

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO
MÉTODOS ESTATÍSTICOS APLICADOS A RECURSOS HÍDRICOS - 2ª PROVA

Nome: _____

Data: 06/07/2015

Questão 1 (2,0). Periodicamente, sem o conhecimento dos funcionários, o departamento de pesquisa do Banco X observa vários empregados em relação à produtividade do seu trabalho. Recentemente, este departamento desejava verificar se quatro caixas (A, B, C e D) de uma agência deste banco atendiam, em média, ao mesmo número de clientes por hora. O gerente do departamento observou cada um dos quatro caixas ao longo de um determinado número de horas. As médias dos caixas e a análise da variância para o número de clientes atendidos por hora são apresentadas nas tabelas a seguir.

Tabela de médias.

Caixa	Média de clientes atendidos por hora
A	21,6
B	14,8
C	15,4
D	22,0

Tabela da análise da variância

Fonte de variação	v	SQ	S ²	F	p
Caixa	3	225,75	75,25	7,758	0,002023
Resíduo	16	155,20	9,70	-	-
Total	19	380,95	-	-	-

- a) (0,4) Estabeleça o modelo estatístico e a hipótese de interesse.
- b) (0,3) Indique as pressuposições referentes aos termos do modelo.
- c) (0,3) Redija a conclusão da análise da variância, considerando $\alpha=0,01$.
- d) (1,0) Compare as médias dos caixas pelo teste de Tukey, ao nível $\alpha=0,05$, apresentando todos os passos do processo, e redija as conclusões.

Questão 2 (5,0). A corrosão por fadiga nos metais foi definida como uma ação simultânea entre o estresse cíclico e o ataque químico em uma estrutura de metal. Uma técnica amplamente utilizada para minimizar a corrosão por fadiga no alumínio envolve a aplicação de um revestimento protetor. Em um estudo conduzido pelo Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Politécnico e Universidade Estadual da Virgínia, os três níveis de umidade

- Baixo: 20-25% de umidade relativa
- Médio: 55-60% de umidade relativa
- Alto: 86-91% de umidade relativa

e os três revestimentos

- Não revestido: sem revestimento
- Anodizado: revestimento de óxido de ácido sulfúrico anódico
- Conversão: revestimento de conversão de cromato químico

foram usados. Nas tabelas abaixo são apresentados os dados de corrosão por fadiga, expressos em milhares de ciclos até a falha, e as médias dos tratamentos.

Dados de corrosão por fadiga (em milhares de ciclos até a falha).

Revestimento	Nível de umidade					
	Baixa		Média		Alta	
Sem revestimento	361	469	314	522	1344	1216
	466	937	244	739	1027	1097
	1069	1357	261	134	1011	1011
Anodizado	114	1032	322	471	78	466
	1236	92	306	130	387	407
	533	211	68	398	130	327
Conversão	130	1482	252	874	586	524
	841	529	105	755	402	751
	1595	754	847	573	846	529

Tabela de médias

Revestimento	Umidade			Médias marginais
	Baixa	Média	Alta	
Sem revestimento	776,5	369,0	1117,7	754,4
Anodizado	536,3	282,5	299,2	372,7
Conversão	888,5	567,7	606,3	687,5
Médias marginais	733,8	406,4	674,4	604,9

- (0,5) Liste os fatores e correspondentes níveis e os tratamentos do experimento.
- (0,5) Estabeleça o modelo estatístico (modelo de efeitos) e diga o significado de cada termo.
- (0,5) Estabeleça as hipóteses de interesse.
- (0,5) Construa o gráfico da interação.
- (1,5) Complete a tabela da análise da variância abaixo e apresentando todos os passos do processo, e redija as conclusões redija as conclusões sobre as hipóteses testadas. Considere $\alpha=0,05$.

Fonte de variação	v	SQ	S ²	F
Tratamento		(3791750)		
			300177	
Resíduo				
Total		8634687		

- (1,5) A análise da variância foi conclusiva? Se não, prossiga a análise usando o teste DMS de Fisher, a 5% de significância, apresentando todos os passos do processo, e redija as conclusões.

