

**FUNÇÃO PARA ANALISAR EXPERIMENTOS EM FATORIAL DUPLO COM UM  
TRATAMENTO ADICIONAL, EM UMA SÓ RODADA**

PÓRTYA PISCITELLI CAVALCANTI; ERIC BATISTA FERREIRA, DENISMAR ALVES  
NOGUEIRA<sup>2</sup>

**RESUMO**

Uma função denominada *fat2.ad.dic()* foi programada em código R com o intuito de analisar experimentos realizados em Delineamentos Inteiramente Casualizado com fatorial duplo e um tratamento adicional de maneira mais rápida, prática e de fácil compreensão para usuários não estatísticos; incluindo a análise da variância e testes de comparação múltipla ou ajustes de modelos de regressão, respectivamente, para tratamentos qualitativos e quantitativos.

**Palavras-chaves:** Fatorial duplo, tratamento adicional, *software* R, ANAVA.

**INTRODUÇÃO**

A Estatística Experimental é a parte da Estatística que se ocupa de estudar o planejamento e a análise de experimentos. Por sua vez, os experimentos são reproduções controladas de fenômenos naturais sobre os quais o pesquisador tem interesse. Para melhor compreender tais fenômenos, o pesquisador é capaz de criar situações de rigoroso controle, em que apenas efeitos das variáveis estudadas são observados. O objetivo primeiro é estimar o efeito produzido em uma variável resposta quando os níveis de um ou mais efeitos se alteram (MACHADO et al., 2005).

Em ciências aplicadas, como as ciências agrárias (ADRIAZZI, 2007), a experimentação tem particular importância. Com ela, pode-se determinar a melhor dose de adubo a ser aplicada no solo (ARAÚJO et al., 2007; BRUNETTO et al., 2008) para uma determinada cultura ter produtividade máxima, a melhor época para se colher um fruto para que esse tenha sabor mais apreciado, ou o melhor tipo de poda para que uma cultura perene produza mais.

Um exemplo de área em que a experimentação é muito útil é a fruticultura, particularmente no cultivo de videiras, com suas uvas de mesa e uvas destinadas à fabricação de vinhos (ELIAS, 2008). Nesta e em outras áreas das ciências agrárias, apresentam-se experimentos cujos delineamentos e esquemas de análise podem se mostrar trabalhosos no tocante à análise de dados. Podem-se estudar o efeito que, por exemplo, cultivares, doses de adubação do solo, adubação foliar e épocas de colheita têm sobre as características do fruto, como teor de açúcar, pH, teor de sólidos totais, sólidos solúveis, dentre outros.

Por estas e outras razões, não é raro que os delineamentos, modelos estatísticos e, conseqüentemente a análise, se tornem complexos e demandem pesquisa constante. Um exemplo de situação experimental relativamente complexa são os experimentos em esquemas fatoriais com um tratamento adicional (BEZERRA NETO et al., 2005; VIDAL NETO et al., 2005, YASSIN et al., 2002). Nestas situações, a análise desse tipo de experimento exige que o pesquisador execute várias rodadas (análises) e complementem essas análises por conta própria, tornando o procedimento mais difícil e duvidoso. Sugere-se que tais análises sejam feitas em *softwares* amplamente difundidos e grátis, como Sisvar (FERREIRA, 2008), Assistat (SILVA & AZEVEDO, 2006) e R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009)

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi programada uma função em código R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010) para analisar experimentos em DIC com fatorial duplo e um tratamento adicional, em uma só rodada. Essa função foi nomeada *fat2.ad.dic()* e realiza a análise de variância e a comparação de médias, sendo que as médias dos tratamentos quantitativos são diferenciadas pelo ajuste de modelos de regressão até o terceiro grau e as médias dos tratamentos qualitativos podem ser diferenciadas pelos seguintes testes de comparação múltipla: teste de Tukey, teste de Student-Newman-Keuls (SNK), teste de Scott-Knott, teste de Duncan e teste t (LSD). Esta função recebe 9 argumentos, nesta ordem:

*fat2.ad.dic(fator1, fator2, resp, respAd, quali, mcomp, fac.names, sigT, SigF)*

*fator1*: vetor com os níveis do fator 1;

*fator2*: vetor com os níveis do fator 2;

*resp*: vetor com a variável-resposta dos 2 fatores;

*respAd*: vetor com a variável resposta do tratamento adicional;

*quali=c(T,T)*: variável lógica, se *TRUE* (default) na primeira posição, os níveis do fator 1 são designados como qualitativos, se *FALSE*, quantitativos; da mesma forma, a segunda posição é referente aos níveis do fator 2;

*mcomp='Tukey'*: variável que permite escolher o teste de comparação múltipla; o default é o teste de Tukey (só válida para tratamentos qualitativos);

*fac.names*: permite nomear os fatores 1 e 2;

*sigT*: significância do teste de comparação múltipla de médias; o default é 0,05. (só válida para tratamentos qualitativos); e

*sigF*: significância do teste F da ANAVA; o default é a *sigT*.

