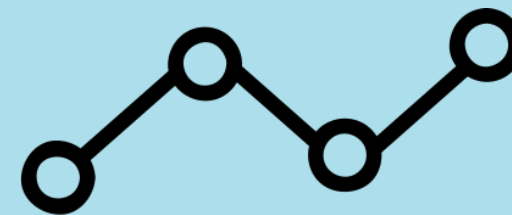


Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC  
Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais -  
DCAA



# Experimento em parcelas subdivididas e em faixas

CET076 - Metodologia e Estatística experimental  
Autores: João Vitor Lima e Jorge Luis Filho

Ilhéus – Junho 2023

# Sumário

- Introdução a parcelas subdivididas
- Quando utilizar
- Vantagens
- Desvantagens
- No espaço e no tempo
- Modelo matemático
- Tabulação de dados
- Experimento em faixas
- Introdução
- Vantagens e desvantagens

# Experimento em parcelas subdivididas



# Introdução

O termo parcela subdivididas surgiu na experimentação agrônômica onde o nível de um fator (ou tratamento) é aplicado a uma parcela relativamente grande de terra (whole plot) e todos os níveis de um segundo fator são aplicados as subparcelas (Split-plots) desta parcela maior.

Pode ser conduzido em qualquer tipo de delineamento: DIC, DBC, DQL.

Neste esquema são estudados dois, ou mais, tipos de fatores de maneira simultânea, que são conhecidos como:

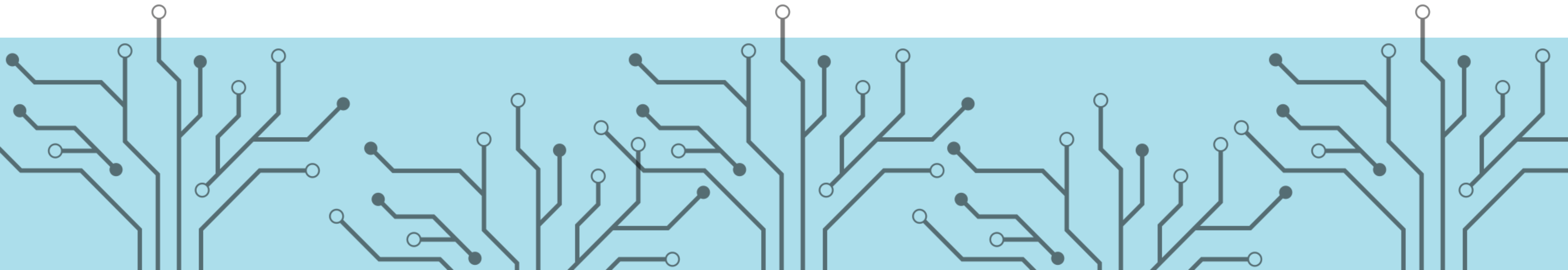
Fator primário (principal) – são os níveis do fator organizados nas parcelas de acordo com o delineamento utilizado.

Fator secundário – são os níveis do fator aleatorizado nas subparcelas de cada parcela.



# Introdução

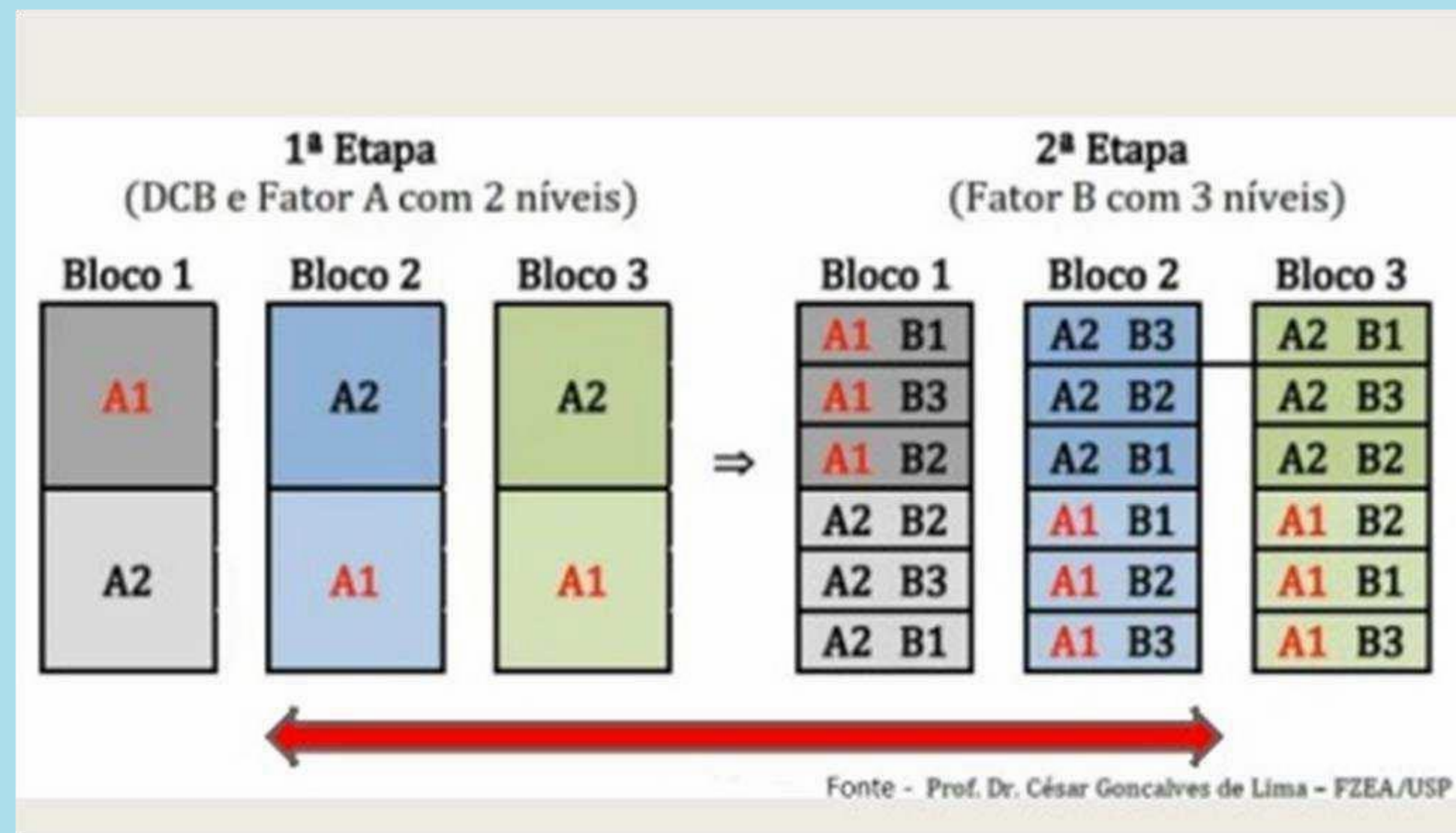
- Tem como principal diferença, em relação ao esquema fatorial, a realização de duas casualizações (na parcela e depois na subparcela).
- Normalmente possuem dois tipos de erros (resíduos), um referente as parcelas (resíduo A) e outro as subparcelas (resíduo B).
- Parcelas subdivididas: espaço x tempo.





# Exemplo

Experimento em parcelas subdivididas em 2 tratamentos primários (fator A) aplicado às parcelas de acordo com um delineamento casualizado em blocos (DBC) com 3 repetições e 3 tratamentos secundários (fator B) aplicado às subparcelas.



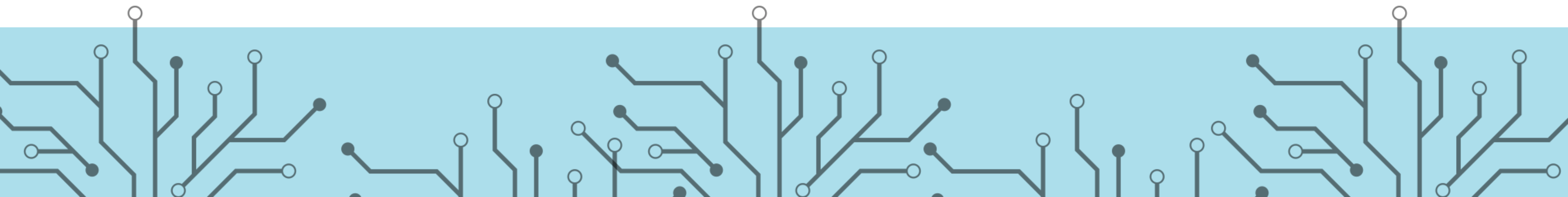
# Quando utilizar?

Seu uso pode ser motivado:

- Quando a natureza do experimento não viabiliza a instalação do esquema fatorial;
- Necessidade de um maior tamanho de parcela para um dos fatores;
- Em situações quando os níveis de um dos fatores torna difícil de ser alocado em várias parcelas pequenas. Exemplo: avaliação de 3 variedades de gramíneas sob 3 sistemas de irrigação;
- Quando se faz várias medições em um mesmo indivíduo;
- Quando um fator é adicionado para ampliar os objetivos das pesquisas.

# Vantagens

- Em comparação com experimentos fatoriais, experimentos em parcelas subdivididas são mais fáceis de instalar e/ou conduzir;
- Maior precisão na avaliação de tratamentos secundários.
- Estatisticamente os experimentos fatoriais são mais eficientes, sendo recomendado seu uso quando possível.





# Desvantagens

- Presença de dois ou mais resíduos tornam a análise mais complexa.
- Diferença de sensibilidade do teste F entre o fator que está alocado na parcela e o fator alocado na subparcela.
- Para diferentes comparações entre médias de tratamentos existem diferentes resíduos, o que torna a análise mais trabalhosa.