Questão 3 (1,8). Considerando os resultados da análise do experimento abaixo, responda as seguintes questões.

Fontes	GL	SQ	QM	F	p
A	1	4.4408	4.4408	18.06	0.0011279
B	2	4.1266	2.0633	8.39	0.0052546
A.B	2	1.6813	0.8406	3.42	0.089184
RESIDUO	12	2.9496	0.2458	-	-
TOTAL	17	13.1983	-	-	-

- (0,3) Identifique os fatores do experimento e seus níveis.
- (0,1) Quantas unidades experimentais foram utilizadas?
- (0,2) Há quantos tratamentos no experimento e quantas repetições por tratamento?
- (0,1) Especifique o modelo estatístico.
- (0,2) Especifique as hipóteses de interesse.
- (0,4) Redija a conclusão para as hipóteses testadas.
- (0,2) Esta análise é conclusiva ou requer prosseguimento? Se sim, qual seria o próximo passo?
- (0,3) Sabendo que o fator A é qualitativo e o fator B é quantitativo, que procedimentos são mais indicados para a discriminação dos efeitos desses fatores?

Questão 4 (1,2). Responda as questões abaixo.

- Qual o princípio da inferência em um experimento?
- Quais as razões para incluir mais um fator num experimento?
- Quais os principais problemas dos testes de comparações múltiplas?
- O que expressa o nível de significância de um teste de hipótese?
- O que significa o poder de um teste?

Tabela 1. Pontos percentuais da distribuição da amplitude estudentizada para o teste de Tukey.

v	α	t = número de tratamentos																		
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
12	0,05	3,08	3,77	4,20	4,51	4,75	4,95	5,12	5,27	5,40	5,51	5,62	5,71	5,80	5,88	5,95	6,03	6,09	6,15	6,21
	0,01	4,32	5,04	5,50	5,84	6,10	6,32	6,51	6,67	6,81	6,94	7,06	7,17	7,26	7,36	7,44	7,52	7,59	7,66	7,73
13	0,05	3,06	3,73	4,15	4,45	4,69	4,88	5,05	5,19	5,32	5,43	5,53	5,63	5,71	5,79	5,86	5,93	6,00	6,05	6,11
	0,01	4,26	4,96	5,40	5,73	5,98	6,19	6,37	6,53	6,67	6,79	6,90	7,01	7,10	7,19	7,27	7,34	7,42	7,48	7,55
14	0,05	3,03	3,70	4,11	4,41	4,64	4,83	4,99	5,13	5,25	5,36	5,46	5,55	5,64	5,72	5,79	5,85	5,92	5,97	6,03
	0,01	4,21	4,89	5,32	5,63	5,88	6,08	6,26	6,41	6,54	6,66	6,77	6,87	6,96	7,05	7,12	7,20	7,27	7,33	7,39
15	0,05	3,01	3,67	4,08	4,37	4,60	4,78	4,94	5,08	5,20	5,31	5,40	5,49	5,58	5,65	5,72	5,79	5,85	5,90	5,96
	0,01	4,17	4,83	5,25	5,56	5,80	5,99	6,16	6,31	6,44	6,55	6,66	6,76	6,84	6,93	7,00	7,07	7,14	7,20	7,26
16	0,05	3,00	3,65	4,05	4,33	4,56	4,74	4,90	5,03	5,15	5,26	5,35	5,44	5,52	5,59	5,66	5,72	5,79	5,84	5,90
	0,01	4,13	4,78	5,19	5,49	5,72	5,92	6,08	6,22	6,35	6,46	6,56	6,66	6,74	6,82	6,90	6,97	7,03	7,09	7,15
17	0,05	2,98	3,63	4,02	4,30	4,52	4,71	4,86	4,99	5,11	5,21	5,31	5,39	5,47	5,55	5,61	5,68	5,74	5,79	5,84
	0,01	4,10	4,74	5,14	5,43	5,66	5,85	6,01	6,15	6,27	6,38	6,48	6,57	6,66	6,73	6,80	6,87	6,94	7,00	7,05
18	0,05	2,97	3,61	4,00	4,28	4,49	4,67	4,82	4,96	5,07	5,17	5,27	5,35	5,43	5,50	5,57	5,63	5,69	5,74	5,79
	0,01	4,07	4,70	5,09	5,38	5,60	5,79	5,94	6,08	6,20	6,31	6,41	6,50	6,58	6,65	6,72	6,79	6,85	6,91	6,96
19	0,05	2,96	3,59	3,98	4,25	4,47	4,65	4,79	4,92	5,04	5,14	5,23	5,32	5,39	5,46	5,53	5,59	5,65	5,70	5,75
	0,01	4,05	4,67	5,05	5,33	5,55	5,73	5,89	6,02	6,14	6,25	6,34	6,43	6,51	6,58	6,65	6,72	6,78	6,84	6,89