O funcionamento da função *fat2.ad.dic()*, bem como suas saídas, foi ilustrado com dados simulados de uma normal com média 10 e variância 1.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise de fatoriais duplos com um tratamento adicional no R, normalmente, são necessárias duas análises:

- a) Análise de variância do fatorial duplo com desdobramento da interação (caso seja significativa); e
- b) Análise de variância de um DIC simples incluindo todos os tratamentos juntamente com o adicional.

Na Tabela 1 pode-se observar a de análise de variância do fatorial duplo, onde os dois fatores  $\alpha$  e  $\beta$  possuem  $a$  e  $b$  níveis, respectivamente.

Tabela 1. Análise de variância de um fatorial duplo em DIC.

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F<sub>c</sub></i>
$\alpha$	$a - 1$	$SQ_{\alpha}$	$\frac{SQ_{\alpha}}{gl_{\alpha}}$	$\frac{QM_{\alpha}}{QM_R}$
$\beta$	$b - 1$	$SQ_{\beta}$	$\frac{SQ_{\beta}}{gl_{\beta}}$	$\frac{QM_{\beta}}{QM_R}$
$\alpha * \beta$	$(a - 1)(b - 1)$	$SQ_{\alpha\beta}$	$\frac{SQ_{\alpha\beta}}{gl_{\alpha\beta}}$	$\frac{QM_{\alpha\beta}}{QM_R}$
Resíduo	$ab(J - 1)$	$SQ_R$	$\frac{SQ_R}{gl_R}$	
Total	$abJ - 1$	$SQ_T$	$\frac{SQ_T}{gl_T}$	

**XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA**  
**27 de setembro a 01 de outubro de 2010**

---

**XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA**  
**27 de setembro a 01 de outubro de 2010**

Na Tabela 2 tem-se a análise de variância do DIC simples, onde a fonte de variação *Trat* possui todos os tratamentos incluindo o adicional.

Tabela 2. Análise de variância de um experimento em DIC, onde a fonte de variação *Trat* é constituída de todos os tratamentos juntamente com o tratamento adicional.

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F<sub>c</sub></i>
Trat	<i>ab</i>	$SQ_{Tr}$	$\frac{SQ_{Tr}}{gl_{Tr}}$	$\frac{QM_{Tr}}{QM_R}$
Resíduo	$(ab + 1)J - 1 - ab$	$SQ_R$	$\frac{SQ_R}{gl_R}$	
Total	$(ab + 1)J - 1$	$SQ_T$	$\frac{SQ_T}{gl_T}$	

A partir destas duas tabelas, a tabela de análise de variância do experimento em questão - DIC com fatorial duplo e um tratamento adicional - foi montada (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de variância de um experimento em DIC com fatorial duplo e tratamento adicional.

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F<sub>c</sub></i>
$\alpha$	$a - 1$	$SQ_\alpha$	$\frac{SQ_\alpha}{gl_\alpha}$	$\frac{QM_\alpha}{QM_R}$
$\beta$	$b - 1$	$SQ_\beta$	$\frac{SQ_\beta}{gl_\beta}$	$\frac{QM_\beta}{QM_R}$
$\alpha * \beta$	$(a - 1)(b - 1)$	$SQ_{\alpha\beta}$	$\frac{SQ_{\alpha\beta}}{gl_{\alpha\beta}}$	$\frac{QM_{\alpha\beta}}{QM_R}$
Adicional vs Fatorial	1	$SQ_{ad}$	$\frac{SQ_{ad}}{1}$	$\frac{QM_{ad}}{QM_R}$
Resíduo	$(ab + 1)J - 1 - ab$	$SQ_R$	$\frac{SQ_R}{gl_R}$	
Total	$(ab + 1)J - 1$	$SQ_T$	$\frac{SQ_T}{gl_T}$	

A soma de quadrados do contraste do tratamento adicional com o fatorial ( ) foi calculada por diferença entre a soma de quadrados dos tratamentos ( ) da segunda tabela e as somas de quadrados dos fatores  $\alpha$  e  $\beta$  e sua interação ( , e ) da primeira tabela, ou seja:

O Resíduo utilizado foi o encontrado na Tabela 2 e, desta forma, os quantis da distribuição F ( ) foram recalculados.