# P. subdivididas x Fatorial

## SEMELHANÇAS

Estudam as interações entre dois ou mais fatores.

Podem ser instalados em qualquer delineamento (DIC, DBC, DQL).

## DIFERENÇAS

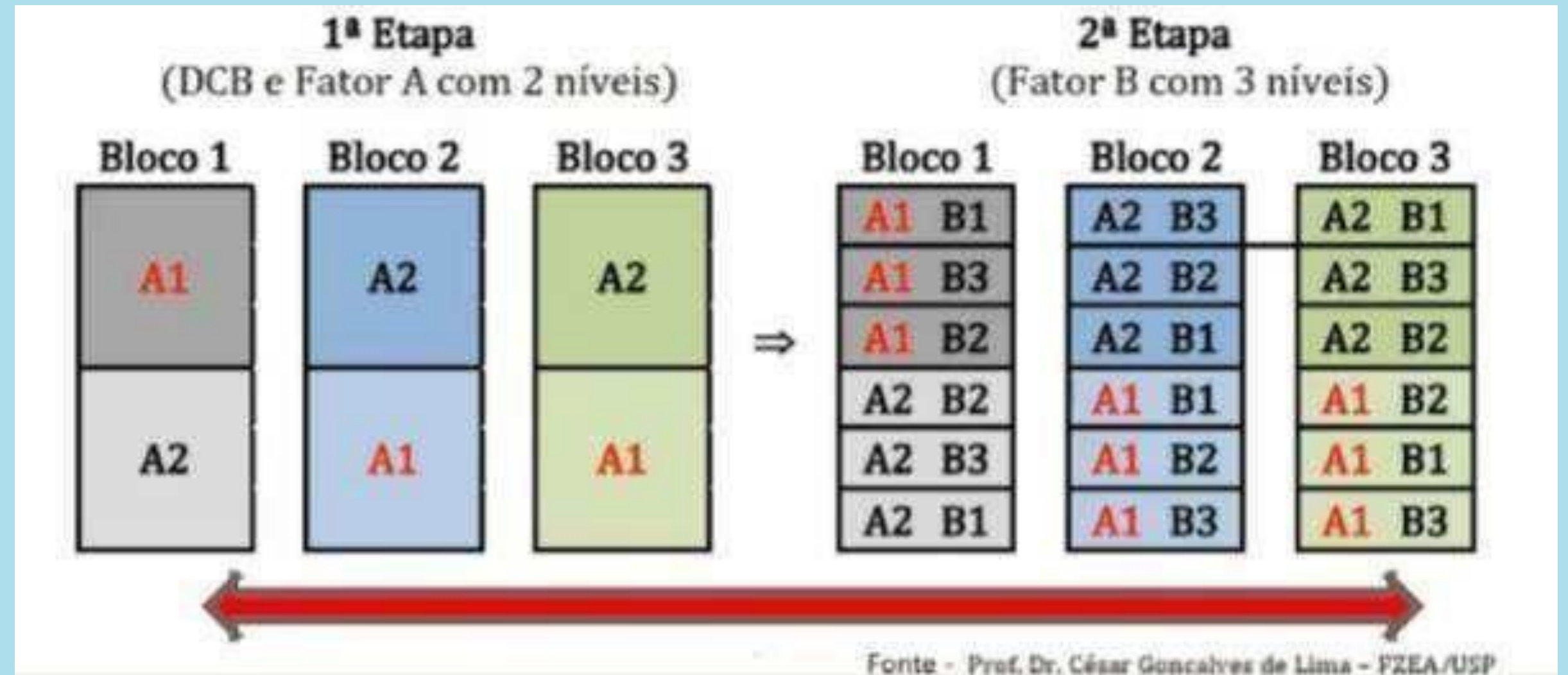
Nas subdivididas são feitas duas casualizações, sendo uma em nível de parcela e a outra em subparcelas.

Presença de 2 resíduos (A e B).

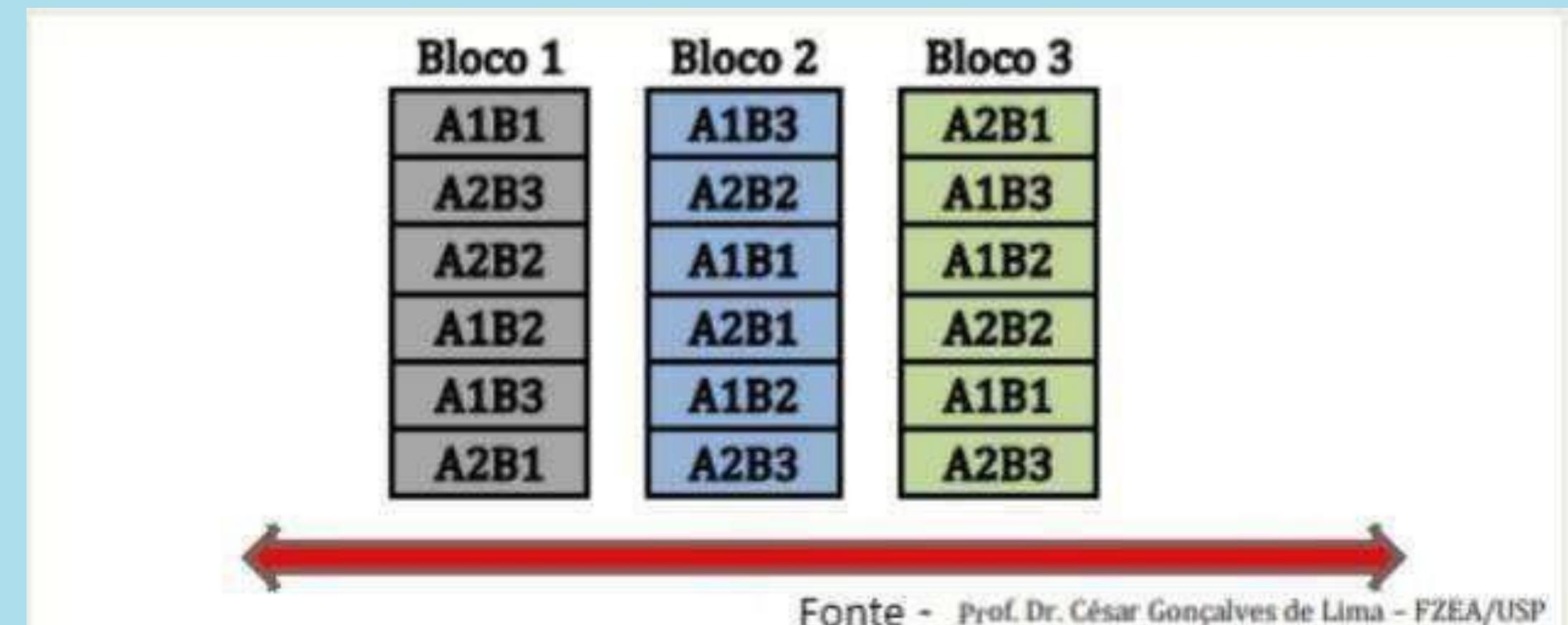
Precisão na avaliação das subparcelas.

Menor número de graus de liberdade para o resíduo.

