



7ª Aula Prática – LCE 602 – ESTATÍSTICA EXPERIMENTAL – 2015 DELINEAMENTO EM QUADRADO LATINO

Num experimento de competição de variedades de cana-de-açúcar foram usadas 5 variedades: A=Co290; B=Co421; C=Co419; D=POJ2878 e E=CP36-13, dispostas em um quadrado latino 5x5. O controle feito por meio de blocos horizontais (linhas) e blocos verticais (colunas) com o objetivo de eliminar influências devidas a diferenças de fertilidade em duas direções. O esquema, ou croqui, do experimento e respectivas produções, em kg/parcela, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Produções de cana-de-açúcar, em kg/parcela, segundo a variedade, entre parênteses, a linha e a coluna do quadrado latino

Linha	Coluna				
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
1ª	432 (D)	518 (A)	458 (B)	583 (C)	331 (E)
2ª	724 (C)	478 (E)	524 (A)	550 (B)	400 (D)
3ª	489 (E)	384 (B)	556 (C)	297 (D)	420 (A)
4ª	494 (B)	500 (D)	313 (E)	486 (A)	501 (C)
5ª	515 (A)	660 (C)	438 (D)	394 (E)	318 (B)

Fonte: Pimentel-Gomes (2000)

AULA NO R

```
#####
# Quadrado Latino #
#####
rm(list=ls(all=TRUE))
## Planejamento
#####
# Sorteio das linhas
sample(1:5,5)
# Sorteio das colunas
sample(1:5,5)
# Entrada dos dados e ajuste do modelo
#####
dados = read.csv2("canal.csv"); dados
dados$linha =as.factor(dados$linha)
dados$coluna=as.factor(dados$coluna)
dados$trat =as.factor(dados$trat)
summary(dados)
attach(dados)
modelo = aov(prod ~ linha + coluna + trat)
# Verificando as pressuposições
# Análise gráfica dos resíduos
#####
# Resíduos Studentizados
res_stud=rstandard(modelo); res_stud
# Box plot dos resíduos Studentizados
boxplot(res_stud,ylab="Resíduos
Studentizados")
# Gráfico Quantil-quantil
qqnorm(res_stud,pch=19,cex=0.7,
xlab="Quantis da distribuição normal",
ylab="Resíduos Studentizados",main="");
abline(0,1,col=2)
# Gráfico dos resíduos Studentizados vs
Tratamentos
library(lattice)
dotplot(res_stud ~ trat,xlab="Tratamentos",
ylab="Resíduos Studentizados",col="black")
# Gráfico dos resíduos Studentizados vs
# valores preditos
plot(res_stud ~ fitted(modelo),
pch=19,cex=0.7, xlab="Valores preditos",
ylab="Resíduos Studentizados")
abline(h=0)
# Verificando as pressuposições
# Testes estatísticos
#####
# Teste de normalidade de Shapiro-Wilk dos
resíduos
shapiro.test(res_stud)
# Teste de homogeneidade de variâncias de
Breusch-Pagan
library(lmtest)
bptest(prod ~ linha + coluna + trat,
data=dados)
# Teste para necessidade de transformação
# de Box-Cox
library(MASS)
boxcox(prod ~ linha + coluna + trat,
data=dados)
# Análise de variância
#####
anova(modelo)
# Teste de Tukey
#####
library(ExpDes.pt)
dql(trat, linha, coluna, prod, quali =
TRUE,
mcomp = "tukey", sigT = 0.05, sigF = 0.05)
```

