,2	60,1	
3	16,0	16,2	17,9	16,1	66,2	196,0
	19,5	14,9	15,0	15,3	64,7	
	16,3	16,4	16,0	16,4	65,1	
4	16,6	15,2	14,2	15,5	61,5	194,3
	15,9	13,2	18,0	17,3	64,4	
	17,5	15,8	16,7	18,4	68,4	
5	18,9	18,6	15,3	17,0	69,8	211,3
	18,5	13,7	18,2	18,3	68,7	
	21,5	16,4	18,3	16,6	72,8	
Totais	261,9	237,4	237,4	253,2	1004,1	1004,1

$$C = (1004,1)^2 / 60 = 16.803,61$$

$$SQV = 1 / 12 (210,7^2 + \dots + 211,3^2) - C = 29,55$$

$$SQP = 1 / 4 (70,32 + \dots + 72,82) - C = 45,26$$

$$SQRA = SQP - SQV = 45,26 - 29,55 = 15,71$$

$$SQF_A = 1 / 15 (261,92 + \dots + 253,22) - C = 20,60$$

$$SQTO = (18,0^2 + 17,1^2 + \dots + 16,6^2) - C = 137,58$$

FACE	OESTE	TOTAIS PARC.	TOTAIS VAR.
1	17,6	70,3	210,7
2	17,2	71,6	
3	16,5	68,8	
4	18,3	67,0	191,8

### Quadro auxiliar para calcular a SQ (V x F):

VAR \ FACE	N	S	L	O
1	53,3	52,8	53,3	51,3
2	47,9	44,2	48,7	51,0
3	51,8	47,5	48,9	47,8
4	50,0	44,2	48,9	51,2
5	58,9	48,7	51,8	51,9

196,0

194,3

211,3

Totais

18,5

21,5

261,9

253,2

$$SQ(V \times FA) = SQ(V, FA) - SQV - SQFA$$

$$SQ(V, FA) = 1 / 3 (53,32 + 47,92 + \dots + 51,92) - C = 70,27$$

$$SQ(V \times FA) = 70,27 - 29,55 - 20,60 = 20,12$$

$$SQRB = SQTO - SQP - SQFA - SQ(V \times FA)$$

$$SQRB = 137,58 - 45,26 - 20,60 - 20,12 = 51,60$$

## Quadro da ANOVA

FV	GL	SQ	QM	F
V	4	29,55	7,39	4,71*
Erro a	10	15,71	1,57	
Parcelas	14	45,26		
F	3	20,60	6,87	3,99*
V x F	12	20,12	1,68	0,97 <sup>ns</sup>
Erro b	30	51,60	1,72	
Total	59	137,58		

Variedade:  $F_{5\% (4,10)} = 3,48$

Faces:  $F_{5\% (3,30)} = 2,92$

Fator V x F:  $F_{5\% (12,30)} = 2,09$

$F_{cal}$  Variedade >  $F_{tab (5\%)}$  → Rejeita-se  $H_0$ .

$F_{cal}$  Faces >  $F_{tab (5\%)}$  → Rejeita-se  $H_0$ .

## Conclusões

Existe pelo menos um contraste entre médias dos níveis da variedade e da face da árvore, estatisticamente diferente de zero, ao nível de 5 % de probabilidade.

Não houve interação entre os fatores V x F. Os fatores podem ser estudados isoladamente.

## Procedimento pós- ANOVA

Aplicar o teste de Tukey para os fatores V e F.

a) Entre duas médias de tratamentos principais (Variedades):

$$\Delta = q \sqrt{\frac{QMR_A}{JK}}$$

$$q\alpha = f [ I; (I - 1) (J - 1) ]$$

GLRA

$$\Delta = 4,65 \sqrt{1,57/12} = 1,68$$

$$q_{5\% (5, 10)} = 4,65$$

$$m_E = 17,61 \text{ a}$$

$$m_A = 17,56 \text{ a}$$

$$m_C = 16,33 \text{ a}$$

$$m_D = 16,19 \text{ a}$$

$$m_B = 15,98 \text{ a}$$

b) Entre duas médias de tratamentos secundários (faces da planta):