# Parcelas subdivididas



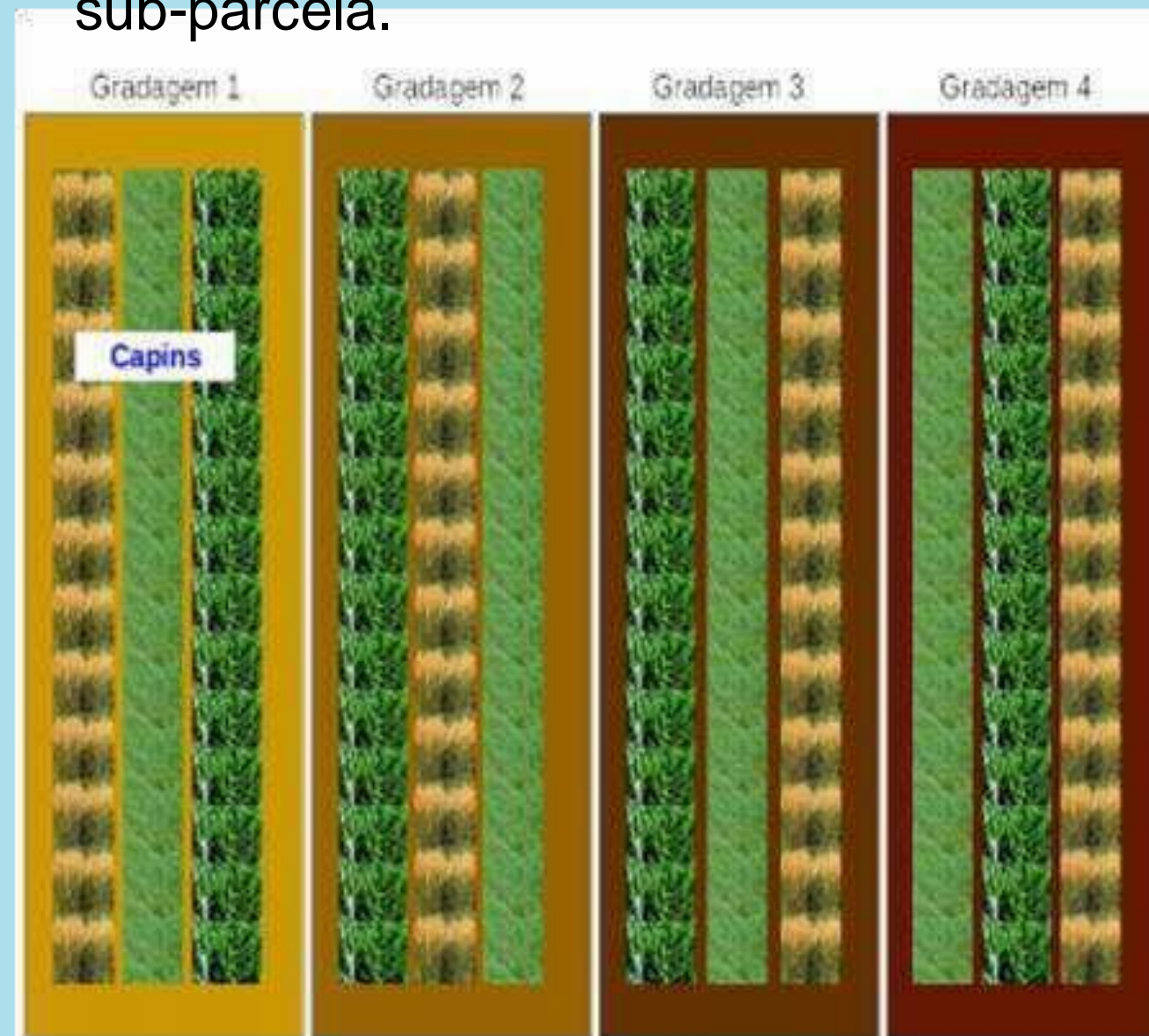
# Fatorial





# Parcelas subdivididas: espaço x tempo

- Em cada parcela há uma subdivisão de sua área em sub-áreas, constituindo, cada uma delas, uma sub-parcela.



- Neste caso as parcelas não se subdividem em sub-áreas, mas, periodicamente são tomados dados no tempo, constituindo estas tomadas as subparcelas.



# Estudos das interações

Efeito da interação entre níveis dos fatores.

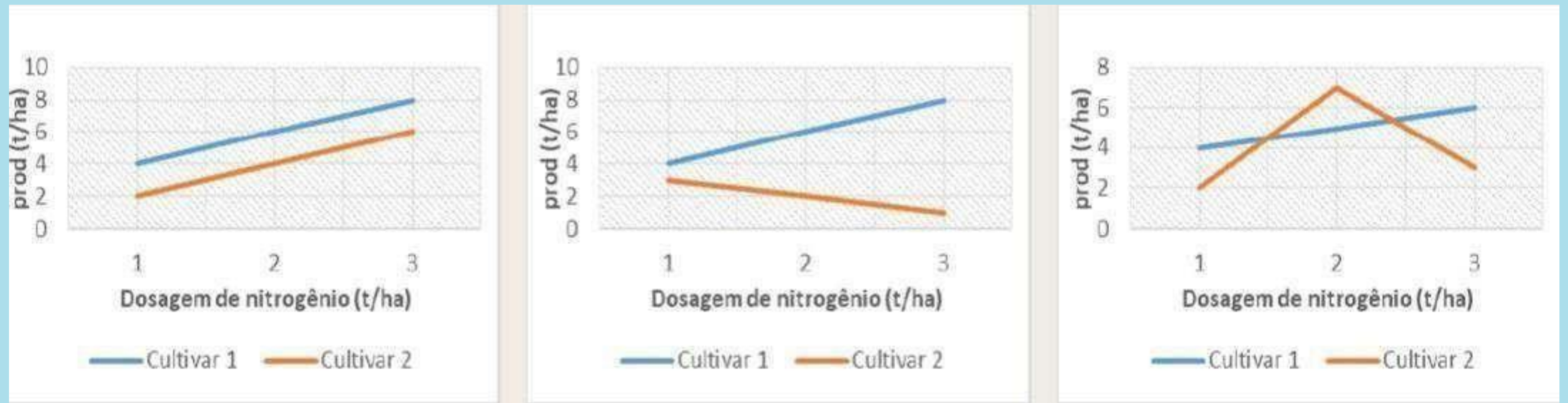
Classificação:

Efeito principal – quando o efeito de cada fator independe da influência dos outros fatores.

Efeito da interação – quando os efeitos dos níveis de um fator são modificados por níveis do outro fator.



# Ex: produtividade de cultivares de milho em função de adubação nitrogenada



Não há interação

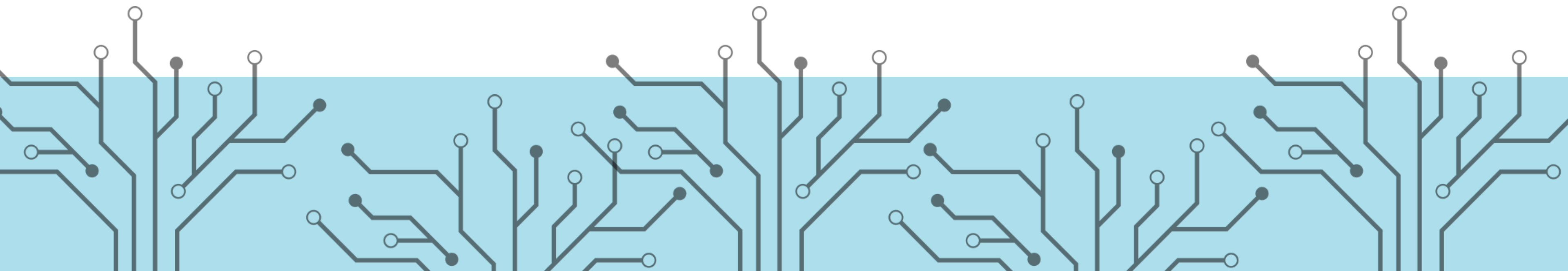
Interação

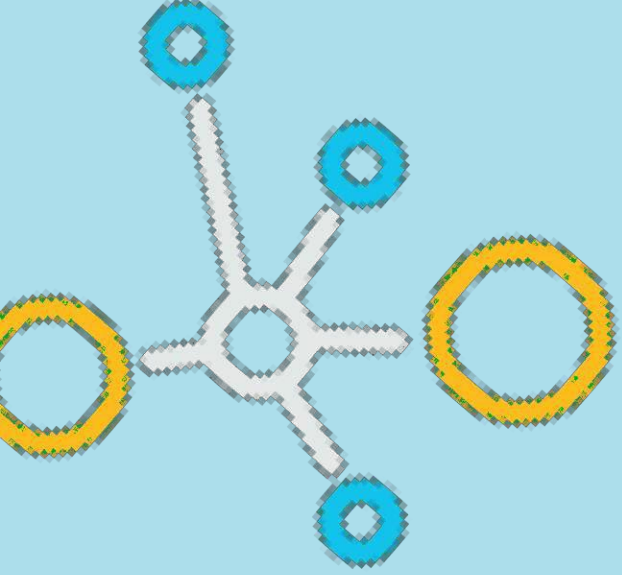
Interação



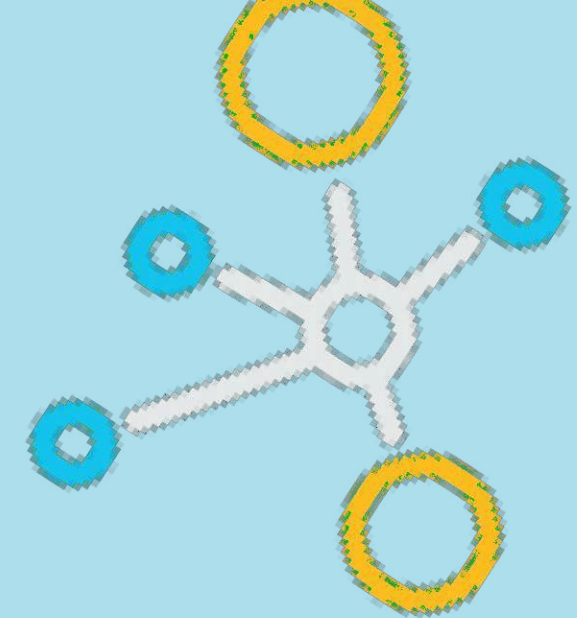
# Estudos das interações

- Quando não há significância do efeito da interação entendemos que os fatores em estudo atuam de forma independente, ou seja, a influência de um fator não depende do outro fator em estudo.
- Quando o efeito é significativo os fatores em estudo são dependentes um do outro, portanto, não podemos estudar os efeitos isoladamente.





# Modelo matemático



$$y_{ijk} = \mu + \beta_k + A_i + \gamma_{ik} + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

em que:

$y_{ijk}$  é a observação feita no  $k$ -ésimo bloco, no  $i$ -ésimo tratamento primário e  $j$ -ésimo tratamento secundário;

$\mu$  é uma constante comum a todas as observações;

$\beta_k$  é o efeito do  $k$ -ésimo bloco, para  $k = 1, \dots, r$ .

$A_i$  é o efeito do  $i$ -ésimo tratamento primário, para  $i = 1, \dots, a$ .

$\gamma_{ik}$  é o erro experimental associado às parcelas,  $\gamma_{ik} \sim N(0, \sigma_\gamma^2)$

$B_j$  é o efeito do  $j$ -ésimo tratamento secundário, para  $j = 1, \dots, b$ .

$(AB)_{ij}$  é o efeito da interação entre o  $i$ -ésimo tratamento primário e o  $j$ -ésimo tratamento secundário.

