

## CONTROLE DA EWER DOS TESTES TUKEY E DUNNETT EM EXPERIMENTOS FATORIAIS CONFIRMATÓRIOS

Nogueira, W.J.<sup>1</sup>, Carvalho, A.M.X.<sup>1</sup>, Carvalho, I.C.M.<sup>1</sup>

Dimensões sociais: ODS 4

Categoria: Pesquisa

### Introdução

O problema do acúmulo de erro tipo I nos testes de comparação múltipla em experimentos fatoriais é bem conhecido, havendo uma crescente conscientização sobre a necessidade de controlar a taxa de erro experimental (EWER) em pesquisas confirmatórias (CARVALHO, 2024). Testes como Tukey e Dunnett controlam a taxa de erro familiar (FWER), mas em desenhos fatoriais, seu uso convencional inflaciona a taxa de erro global devido à multiplicidade de comparações (linhas e colunas) (CRAMER et al., 2016; FRANE, 2021). As alternativas comuns para contornar o problema são problemáticas: ignorar a estrutura fatorial leva à perda de poder estatístico, enquanto aplicar a correção de Bonferroni é uma solução conservadora e inviabiliza o uso didático das tabelas de valores críticos. Este trabalho propõe um método alternativo para ajustar os testes de Tukey e Dunnett, buscando controlar a EWER de forma eficaz e didática, sem sacrificar a sensibilidade da análise.

### Objetivos

Este trabalho buscou validar um método simples e didático para controle da EWER (taxa de erro tipo I acumulada nos níveis de B'sd/A e A's d/B) dos testes de Tukey e Dunnett em experimentos fatoriais.

### Materiais e Métodos

Por meio da simulação de Monte Carlo, foram gerados 6.000 experimentos fatoriais em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com erros normais e homocedásticos, distribuídos em seis cenários distintos.

O estudo avaliou um método de correção proposto para os testes de Tukey e Dunnett denominado "equivalência unifatorial". O método consiste em calcular o total de comparações pareadas no fatorial para derivar um novo parâmetro, que é então utilizado para consultar os valores críticos nas tabelas tradicionais dos testes.

Por exemplo, para um fatorial 5x4, o cálculo para o teste de Tukey seria:  
>>  $k_T = 0.5 a^2.b + 0.5 a.b^2 - a.b = 70$

O número de tratamentos num experimento unifatorial que também teria k comparações é:

>>  $T = (0.5 + \text{raiz}(0.25 + 2k_T))$ ;  $T = (0.5 + \text{raiz}(0.25 + 2 \cdot 70)) = 12$

Por fim, a equivalência unifatorial final deve ponderar pela proporção de comparações independentes:

>>  $E_q = (T-1) + C_{a,b,2} / k_T = (12-1) + 190 / 70 = 14$

No exemplo de um fatorial 5x4, os parâmetros de consulta na tabela foram 14 e 13 para cada fator, respectivamente. O método possui fórmulas distintas para o teste de Dunnett.

As análises foram conduzidas no software SPEED Stat 3.5.

### Resultados e/ou Ações Desenvolvidas

Tabela 1. Taxas empíricas de erro tipo I (EWER) (% , n = 1000) do teste Tukey (com valores tabelados consultados pelo método da equivalência fatorial) nos experimentos fatoriais simulados sob nulidade total e resíduos normais e homocedásticos.

Cenários	Desdobramento do fatorial	Médias marginais
C2 (3x3, 3 rep)	4.3	2.7
C3 (5x4, 8 rep)	5.6	6.2
C4 (6x6, 6 rep)	5.1	4.9
C5 (3x7, 5 rep)	4.9	5.8
C6 (10x8, 4 rep)	6.1	6.1

Não há evidência suficiente de que valores menores que 6.4 % difiram significativamente de 5% pelo teste Binomial bilateral.

Tabela 2. Poder (%) do teste Tukey (com valores tabelados consultados pelo método da equivalência fatorial) nos experimentos do cenário 1.

Cenário 1 (3x3 com diferenças reais)	Níveis de B	Níveis de A
Desdobramento	48.4	60.6
Médias marginais (mm)	42.6	1.4

Valores tabelados referem-se à pelo menos uma das diferenças reais existentes nos dados simulados. Não existia diferenças significativas entre as mm dos níveis de A.

As taxas empíricas de erro tipo I para o teste Dunnett, após a aplicação da correção, não se mostraram estatisticamente diferentes do nível nominal de 5%. A abordagem do método se aproxima daquela de um experimento unifatorial em cenários com fatoriais de dimensões extremas, sejam eles muito pequenos (como 2x2 e 3x2) ou muito grandes. Nos demais cenários, a correção proposta resultou, como esperado, em um poder estatístico superior ao da estrutura unifatorial. De forma geral, o método demonstrou um controle eficaz das taxas empíricas de EWER, apresentando um poder comparável ao da correção de Bonferroni.

### Conclusões

O método proposto demonstrou um adequado controle das taxas empíricas de EWER e um poder semelhante à correção de Bonferroni.

### Bibliografia

CARVALHO, A.M.X. Estatística Experimental e Observacional: uma nova abordagem sobre os métodos clássicos. Uberlândia: Navegando, 282p. 2024.  
CRAMER, A.O.J. et al. Hidden multiplicity in exploratory multiway ANOVA: prevalence and remedies. Psychonomic Bulletin & Review, v. 23, p. 640-647, 2016.  
FRANE, A.V. Experiment-Wise Type I Error Control: A Focus on 2 x 2 Designs. Advances in Methods and Practices in Psychological Science, v. 4, p. 1-20, 2021.

### Apoio Financeiro e Agradecimentos