$$\Delta = q \sqrt{\frac{QMR_B}{IJ}}$$

$$q\alpha = f [ K; I (J- 1) (K - 1)]$$

GLRB

$$\Delta = 3,85 \sqrt{1,72/15} = 1,30$$

$$q_{5\%}(4, 30) = 3,85$$

$$m_N = 17,46 \text{ a}$$

$$m_o = 16,88 \text{ a b}$$

$$m_L = 16,77 \text{ a b}$$

$$m_S = 15,83 \text{ b}$$

$$CV_A = \sqrt{QMRA/MG}$$

$$CV_A = \sqrt{1,57} / 16,74 = 0,075 \times 100 = 7,5 \%$$

$$CVB = \sqrt{QMRB/MG}$$

$$CVB = \sqrt{1,72} / 16,74 = 0,078 \times 100 = 7,8 \%$$

Tabela 1. Valores médios para Brix de frutos da manga em Mossoró - RN. UFERSA, 2008.

Variedades	Brix
A	17,56 a
B	15,98 a
C	16,33 a
D	16,19 a
E	17,61 a
$(CV_A \%)$	7,5
Faces	
Norte	17,46 a
Sul	15,83 b
Leste	16,77 ab
Oeste	16,80 ab
$CV_B(\%)$	7,8

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.



**Exemplo 2:** 4 variedades de aveia (parcela) e 4 tratamentos de sementes (subparcela) no DIC com 4 repetições. Os dados de peso seco da planta constam no quadro.

VAR	TRAT	1	2	3	4	TOTAIS PARC.	TOTAIS VAR.
V1	S1	42,9	41,6	28,9	30,8	144,2	679,3
	S2	53,8	58,5	43,9	46,3	202,5	
	S3	49,5	53,8	40,7	39,4	183,4	
							854,5
							868,9
							977,1
	S4	71,6	69,4	56,6	47,4	245,0	
		965,3	936,8	733,8	743,9	3.379,8	

$$C = (3.379,8)^2 / 64 = 178.485,13$$

$$SQV = 1 / 16 (679,3^2 + \dots + 977,1^2) - C = 2.848,02$$

$$SQP = 1 / 4 (144,2^2 + \dots + 245,0^2) - C = 3.590,61$$

$$SQRA = SQP - SQV = 3.590,61 - 2.848,02 = 742,59$$

$$SQS = 1 / 16 (965,3^2 + \dots + 743,9^2) - C = 2.842,87$$

$$SQTO = (18,0^2 + 17,1^2 + \dots + 16,6^2) - C = 7.797,39$$



- Para calcular a SQ interação, vamos estruturar o quadro:

Var \ Trat	S1	S2	S3	S4
V1	190,6	195,7	141,8	151,2
V2	234,8	262,4	173,3	184,0
V3	253,8	211,1	204,9	199,1
V4	286,1	267,6	213,8	209,6

$$SQ (V \times S) = SQ (V,S) - SQV - SQS$$

$$SQ (V,S) = 1 / 4 (190,6^2 + ... + 209,6^2) - C = 6.309,19$$

$$SQ (V \times S) = 6.309,19 - 2.848,02 - 2.842,87 = 618,30$$

$$SQRB = SQTO - SQP - SQS - SQ (V \times S).$$

$$SQRB = 7.797,39 - 3.590,61 - 2.842,87 - 618,30 = 745,61$$

## Quadro da ANOVA

FV	GL	SQ	QM	F
V	3	2.848,02	947,34	15,31*
Erro a	12	742,59	61,88	
Parcelas	15	3.590,61		
S	3	2.842,87	947,62	64,82*
V x S	9	618,30	68,70	4,70 <sup>Ns</sup>
Erro b	51	745,61	14,62	
Total	63	7.797,39		

Variedade:  $F_{5\% (3,12)} = 3,49$

Sementes:  $F_{5\% (3,51)} = 2,79$

Fator V x F:  $F_{5\% (9,51)} = 2,07$

## Conclusões

Houve interação entre os fatores V x S. Deve-se fazer o desdobramento da interação dos fatores V e S.