$\varepsilon_{ijk}$  é o erro experimental associado às subparcelas,  $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$

# Tabulação dos dados

Considere um experimento segundo um DIC em parcelas subdivididas, sendo I parcelas (fator A) e J subparcelas (fator B), com K repetições

A coleta de dados da pesquisa pode ser resumida, num quadro:

Repetição	A1				A2				...	AI			
	B1	B2	...	BJ	B1	B2	...	BJ		B1	B2	...	BJ
1	$Y_{111}$	$Y_{121}$	...	$Y_{1J1}$	$Y_{211}$	$Y_{221}$	...	$Y_{2J1}$	...	$Y_{I11}$	$Y_{I21}$	...	$Y_{IJ1}$
2	$Y_{112}$	$Y_{122}$	...	$Y_{1J2}$	$Y_{212}$	$Y_{222}$	...	$Y_{2J2}$	...	$Y_{I12}$	$Y_{I22}$	...	$Y_{IJ2}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
K	$Y_{11K}$	$Y_{12K}$	...	$Y_{1JK}$	$Y_{21K}$	$Y_{22K}$	...	$Y_{2JK}$	...	$Y_{I1K}$	$Y_{I2K}$	...	$Y_{IJK}$
Total	$Y_{11\bullet}$	$Y_{12\bullet}$	...	$Y_{1J\bullet}$	$Y_{21\bullet}$	$Y_{22\bullet}$	...	$Y_{2J\bullet}$	...	$Y_{I1\bullet}$	$Y_{I2\bullet}$	...	$Y_{IJ\bullet}$

**Parcelas:**  $Z = I \times K$  / **Subparcelas:**  $N = I \times J \times k$

**Total de parcelas:**  $P_z = \sum_{j=1}^J Y_{j\bullet}$



# Tabulação dos dados

Para facilitar o cálculo das somas de quadrados da análise de variância para experimentos em parcelas subdivididas, dois quadros auxiliares são elaborados:

Quadro da Parcela					
Fator A	Repetição				Totais de A
	1	2	...	K	
A1	$Y_{1.1}$	$Y_{1.2}$	...	$Y_{1.K}$	$A_1$
A2	$Y_{2.1}$	$Y_{2.2}$	...	$Y_{2.K}$	$A_2$
...	...	...	...	...	...
$A_I$	$Y_{I.1}$	$Y_{I.2}$	...	$Y_{I..}$	$A_I$

Quadro da Interação					
Fator A	Fator B				Totais de $A_i$
	1	2	...	J	
1	$(AB)_{11}$	$(AB)_{12}$	...	$(AB)_{1J}$	$A_1$
2	$(AB)_{21}$	$(AB)_{22}$	...	$(AB)_{2J}$	$A_2$
...	...	...	...	...	...
I	$(AB)_{I1}$	$(AB)_{I2}$	...	$(AB)_{IJ}$	$A_I$
Totais de $B_j$	$B_1$	$B_2$	...	$B_J$	G

# Análise de variância

Quadro da ANOVA para um DIC em parcelas subdivididas sendo I parcelas (Fator A) e J subparcelas (Fator B), com K repetições

FV	GL	SQ	QM	Fcalc
Fator A	$I - 1$	$SQ_A$	$SQ_A/GL_A$	$QM_A/QM_{RES(A)}$
Resíduo A	$I(K - 1)$	$SQ_{RES(A)}$	$SQ_{RES(A)}/GL_{RES(A)}$	-
Parcela	$IK - 1$	$SQ_{PARC}$	-	-
Fator B	$J - 1$	$SQ_B$	$SQ_B/GL_B$	$QM_B/QM_{RES(B)}$
$A \times B$	$(I - 1)(J - 1)$	$SQ_{A \times B}$	$SQ_{A \times B}/GL_{A \times B}$	$QM_{A \times B}/QM_{RES(B)}$
Resíduo B	$I(J - 1)(K - 1)$	$SQ_{RES(B)}$	$SQ_{RES(B)}/GL_{RES(B)}$	-
Total	$IJK - 1$	$SQ_{TOTAL}$	-	-

# Parcelas subdivididas: Anova

## ■ DIC

C. Variação	g.l.	
Fator A	$(a-1)$	<b>Parcelas</b>
Resíduo (a)	$a(r-1)$	
(Parcelas)	$(ar-1)$	
Fator B	$(b-1)$	<b>Subparcelas</b>
A×B	$(a-1)(b-1)$	
Resíduo (b)	$a(r-1)(b-1)$	
Subparcelas	$abr-1$	

## ■ DBC

C. de Variação	g.l.	
Blocos	$(r-1)$	<b>Parcelas</b>
Fator A	$(a-1)$	
Resíduo (a)	$(a-1)(r-1)$	
(Parcelas)	$(ar-1)$	
Fator B	$(b-1)$	<b>Subparcelas</b>
A×B	$(a-1)(b-1)$	
Resíduo (b)	$a(r-1)(b-1)$	
Subparcelas	$abr-1$	

## ■ DQL

C. de Variação	g.l.	
Linhas	$(a-1)$	<b>Parcelas</b>
Colunas	$(a-1)$	
Fator A	$(a-1)$	
Resíduo (a)	$(a-1)(a-2)$	
(Parcelas)	$(a^2-1)$	<b>Subparcelas</b>
Fator B	$(b-1)$	
A×B	$(a-1)(b-1)$	
Resíduo (b)	$a(a-1)(b-1)$	
Subparcelas	$a^2b-1$	



■ DIC

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	$F_{calc}$
A	$a - 1$	$SQ_A$	$\frac{SQ_A}{a-1}$	$\frac{QM_A}{QM_{Res(a)}}$
Resíduo(a)	$a(r - 1)$	$SQ_{Res(a)}$	$\frac{SQ_{Res(a)}}{a(r-1)}$	
(Parcelas)	$(ar - 1)$	$(SQ_{Parcelas})$		
B	$b - 1$	$SQ_B$	$\frac{SQ_B}{b-1}$	$\frac{QM_B}{QM_{Res(b)}}$
$A \times B$	$(a - 1)(b - 1)$	$SQ_{A \times B}$	$\frac{SQ_{A \times B}}{(a-1)(b-1)}$	$\frac{QM_{A \times B}}{QM_{Res(b)}}$
Resíduo(b)	$a(r - 1)(b - 1)$	$SQ_{Res(b)}$	$\frac{SQ_{Res(b)}}{a(r-1)(b-1)}$	
Total	$abr - 1$	$SQ_{Total}$		

■ DBC

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	$F_{calc}$
Blocos	$r - 1$	$SQ_{Blocos}$	$\frac{SQ_{Blocos}}{r-1}$	$\frac{QM_{Blocos}}{QM_{Res(a)}}$
A	$a - 1$	$SQ_A$	$\frac{SQ_A}{a-1}$	$\frac{QM_A}{QM_{Res(a)}}$
Resíduo(a)	$(a - 1)(r - 1)$	$SQ_{Res(a)}$	$\frac{SQ_{Res(a)}}{(a-1)(r-1)}$	
(Parcelas)	$(ar - 1)$	$(SQ_{Parcelas})$		
B	$b - 1$	$SQ_B$	$\frac{SQ_B}{b-1}$	$\frac{QM_B}{QM_{Res(b)}}$
$A \times B$	$(a - 1)(b - 1)$	$SQ_{A \times B}$	$\frac{SQ_{A \times B}}{(a-1)(b-1)}$	$\frac{QM_{A \times B}}{QM_{Res(b)}}$
Resíduo(b)	$a(r - 1)(b - 1)$	$SQ_{Res(b)}$	$\frac{SQ_{Res(b)}}{a(r-1)(b-1)}$	
Total	$abr - 1$	$SQ_{Total}$		

DQL				
C.V	G.L.	S.Q.	Q.M	F <sub>calc</sub>
Linhas	(a-1)	SQ <sub>L</sub>	$\frac{SQ_L}{(a-1)}$	$\frac{QM_L}{QM_{Res(a)}}$
Colunas	(a-1)	SQ <sub>C</sub>	$\frac{SQ_C}{(a-1)}$	$\frac{QM_C}{QM_{Res(a)}}$
Fator A	(a-1)	SQ <sub>A</sub>	$\frac{SQ_A}{(a-1)}$	$\frac{QM_A}{QM_{Res(a)}}$
Resíduo (a)	(a-1)(a-2)	SQ <sub>Res(a)</sub>	$\frac{SQ_{Res(a)}}{(a-1)(a-2)}$	
(Parcelas)	(a <sup>2</sup> -1)	(SQ <sub>Parcelas</sub> )	$\frac{(SQ_{Parcelas})}{(a^2-1)}$	
Fator B	(b-1)	SQ <sub>B</sub>	$\frac{SQ_B}{(b-1)}$	$\frac{QM_B}{QM_{Res(b)}}$
AXB	(a-1)(b-1)	SQ <sub>AXB</sub>	$\frac{SQ_{AXB}}{(a-1)(b-1)}$	$\frac{QM_{AXB}}{QM_{Res(b)}}$
Resíduo (b)	a(a-1)(b-1)	SQ <sub>Res(b)</sub>	$\frac{SQ_{Res(b)}}{a(a-1)(b-1)}$	
Subparcelas	a <sup>2</sup> b-1	(SQ <sub>Subparcelas</sub> )	$\frac{(SQ_{Subparcelas})}{a^2b-1}$	

# Análise de variância

- A aceitação de  $H_0$ , para interação significa que os fatores atuam independentemente. Nesse caso, é preciso estudar os fatores isoladamente.
- A rejeição de  $H_0$ , para interação significa que os fatores NÃO atuam independentemente. Nesse caso, não se deve estudar os fatores isoladamente.
- Nos fatores qualitativos, deve-se proceder a comparação dos níveis de um fator (teste de média) dentro de cada nível do outro fator.