AULA NO SAS

```
TITLE 'Planejamento do Experimento -
Quadrados Latinos';
PROC PLAN seed=456;
FACTORS linha=5 ORDERED coluna=5 ORDERED /
NOPRINT;
TREATMENTS trat=5 CYCLIC;
OUTPUT OUT=DQL
linha cvals=('L1' 'L2' 'L3' 'L4' 'L5')
RANDOM
coluna cvals=('P1' 'P2' 'P3' 'P4' 'P5')
RANDOM
trat nvals=(1 2 3 4 5) RANDOM; QUIT;
```

```

PROC TABULATE;
CLASS linha coluna;
VAR trat;
TABLE linha, coluna*(trat*f=6.)/rts=8;
RUN;
QUIT;
TITLE 'DQL - Análise';
DATA aula6;
INPUT linha coluna trat$ prod @@;
DATALINES;
1 1 D 432 2 1 C 724
1 2 A 518 2 2 E 478
1 3 B 458 2 3 A 524
1 4 C 583 2 4 B 550
1 5 E 331 2 5 D 400
3 1 E 489 4 1 B 494
3 2 B 384 4 2 D 500
3 3 C 556 4 3 E 313
3 4 D 297 4 4 A 486
3 5 A 420 4 5 C 501
5 1 A 515
5 2 C 660
5 3 D 438
5 4 E 394
5 5 B 318
;
PROC SORT DATA=aula6; BY trat; RUN;
TITLE 'Análise de variância e obtenção dos
resíduos';
PROC GLM DATA=aula6;
CLASS linha coluna trat;
MODEL prod=linha coluna trat/SS3;

OUTPUT OUT=residuos PREDICTED=y_est
RESIDUAL=res_ord STUDENT=res_Stud;
RUN;
TITLE 'Análise exploratória dos resíduos';
PROC PRINT DATA=residuos; RUN;
PROC PLOT DATA=residuos;
PLOT res_Stud*trat=""/vpos=20;
RUN;
PROC PLOT DATA=residuos;
PLOT res_Stud*y_est=""/vpos=20;
RUN;
TITLE 'Verificação da Normalidade dos
resíduos
Normal-plot e Teste de Shapiro-Wilk';
PROC UNIVARIATE DATA=residuos PLOT NORMAL;
VAR res_Stud; qqplot;
RUN;
TITLE 'Transformação de Box-Cox';
PROC TRANSREG DATA=aula6 plots(UNPACK);
MODEL BOXCOX(prod/CONVENIENT LAMBDA=-2to 2
BY 0.05) = CLASS(trat linha coluna);
ods select BoxCoxLogLikePlot;
RUN;
TITLE 'Teste de Tukey e Testes F e t para
contrastos';
PROC GLM DATA=aula6;
CLASS linha coluna trat;
MODEL prod = linha coluna trat/SS3;
* Teste de Tukey;
MEANS trat/TUKEY;
MEANS trat/TUKEY ALPHA=0.01;
RUN;

```

Exercício para entregar

Os dados que se seguem referem-se à produção de mandioca, obtidos de um experimento envolvendo quatro sistemas de plantio de manivas de mandioca, instalado no delineamento em quadrado latino 4x4. Esse experimento foi conduzido pela Seção de Raízes e Tubérculos do Instituto Agronômico de Campinas. Os tratamentos envolvidos apresentavam as seguintes características:

- A – Manivas com 0,30 metros, plantadas pelo sistema comum;
- B – Manivas com 0,30 metros, plantadas com 0,15 metros enterradas e inclinadas;
- C – Manivas com 0,30 metros, plantadas com 0,15 metros enterradas, inclinadas e em camaleão;
- D – Manivas com 0,30 metros, plantadas na horizontal na superfície do camaleão.

Tabela 1: Produções de mandioca, em kg ha⁻¹, segundo o sistema de plantio, entre parênteses, a linha e a coluna do quadrado latino

Linhas	Colunas			
	1	2	3	4
1	122,6 (A)	98,8 (D)	122,6 (B)	102,5 (C)
2	126,3 (B)	110,3 (A)	110,1 (C)	53,7 (D)
3	83,1 (D)	106,4 (C)	100,6 (A)	93,4 (B)
4	96,7 (C)	107,2 (B)	75,7 (D)	80,2 (A)

Fonte: Nogueira (2007)

1. Faça o croqui do planejamento de um experimento com as características do experimento em questão.
2. Com base nos resultados do experimento apresentados na Tabela 2 e considerando o nível de significância 5%:
 - a) Ajuste o modelo e verifique as pressuposições do modelo;
 - b) Faça a análise de variância e conclua;
 - c) Compare as médias dos tratamentos usando o teste Tukey e tire conclusões;
 - d) Elabore um grupo de contrastes ortogonais de interesse prático e teste-os.