## Procedimento pós - ANOVA

a) Comparação entre médias de tratamentos principais, num mesmo tratamento secundário.

$$QMR_{comb.} = q \sqrt{\frac{QMR_A + (K - 1) QMR_B}{JK}}$$

$$q_{\alpha} = f [ I; n']$$

$$n' = \frac{[QMR_A + (K - 1) QMR_B]^2}{\frac{[QMR_A]^2}{(I - 1) (J - 1)} + \frac{[(K - 1) QMR_B]^2}{I (J - 1) (K - 1)}}$$

$$n' = \frac{[61,88 + (4 - 1) 14,62]^2}{\frac{[61,82]^2}{(4 - 1) (4 - 1)} + \frac{[(4 - 1) 14,62]^2}{4 (4 - 1) (4 - 1)}}$$

$$n' = 23,6 \approx 24 \text{ GL}$$
$$q_{5\% (4, 23)} = 3,90$$

$$\text{QMRcomb} = 3,90 \sqrt{\frac{61,88 + (4 - 1) 14,62}{4 \times 4}} = 10,03$$

$$m_{V4}/S_1 = 71,53 \text{ a}$$

$$m_{V4}/S_2 = 66,90 \text{ a}$$

$$m_{V3}/S_1 = 63,45 \text{ a}$$

$$m_{V2}/S_2 = 65,60 \text{ a}$$

$$m_{V2}/S_1 = 58,70 \text{ ab}$$

$$m_{V3}/S_2 = 52,78 \text{ b}$$

$$m_{V1}/S_1 = 47,65 \text{ c}$$

$$m_{V1}/S_2 = 48,92 \text{ b}$$

$$m_{V4}/S_3 = 53,45 \text{ a}$$

$$m_{V4}/S_4 = 52,40 \text{ a}$$

$$m_{V3}/S_3 = 51,22 \text{ a}$$

$$m_{V3}/S_4 = 49,78 \text{ a}$$

$$m_{V2}/S_3 = 43,33 \text{ ab}$$

$$m_{V2}/S_4 = 46,00 \text{ ab}$$

$$m_{V4}/S_3 = 35,45 \text{ b}$$

$$m_{V1}/S_4 = 37,80 \text{ b}$$

b) Comparação entre médias de tratamentos secundários, num mesmo tratamento principal;

Teste de Tukey

$$\Delta = q \sqrt{\frac{QMR_B}{J}}$$

$$q\alpha = f [ K; I (J- 1) (K - 1)]$$

GLRB

$$\Delta = 3,77 \sqrt{14,62/4} = 7,21$$

$$Q_{5\% (4, 51)} = 3,77$$

## Métodos de comparações múltiplas: B/A níveis.

$$m_{S2}/V_1 = 48,92 \text{ A}$$

$$m_{S1}/V_1 = 47,65 \text{ A}$$

$$m_{S4}/V_1 = 37,80 \text{ B}$$

$$m_{S3}/V_1 = 35,45 \text{ B}$$



$$m_{S1}/V_3 = 63,45 \text{ A}$$

$$m_{S2}/V_3 = 52,78 \text{ B}$$

$$m_{S3}/V_3 = 51,22 \text{ B}$$

$$m_{S4}/V_3 = 49,78 \text{ B}$$

$$m_{S2}/V_2 = 65,60 \text{ A}$$

$$m_{S1}/V_2 = 58,70 \text{ A}$$

$$m_{S4}/V_2 = 46,00 \text{ B}$$

$$m_{S3}/V_2 = 43,33 \text{ B}$$



$$m_{S1}/V_4 = 71,53 \text{ A}$$

$$m_{S2}/V_4 = 66,90 \text{ A}$$

$$m_{S3}/V_4 = 53,45 \text{ B}$$

$$m_{S4}/V_4 = 52,40 \text{ B}$$

**Tabela 1** - Valores médios do peso seco de plantas de Aveia em função de variedades e tratamentos de sementes em Viçosa - MG. UFV, 2008.

<b>Peso seco (g planta<sup>-1</sup>)</b>				
<b>Tratamento da semente</b>				
<b>Variedade</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>V1</b>	<b>47,65 c A</b>	<b>48,92 b A</b>	<b>35,45 b B</b>	<b>37,80 b B</b>
<b>V2</b>	<b>58,70 ab A</b>	<b>65,60 a A</b>	<b>43,33 ab B</b>	<b>46,00 ab B</b>
<b>V3</b>	<b>63,45 a A</b>	<b>52,78 b B</b>	<b>51,22 a B</b>	<b>49,78 a B</b>
<b>V4</b>	<b>71,53 a A</b>	<b>66,90 a A</b>	<b>53,45 a B</b>	<b>52,40 a B</b>
<p>Nas colunas, as médias seguidas pela mesma letra minúscula e nas linhas pela mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.</p>				

Muito

Obrigada!!!