# Teste de hipótese

- Primeiramente, nas parcelas subdivididas, costuma-se testar a significância entre os fatores. Em uma análise com dois fatores tem-se:

$H_0$  :  $(\tau\beta)_{ij} = 0$  para todo  $i, j$  -> não há interação entre os fatores

$H_1$  : Pelo menos um  $(\tau\beta)_{ij} \neq 0$  -> há interação entre os fatores

- Teste F para avaliar a interação entre fatores :  $F = QM(A \times B) / QMResiduo(b)$
- Caso a interação **seja** significativa recomenda-se realizar o desdobramento da interação

# Teste de hipótese

- Caso a interação **não seja** significativa testa-se os efeitos principais

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots \tau_a = 0$$

-> Não há diferença entre os tratamentos

$$H_1 : \text{Pelo menos um } \tau_i \neq 0$$

-> Há diferença entre os tratamentos

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots \beta_b = 0$$

$$H_1 : \text{Pelo menos um } \beta_j \neq 0$$

- Teste F para avaliar o efeito de cada fator:  $F = QM(A)/QMResiduo(A)$   
 $F = QM(B)/QMResiduo(B)$



# Análise de variância

1) Quando não há interação:

Fator A

$$\Delta = q \cdot \sqrt{\frac{QM_{RES(A)}}{JK}} \quad I, GL_{RES(A)}$$

$$D_i = z_i \cdot \sqrt{\frac{QM_{RES(A)}}{JK}} \quad n_i, GL_{RES(A)}$$

Fator B

$$\Delta = q \cdot \sqrt{\frac{QM_{RES(B)}}{IK}} \quad J, GL_{RES(B)}$$

$$D_i = z_i \cdot \sqrt{\frac{QM_{RES(B)}}{IK}} \quad n_i, GL_{RES(B)}$$

# Desdobramentos

- Com a hipótese  $H_0$  rejeitada, podemos dizer que a interação é significativa.
- Os efeitos dos fatores atuam de forma dependente, ou seja, o efeito de um fator depende do nível do outro fator.
- Não é recomendado realizar o teste F de maneira isolada quando a interação é significativa.
- Construção de nova tabela ANOVA.

➤ A/B

Análise de variância para o desdobramento do fator B dentro de cada nível A.

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	$F_{cal}$
A	$a - 1$	$SQ_A$	$QM_A = \frac{SQ_A}{a-1}$	$F_{calc} = \frac{QM_A}{QM_{Res(a)}}$
$B A_1$	$b - 1$	$SQ_{B A_1}$	$QM_{B A_1} = \frac{SQ_{B A_1}}{b-1}$	$F_{cal} = \frac{QM_{B A_1}}{QM_{Res(b)}}$
$B A_2$	$b - 1$	$SQ_{B A_2}$	$QM_{B A_2} = \frac{SQ_{B A_2}}{b-1}$	$F_{cal} = \frac{QM_{B A_2}}{QM_{Res(b)}}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$B A_j$	$b - 1$	$SQ_{B A_j}$	$QM_{B A_j} = \frac{SQ_{B A_j}}{b-1}$	$F_{cal} = \frac{QM_{B A_j}}{QM_{Res(b)}}$
Res(b)	$ab(n - 1)$	$SQ_{Res(b)}$	$QM_{Res(b)} = \frac{SQ_{Res(b)}}{ab(n-1)}$	-
Total	$SQ_{Total}$	$abn - 1$	-	-

➤ B/A

Análise de variância para o desdobramento do fator A dentro de cada nível B.

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	$F_{cal}$
B	$b - 1$	$SQ_B$	$QM_B = \frac{SQ_B}{b-1}$	$F_{calc} = \frac{QM_B}{QM_{Res(b)}}$
A B <sub>1</sub>	$a - 1$	$SQ_{A B_1}$	$QM_{A B_1} = \frac{SQ_{A B_1}}{a-1}$	$F_{cal} = \frac{QM_{A B_1}}{QM_{ResComb}}$
A B <sub>2</sub>	$a - 1$	$SQ_{A B_2}$	$QM_{A B_2} = \frac{SQ_{A B_2}}{a-1}$	$F_{cal} = \frac{QM_{A B_2}}{QM_{ResComb}}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A B <sub>j</sub>	$a - 1$	$SQ_{A B_j}$	$QM_{A B_j} = \frac{SQ_{A B_j}}{a-1}$	$F_{cal} = \frac{QM_{A B_j}}{QM_{ResComb}}$
ResComb	$n^*$	$SQ_{ResComb}$	$QM_{ResComb} = \frac{SQ_{ResComb}}{n^*}$	-
Total	$SQ_{Total}$	$abn - 1$	-	-



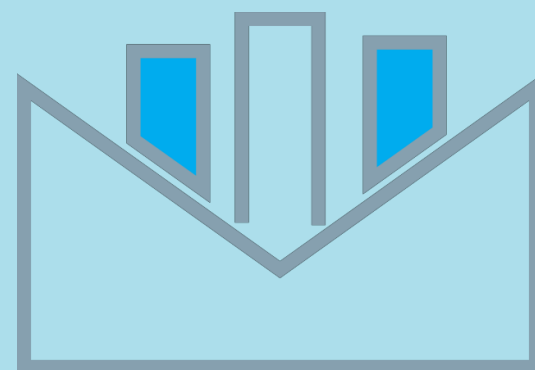
- O valor do QM do resíduo combinado é dado por

$$QM_{ResComb} = \frac{QM_{Res(a)} + (b - 1)QM_{Res(b)}}{b}$$

- O número de GL do resíduo combinado é obtido através da fórmula de Satterwhaite:

$$n^* = \frac{[QM_{Res(a)} + (b - 1)QM_{Res(b)}]^2}{\frac{[QM_{Res(a)}]^2}{GL_{Res(a)}} + \frac{[(b - 1)QM_{Res(b)}]^2}{GL_{Res(b)}}}$$

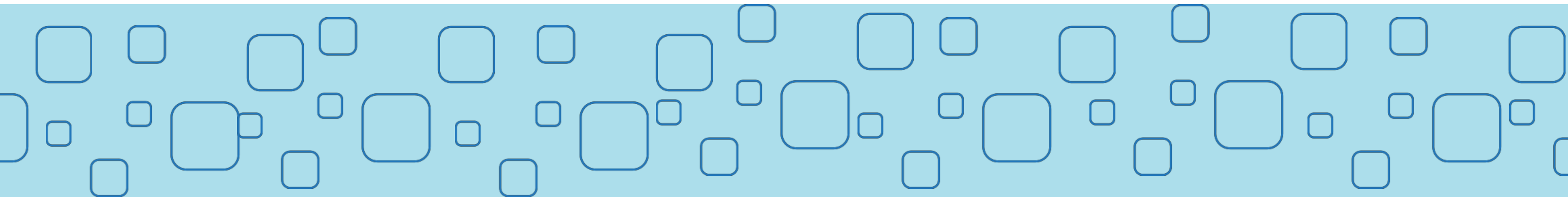
# Experimento em faixas





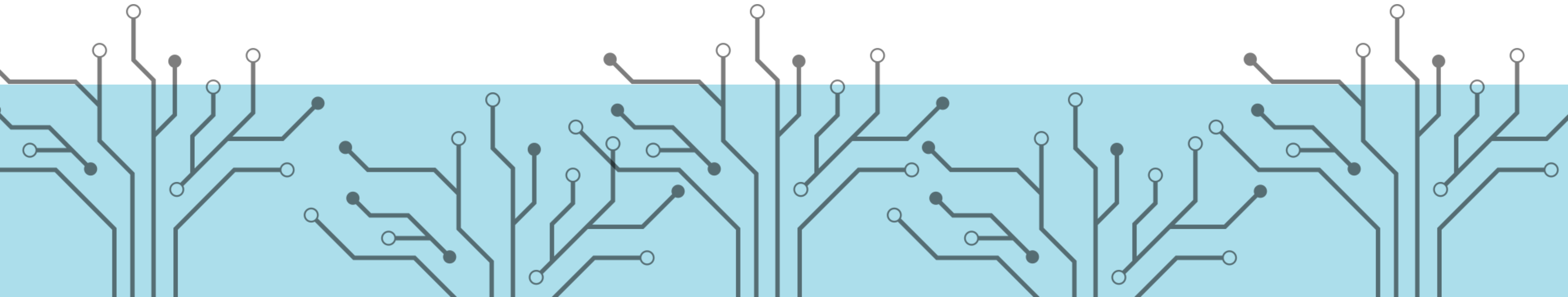
# Introdução

- Similar as parceladas subdivididas.
- É utilizada quando os métodos de experimentação não são viáveis para instalar um delineamento fatorial ou parcelas subdivididas.
- Também são estudados simultaneamente dois ou mais fatores.



Semelhanças: Permite a aplicação de fatores que não podem ser usados em parcelas pequenas, similar as parcelas subdivididas.