Com a função *fat2.ad.dic()*, todo este procedimento e também a comparação de médias é realizado em apenas uma rodada, poupando tempo e facilitando a interpretação dos resultados. A Figura 1, a seguir, ilustra a saída da função.

```
-----
Legenda:
FATOR 1:  F1
FATOR 2:  F2
-----

Quadro da análise de variância
-----
          GL      SQ      QM      Fc  Pr.Fc
Fator1    1 0.48000 0.48000 0.9375 0.3558
Fator2    1 0.16333 0.16333 0.319 0.5846
Fator1*Fator2 1 0.12000 0.12000 0.2344 0.6387
Ad vs Fatorial 1 0.24067 0.24067 0.4701 0.5085
Resíduo   10 5.12000 0.51200
Total    14 6.12400 0.43743
-----

Contraste do tratamento adicional com o fatorial
-----
                Médias
Adicional 10.53333 a
Fatorial  10.21667 a
-----

Interação não significativa: analisando os efeitos
simples
-----

F1
De acordo com o teste F, as médias desse fator são
estatisticamente iguais.
  Níveis  Médias
  1      1 10.41667
  2      2 10.01667
-----

F2
De acordo com o teste F, as médias desse fator são
estatisticamente iguais.
  Níveis  Médias
  1      1 10.10000
  2      2 10.33333
-----
```

Figura 1. Saída da função *fat2.ad.dic()*: análise de variância de um experimento em DIC com fatorial duplo e um tratamento adicional.

Neste exemplo, após a análise de variância, verificou-se que todas as fontes de variação apresentaram valores de não significativos. Caso fossem significativos, as interações seriam desdobradas e para os efeitos simples seria realizada a comparação múltipla de médias. Contudo deve-se observar que o resíduo a ser utilizado é o da Tabela 2.

## CONCLUSÃO

A função *fat2.ad.dic()* tornou a análise de experimentos realizados em Delineamentos em Inteiramente Casualizado com fatorial duplo e um tratamento adicional no *software* R mais rápida, prática e de fácil compreensão para usuários não-estatísticos. Outras funções para analisar experimentos mais complexos serão, em breve, igualmente implementadas em código R.

## **REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO**

ANDRIAZZI, C. V. G. **Adequação da metodologia do teste de frio para avaliação do vigor de sementes de sorgo**. 28 p. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

ARAÚJO, E. N. de; OLIVEIRA, A. P. de; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; BRITO, N. M. de; NEVES, C. M. L.; SILVA, E. E. da. **Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, v. 11, n. 5, p. 466-470, 2007.

BEZERRA NETO, F.; ROCHA, R. H. C.; ROCHA, R. C. C.; NEGREIROS, M. Z.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; NUNES, G. H. S.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; QUEIROGA, R. C. L. F. **Sombreamento para produção de mudas de alface em alta temperatura e ampla luminosidade**. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 23, n. 1, p. 133-137, jan.-mar. 2005.

BRUNETTO, G.; BONGIORNO, C. L.; MATTIAS, J. L.; DEON, M.; MELO, G. W. DE; KAMINSKI, J.; CERETTA, C. A. **Produção, composição da uva e teores de nitrogênio na folha e no pecíolo em videiras submetidas à adubação nitrogenada**. Cienc. Rural [online]. 2008, vol.38, n.9, pp. 2622-2625. ISSN 0103-8478.

ELIAS, H. H. S. **Caracterização física, química e bioquímica de cultivares de videira durante a maturação**. 74 p. 2008. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FERREIRA, D. **SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística**. Revista Symposium. Lavras, v.6, p. 36-41, 2008.

MACHADO, A. A.; DEM\_ETRIO, C. G. B.; FERREIRA, D. F.; SILVA, J. G. C. da. **Estatística Experimental: uma abordagem fundamental no planejamento e no uso de recursos computacionais**. 50a Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria/11o Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agrônômica. Londrina, PR. 2005. 290 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

SILVA, F. DE A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. **A New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: Anais... Orlando: American Society of Agricultural Engineers, 2006. p.393-396.

VIDAL NETO, F. C.; SILVA, F. P. DA; BLEICHER, E.; MELO, F. I. O. **Mutantes morfológicos de algodoeiro herbáceo como fonte de resistência ao bicudo**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.40, n.2, p.123-128, fev. 2005.

YASSIN, N.; MORAIS, A. R. de; MUNIZ, J. A. **Análise de variância em um experimento fatorial de dois fatores com tratamentos adicionais**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras. Edição Especial, p.1541-1547, dez., 2002.