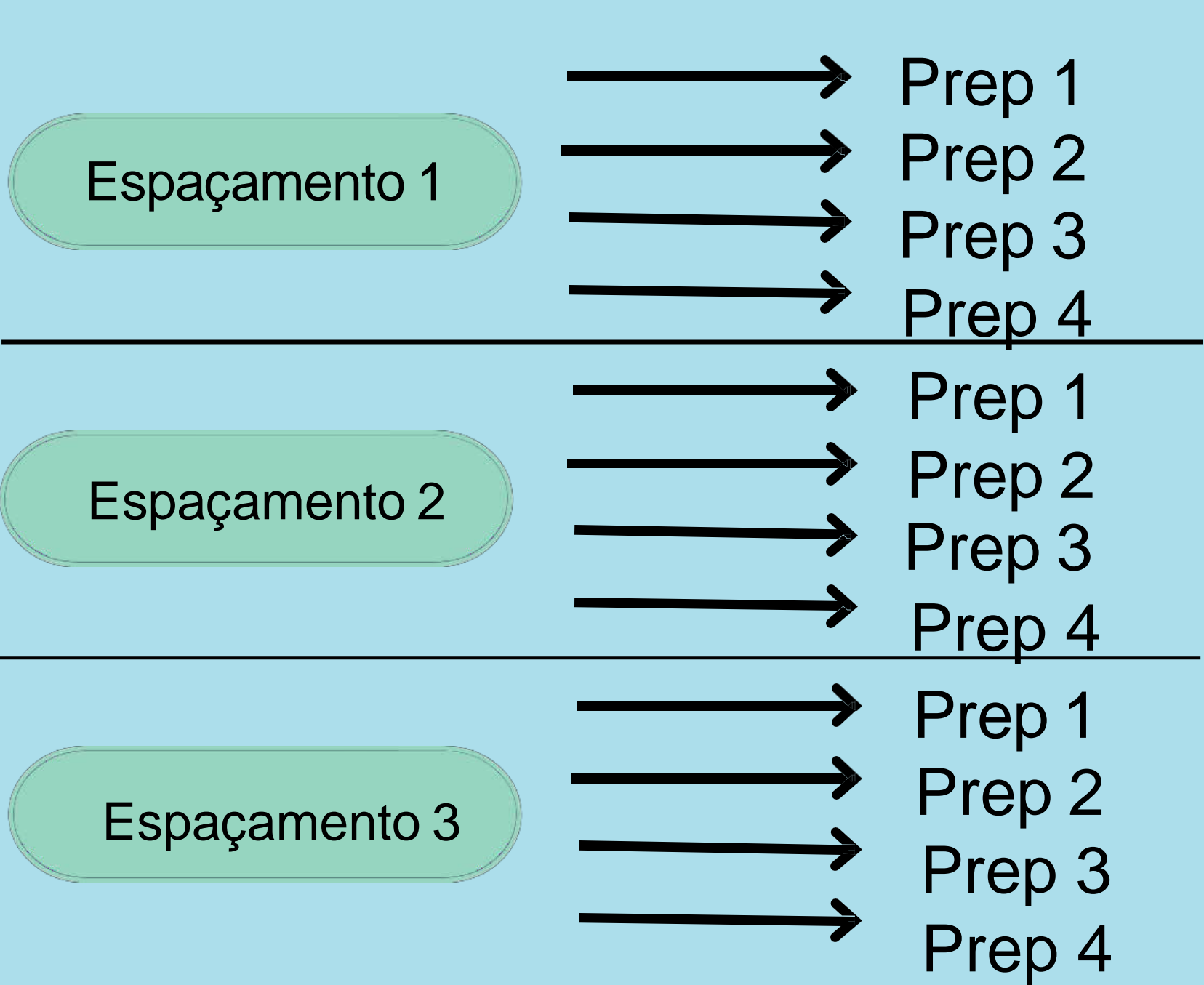
Diferenças: Restrição na casualização, presença de 3 erros residuais (A, B e C), menor precisão na avaliação de efeitos (teste de hipóteses), menor número de graus de liberdade associados aos resíduos.



# Experimento em faixas

Fator A  
(espaçamento)

Fator B  
(Preparo do solo)



Bloco 1		
Espaç 2	Espaç 1	Espaç 3
Prep 3		
Prep 4		
Prep 1		
Prep 2		

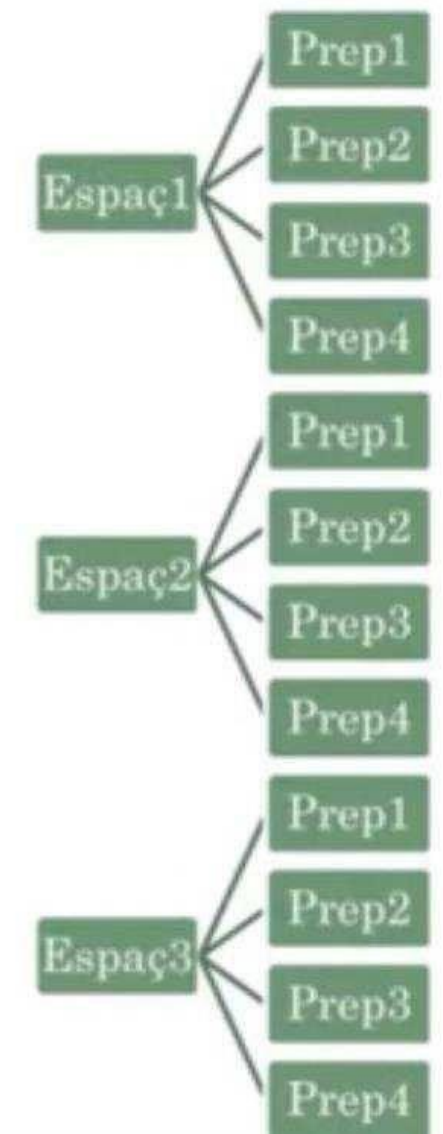
# Experimento em faixas

## EXPERIMENTOS EM FAIXAS

Esquema fatorial 3x3

Fator A  
(Espaçamento)

Fator B  
(Preparo de solo)



FA	FB	Bloco	y
1	1	1	93
1	2	1	92
1	3	1	61
1	4	1	77
2	1	1	94
2	2	1	84
2	3	1	78
2	4	1	72
3	1	1	101
3	2	1	118
3	3	1	77
3	4	1	90
1	1	2	102
1	2	2	93
1	3	2	70
1	4	2	86
2	1	2	97
2	2	2	104
2	3	2	78
2	4	2	83
3	1	2	114
3	2	2	114
3	3	2	91
3	4	2	94
1	1	3	105
1	2	3	101
1	3	3	76
1	4	3	86
2	1	3	94
2	2	3	104
2	3	3	82
2	4	3	89
3	1	3	120
3	2	3	127
3	3	3	87
3	4	3	94



# Experimento em faixas

FatorA	FatorB	Blocos		
		1	2	3
1	1	93	102	105
1	2	92	93	101
1	3	61	70	76
1	4	77	86	86
2	1	94	97	94
2	2	84	104	104
2	3	78	78	82
2	4	72	83	89
3	1	101	114	120
3	2	118	114	127
3	3	77	91	87
3	4	90	94	94

FV	GL	SQ	QM	F
Bloco	2			
A	2			
Residuo a	4			
B	3			
Residuo b	6			
A x B	6			
Residuo c	12			
Total	35			

# Experimento em faixas

FatorA	FatorB	Blocos		
		1	2	3
1	1	93	102	105
1	2	92	93	101
1	3	61	70	76
1	4	77	86	86
2	1	94	97	94
2	2	84	104	104
2	3	78	78	82
2	4	72	83	89
3	1	101	114	120
3	2	118	114	127
3	3	77	91	87
3	4	90	94	94
Soma		1037	1126	1165
		12	36	36
		Total 3328		

$$SQ_{Bloco} = \frac{1037^2 + 1126^2 + 1165^2}{12} - \frac{3328^2}{36}$$
  

$$SQ_{Blocos} = 717.4$$
  

FV	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	717.4		
A	2			
Residuo a	4			
B	3			
Residuo b	6			
A x B	6			
Residuo c	12			
Total	35			

# Experimento em faixas

FatorA	FatorB	Blocos			soma
		1	2	3	
1	1	93	102	105	300
1	2	92	93	101	286
1	3	61	70	76	207
1	4	77	86	86	249
2	1	94	97	94	285
2	2	84	104	104	292
2	3	78	78	82	238
2	4	72	83	89	244
3	1	101	114	120	335
3	2	118	114	127	359
3	3	77	91	87	255
3	4	90	94	94	278

Fator B	Fator A			soma
	1	2	3	
1	300	285	335	920
2	286	292	359	937
3	207	238	255	700
4	249	244	278	771
soma	1042	1059	1227	3328

$$SQ_A = \frac{1042^2 + 1059^2 + 1227^2}{12} - \frac{3328^2}{36}$$

FV	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	717.4		
A	2			
Residuo a	4			
B	3			
Residuo b	6			
A x B	6			
Residuo c	12			
Total	35			

# Experimento em faixas

FatorA	FatorB	Blocos			soma
		1	2	3	
1	1	93	102	105	300
1	2	92	93	101	286
1	3	61	70	76	207
1	4	77	86	86	249
2	1	94	97	94	285
2	2	84	104	104	292
2	3	78	78	82	238
2	4	72	83	89	244
3	1	101	114	120	335
3	2	118	114	127	359
3	3	77	91	87	255
3	4	90	94	94	278

Fator B	Fator A			soma
	1	2	3	
1	300	285	335	920
2	286	292	359	937
3	207	238	255	700
4	249	244	278	771
soma	1042	1059	1227	3328

$$SQ_B = \frac{920^2 + 937^2 + \dots + 771^2}{9} - \frac{3328^2}{36}$$

FV	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	717.4		
A	2	1742.7		
Residuo a	4			
B	3			
Residuo b	6			
A x B	6			
Residuo c	12			
Total	35			



# Experimento em faixas

FatorA	FatorB	Blocos			soma
		1	2	3	
1	1	93	102	105	300
1	2	92	93	101	286
1	3	61	70	76	207
1	4	77	86	86	249
2	1	94	97	94	285
2	2	84	104	104	292
2	3	78	78	82	238
2	4	72	83	89	244
3	1	101	114	120	335
3	2	118	114	127	359
3	3	77	91	87	255
3	4	90	94	94	278

Fator B	Fator A			soma
	1	2	3	
1	300	285	335	920
2	286	292	359	937
3	207	238	255	700
4	249	244	278	771
soma	1042	1059	1227	3328

$$SQ_{A \times B} = SQ_{Trat} - SQ_A - SQ_B$$

FV	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	717.4		
A	2	1742.7		
Residuo a	4			
B	3	4434.9		
Residuo b	6			
A x B	6			
Residuo c	12			
Total	35			

# Experimento em faixas

FatorA	FatorB	Blocos			soma
		1	2	3	
1	1	93	102	105	300
1	2	92	93	101	286
1	3	61	70	76	207
1	4	77	86	86	249
2	1	94	97	94	285
2	2	84	104	104	292
2	3	78	78	82	238
2	4	72	83	89	244
3	1	101	114	120	335
3	2	118	114	127	359
3	3	77	91	87	255
3	4	90	94	94	278

Fator B	Fator A			soma
	1	2	3	
1	300	285	335	920
2	286	292	359	937
3	207	238	255	700
4	249	244	278	771
soma	1042	1059	1227	3328

$$SQ_{A \times B} = SQ_{Trat} - SQ_A - SQ_B$$

$$SQ_{Trat} = \frac{300^2 + 285^2 + \dots + 278^2}{3} - \frac{3328^2}{36} = 6588.2$$

$$SQ_{A \times B} = SQ_{Trat} - SQ_A - SQ_B = 410.6$$

FV	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	717.4		
A	2	1742.7		
Residuo a	4			
B	3	4434.9		
Residuo b	6			
A x B	6	410.6		
Residuo c	12			
Total	35			

# Experimento em faixas

FatorA	FatorB	Blocos		
		1	2	3
1	1	93	102	105
1	2	92	93	101
1	3	61	70	76
1	4	77	86	86
2	1	94	97	94
2	2	84	104	104
2	3	78	78	82
2	4	72	83	89
3	1	101	114	120
3	2	118	114	127
3	3	77	91	87
3	4	90	94	94

Bloco	Fator A			soma
	1	2	3	
1	323	351	368	1042
2	328	362	369	1059
3	386	413	428	1227
soma	1037	1126	1165	3328

$$SQ_{A \times B} = SQ_{Trat} - SQ_A - SQ_B$$

$$SQ_{ResiduoA} = SQ_{A.Bloco} - SQ_A - SQ_{Bloco}$$

$$SQ_{A.Bloco} = \frac{323^2 + 351^2 + \dots + 428^2}{4} - \frac{3328^2}{36}$$

$$SQ_{ResiduoA} = SQ_{A.Bloco} - SQ_A - SQ_{Bloco} = 7.8$$

FV	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	717.4		
A	2	1742.7		
Residuo a	4	7.8		
B	3	4434.9		
Residuo b	6			
A x B	6	410.6		
Residuo c	12			
Total	35			



# Experimento em faixas

FatorA	FatorB	Blocos			Bloco	Fator B				soma
		1	2	3		1	2	3	4	
1	1	93	102	105	1	288	294	216	239	1037
1	2	92	93	101	2	313	311	239	263	1126
1	3	61	70	76	3	319	332	245	269	1165
1	4	77	86	86	soma	920	937	700	771	3328
2	1	94	97	94						
2	2	84	104	104						
2	3	78	78	82						
2	4	72	83	89						
3	1	101	114	120						
3	2	118	114	127						
3	3	77	91	87						
3	4	90	94	94						

$$SQ_{ResiduoB} = SQ_{B.Bloco} - SQ_B - SQ_{Bloco}$$

FV	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	717.4		
A	2	1742.7		
Residuo a	4	7.8		
B	3	4434.9		
Residuo b	6			
A x B	6	410.6		
Residuo c	12			
Total	35			



# Experimento em faixas

FatorA	FatorB	Blocos		
		1	2	3
1	1	93	102	105
1	2	92	93	101
1	3	61	70	76
1	4	77	86	86
2	1	94	97	94
2	2	84	104	104
2	3	78	78	82
2	4	72	83	89
3	1	101	114	120
3	2	118	114	127
3	3	77	91	87
3	4	90	94	94

Bloco	Fator B				soma
	1	2	3	4	
1	288	294	216	239	1037
2	313	311	239	263	1126
3	319	332	245	269	1165
soma	920	937	700	771	3328

$$SQ_{ResiduoB} = SQ_{B.Bloco} - SQ_B - SQ_{Bloco}$$

$$SQ_{B.Bloco} = \frac{288^2 + 294^2 + \dots + 269^2}{3} - \frac{3328^2}{36} = 5180.9$$

$$SQ_{ResiduoB} = SQ_{B.Bloco} - SQ_B - SQ_{Bloco} = 28.6$$

FV	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	717.4		
A	2	1742.7		
Residuo a	4	7.8		
B	3	4434.9		
Residuo b	6	28.6		
A x B	6	410.6		
Residuo c	12			
Total	35			

# Experimento em faixas

FatorA	FatorB	Blocos		
		1	2	3
1	1	93	102	105
1	2	92	93	101
1	3	61	70	76
1	4	77	86	86
2	1	94	97	94
2	2	84	104	104
2	3	78	78	82
2	4	72	83	89
3	1	101	114	120
3	2	118	114	127
3	3	77	91	87
3	4	90	94	94

$$SQ_{Total} = \frac{93^2 + 102^2 + \dots + 94^2}{1} - \frac{3328^2}{36}$$

$$SQ_{Total} = 7706.9$$

FV	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	717.4		
A	2	1742.7		
Residuo a	4	7.8		
B	3	4434.9		
Residuo b	6	28.6		
A x B	6	410.6		
Residuo c	12			
Total	35	7706.9		

# Experimento em faixas

FatorA	FatorB	Blocos		
		1	2	3
1	1	93	102	105
1	2	92	93	101
1	3	61	70	76
1	4	77	86	86
2	1	94	97	94
2	2	84	104	104
2	3	78	78	82
2	4	72	83	89
3	1	101	114	120
3	2	118	114	127
3	3	77	91	87
3	4	90	94	94

$$SQ_{Total} = \frac{93^2 + 102^2 + \dots + 94^2}{1} - \frac{3328^2}{36}$$

$$SQ_{Total} = 7706.9$$

$$SQ_{Residuo\_C} = SQ_{Total} - SQ_{Bloco} - SQ_A - SQ_{Residuo\_A} - SQ_B - SQ_{Residuo\_B} - SQ_{A \times B}$$

FV	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	717.4	358.7	
A	2	1742.7	871.4	
Residuo a	4	7.8	1.94	
B	3	4434.9	1478.3	
Residuo b	6	28.6	4.8	
A x B	6	410.6	68.4	
Residuo c	12	364.9	30.4	
Total	35	7706.9		

# Experimento em faixas

FatorA	FatorB	Blocos		
		1	2	3
1	1	93	102	105
1	2	92	93	101
1	3	61	70	76
1	4	77	86	86
2	1	94	97	94
2	2	84	104	104
2	3	78	78	82
2	4	72	83	89
3	1	101	114	120
3	2	118	114	127
3	3	77	91	87
3	4	90	94	94

$$SQ_{Total} = \frac{93^2 + 102^2 + \dots + 94^2}{1} - \frac{3328^2}{36}$$

$$SQ_{Total} = 7706.9$$

$$SQ_{Residuo\_C} = SQ_{Total} - SQ_{Bloco} - SQ_A - SQ_{Residuo\_A} - SQ_B - SQ_{Residuo\_B} - SQ_{A \times B}$$

FV	GL	SQ	QM	F
Bloco	2	717.4	358.7	—
A	2	1742.7	871.4	449.2
Residuo a	4	7.8	1.94	—
B	3	4434.9	1478.3	309.9
Residuo b	6	28.6	4.8	—
A x B	6	410.6	68.4	2.3
Residuo c	12	364.9	30.4	
Total	35	7706.9		



# Experimento em faixas

## Modelo matemático

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + b_j + (\alpha b)_{ij} + S_k + (Sb)_{kj} + (\alpha S)_{ik} + e_{ijk}$$

em DBC

$Y_{ijk}$  = valor observado do  $i$ -ésimo nível do tratamento (A), no  $k$ -ésimo nível do tratamento (B), no  $j$ -ésimo bloco;

$\mu$  = média geral;

$\alpha_i$  = efeito do  $i$ -ésimo nível do tratamento (A);

$b_j$  = efeito aleatório do  $j$ -ésimo bloco;

$(\alpha b)_{ij}$  = efeito aleatório da interação do  $i$ -ésimo nível do tratamento (A) com o  $j$ -ésimo bloco;

$S_k$  = efeito do  $k$ -ésimo nível do tratamento (B);

$(Sb)_{kj}$  = efeito aleatório da interação do  $k$ -ésimo nível do tratamento (B) com o  $j$ -ésimo bloco;

$(\alpha S)_{ik}$  = efeito da interação do  $i$ -ésimo nível do tratamento (A) com o  $k$ -ésimo nível do tratamento (B);

$e_{ijk}$  = efeito aleatório da interação do  $i$ -ésimo nível do tratamento (A), com o  $k$ -ésimo nível do tratamento (B), no  $j$ -ésimo bloco.

# Experimento em faixas

## Anova

em DBC

F. V.	GL	$SQ^U$	QM	F
Blocos (R)	$r-1$	$SQ_2$	$Q_1$	$Q_1/Q_3$
Fator A	$a-1$	$SQ_A$	$Q_2$	$Q_2/Q_3$
Erro a (A x R)	$(a-1)(r-1)$	$SQ_{aR}$	$Q_3$	--
Fator B	$b-1$	$SQ_B$	$Q_4$	$Q_4/Q_3$
Erro b (R x B)	$(b-1)(r-1)$	$SQ_{bR}$	$Q_5$	--
Int. A x B	$(a-1)(b-1)$	$SQ_{aB}$	$Q_6$	$Q_6/Q_3$
Erro c (A x B x R)	$(a-1)(b-1)(r-1)$	$SQ_{aBc}$	$Q_7$	--
Total	$abr-1$	$SQ_{Total}$	--	--

# Experimento em faixas

FV	GL	SQ	QM	F	F <sub>tab</sub> ( $\alpha=0.05$ )
Bloco	2	717.4	358.7	—	—
A	2	1742.7	871.4	449.2	6.94
Residuo a	4	7.8	1.94	—	—
B	3	4434.9	1478.3	309.9	4.76
Residuo b	6	28.6	4.8	—	—
A x B	6	410.6	68.4	2.3	3.00
Residuo c	12	364.9	30.4	—	—
Total	35	7706.9			

$t_c$

## Testes de hipóteses:

Ho: Não há diferença entre os níveis do fator A

Ha: Pelo menos um nível do fator A se difere dos demais

Ho: Não há diferença entre os níveis do fator B

Ha: Pelo menos um nível do fator B se difere dos demais

Ho: Não há interação significativa entre os níveis do fator A e o fator B

Ha: Há interação significativa entre os níveis do fator A e o fator B



# Experimento em faixas

FatorA	FatorB	Blocos		
		1	2	3
1	1	93	102	105
1	2	92	93	101
1	3	61	70	76
1	4	77	86	86
2	1	94	97	94
2	2	84	104	104
2	3	78	78	82
2	4	72	83	89
3	1	101	114	120
3	2	118	114	127
3	3	77	91	87
3	4	90	94	94

Fator B	Fator A			soma
	1	2	3	
1	300	285	335	920
2	286	292	359	937
3	207	238	255	700
4	249	244	278	771
soma	1042	1059	1227	3328

12

Fator A	Media
A3	102.3
A2	88.3
A1	86.8

FV	GL	SQ	QM	F	Ftab <sub>(α=0.05)</sub>
Bloco	2	717.4	358.7	—	—
A	2	1742.7	871.4	449.2	6.94
Residuo a	4	7.8	1.94	—	—
B	3	4434.9	1478.3	309.9	4.76
Residuo b	6	28.6	4.8	—	—
A x B	6	410.6	68.4	2.3	3.00
Residuo c	12	364.9	30.4	—	—
Total	35	7706.9	—	—	—

Fator A	Media
A3	102.3
A2	88.3
A1	86.8

$$DMS_{tukey} = q(\alpha, NumMédias, glres) \sqrt{\frac{QMRes}{n^{rep}}}$$

$$DMS_{tukey} = q(\alpha = 0.05, NumMédias = 3, glres = 4) \sqrt{\frac{1.94}{12}} = 2.03$$

$$DMS_{tukey} = q(\alpha = 0.05, NumMédias = 4, glres = 6) \sqrt{\frac{4.8}{9}} = 3.6$$

Fator A	Media
A3	102.3 a
A2	88.3 b
A1	86.8 b

FatorB	Medias
A2	104.1 a
A1	102.2 a
A4	85.7 b
A3	77.8 c

FV	GL	SQ	QM	F	Ftab <sub>(α=0.05)</sub>
Bloco	2	717.4	358.7	—	—
A	2	1742.7	871.4	449.2	6.94
Residuo a	4	7.8	1.94	—	—
B	3	4434.9	1478.3	309.9	4.76
Residuo b	6	28.6	4.8	—	—
A x B	6	410.6	68.4	2.3	3.00
Residuo c	12	364.9	30.4	—	—
Total	35	7706.9	—	—	—



# Experimento em faixas

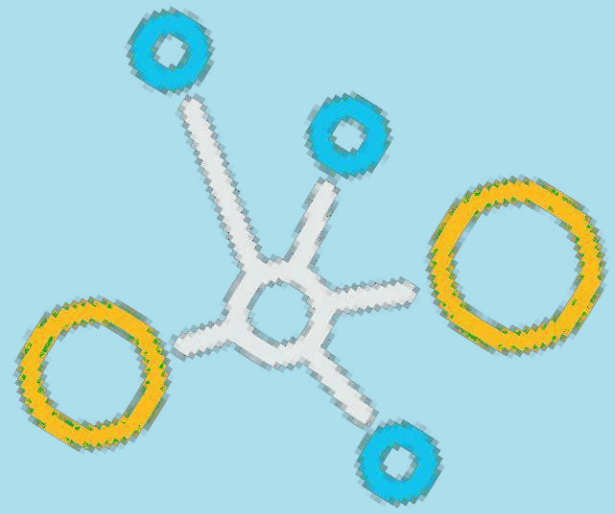
Caso a interação seja significativa:

FV	FV	SQ	QM	F	Fcalc
A/B1					
A/B2					
A/B3					
A/B4					
Resíduo combinado (a,c)					

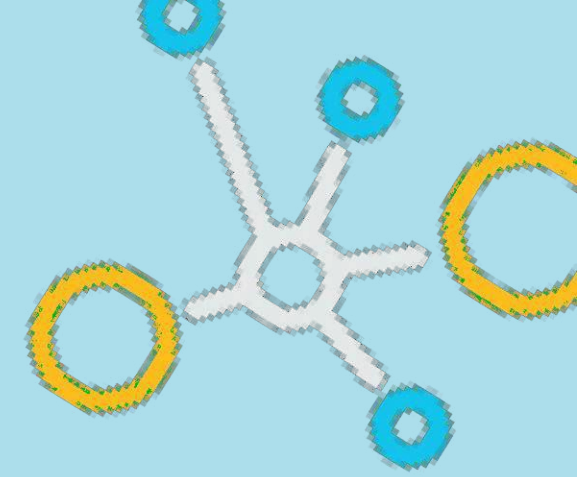
Fator B	Fator A			soma
	1	2	3	
1	300	285	335	920
2	286	292	359	937
3	207	238	255	700
4	249	244	278	771
soma	1042	1059	1227	3328

$$QMres_{\text{médio}(a,c)} = \frac{QMres_a + (b-1)QMres_c}{b}$$
$$n' = \frac{[QMres_a + (b-1)QMres_c]^2}{\frac{QMres_a^2}{GLres_a} + \frac{[(b-1)QMres_c]^2}{GLres_c}}$$

FV	FV	SQ	QM	F
A/B1	2	438.9	219.4	9.4
A/B2	2	1094.9	547.4	23.5
A/B3	2	394.9	197.4	8.5
A/B4	2	224.7	112.3	4.8
Residuo combinado (a,b)	12.50	291.1	23.3	



# Experimento em faixas



Fatorial x Subdividida x Faixas

Fatorial

E1P2
E2P3
E1P3
E1P1
E2P1
E2P2

Subdividida

E1P3
E1P1
E1P2
E2P2
E2P1
E2P3

Faixas

E2P2	E1P2
E2P1	E1P1
E2P3	E1P3

# Experimento em faixas

## Comparação com fatorial e parcela subdividida

Quadro da análise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	2	717.4	358.69	19.665	0.0000127
F1	2	1742.7	871.36	47.772	0.0000000
F2	3	4434.9	1478.30	81.047	0.0000000
F1*F2	6	410.6	68.44	3.752	0.0100804
Resíduo	22	401.3	18.24		
Total	35	7706.9			

\$Quadro da análise de variancia\n

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
F1	2	1742.7	871.36	448.13	2e-05 ***
Bloco	2	717.4	358.69	184.47	0.000115 ***
Erro a	4	7.8	1.94		
F2	3	4434.9	1478.30	67.62	< 2.2e-16 ***
F1*F2	6	410.6	68.44	3.13	0.027890 *
Erro b	18	393.5	21.86		
Total	35	7706.9			

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

\$Quadro da análise de variancia\n

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
Bloco	2	717.4	358.69	-15.14	1.0000
F1	2	1742.7	871.36	448.13	2e-05 ***
Erro a	4	7.8	1.94		
F2	3	4434.9	1478.30	310.01	1e-06 ***
Erro b	6	28.6	4.77		
F1*F2	6	410.6	68.44	2.25	0.1092
Erro c	12	364.9	30.41		
Total	35	7706.9			

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

## Comparação com fatorial e parcela subdividida

Quadro da análise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	2	717.4	358.69	19.665	0.0000127
F1	2	1742.7	871.36	47.772	0.0000000
F2	3	4434.9	1478.30	81.047	0.0000000
F1*F2	6	410.6	68.44	3.752	0.0100804
Resíduo	22	401.3	18.24		
Total	35	7706.9			

\$Quadro da análise de variancia\n

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
F1	2	1742.7	871.36	448.13	2e-05 ***
Bloco	2	717.4	358.69	184.47	0.000115 ***
Erro a	4	7.8	1.94		
F2	3	4434.9	1478.30	67.62	< 2.2e-16 ***
F1*F2	6	410.6	68.44	3.13	0.027890 *
Erro b	18	393.5	21.86		
Total	35	7706.9			

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

\$Quadro da análise de variancia\n

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
Bloco	2	717.4	358.69	-15.14	1.0000
F1	2	1742.7	871.36	448.13	2e-05 ***
Erro a	4	7.8	1.94		
F2	3	4434.9	1478.30	310.01	1e-06 ***
Erro b	6	28.6	4.77		
F1*F2	6	410.6	68.44	2.25	0.1092
Erro c	12	364.9	30.41		
Total	35	7706.9			

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



The top corners of the image feature decorative molecular structures. Each structure consists of a central white node with three branches extending outwards. Two of the branches end in small blue circles, while the third branch ends in a larger yellow circle. The background is a solid light blue color.

**MUITO  
OBRIGADO!**

The bottom of the image features a decorative pattern of circuit board traces. These are represented by thin, dark grey lines that branch out and connect to small white circles, resembling a network or a microchip layout.