Tabela 2. Limites unilaterais superiores da distribuição F: $P(F > f_{\alpha})$.

V ₂	α	V ₁																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20	24	30	40	60	120	Inf.
30	0,05	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,12	2,09	2,01	1,93	1,89	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
	0,025	5,57	4,18	3,59	3,25	3,03	2,87	2,75	2,65	2,57	2,51	2,41	2,31	2,31	2,20	2,14	2,07	2,01	1,94	1,87	1,79
	0,01	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,30	3,17	3,07	2,98	2,90	2,84	2,70	2,55	2,47	2,39	2,30	2,21	2,11	2,01
	0,001	13,29	8,77	7,05	6,12	5,53	5,12	4,82	4,58	4,39	4,24	4,11	4,00	3,75	3,49	3,36	3,22	3,07	2,92	2,76	2,59
40	0,05	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,04	2,00	1,92	1,84	1,79	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51
	0,025	5,42	4,05	3,46	3,13	2,90	2,74	2,62	2,53	2,45	2,39	2,29	2,18	2,18	2,07	2,01	1,94	1,88	1,80	1,72	1,64
	0,01	7,31	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	3,12	2,99	2,89	2,80	2,73	2,66	2,52	2,37	2,29	2,20	2,11	2,02	1,92	1,80
	0,001	12,61	8,25	6,60	5,70	5,13	4,73	4,44	4,21	4,02	3,87	3,75	3,64	3,40	3,15	3,01	2,87	2,73	2,57	2,41	2,23
60	0,05	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,95	1,92	1,84	1,75	1,70	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
	0,025	5,29	3,93	3,34	3,01	2,79	2,63	2,51	2,41	2,33	2,27	2,17	2,06	2,06	1,94	1,88	1,82	1,74	1,67	1,58	1,48
	0,01	7,08	4,98	4,13	3,65	3,34	3,12	2,95	2,82	2,72	2,63	2,56	2,50	2,35	2,20	2,12	2,03	1,94	1,84	1,73	1,60
	0,001	11,97	7,76	6,17	5,31	4,76	4,37	4,09	3,87	3,69	3,54	3,42	3,31	3,08	2,83	2,69	2,55	2,41	2,25	2,08	1,89
120	0,05	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96	1,91	1,86	1,83	1,75	1,66	1,61	1,55	1,50	1,43	1,35	1,25
	0,025	5,15	3,80	3,23	2,89	2,67	2,52	2,39	2,30	2,22	2,16	2,05	1,94	1,94	1,82	1,76	1,69	1,61	1,53	1,43	1,31
	0,01	6,85	4,79	3,95	3,48	3,17	2,96	2,79	2,66	2,56	2,47	2,40	2,34	2,19	2,03	1,95	1,86	1,76	1,66	1,53	1,38
	0,001	11,38	7,32	5,79	4,95	4,42	4,04	3,77	3,55	3,38	3,24	3,12	3,02	2,78	2,53	2,40	2,26	2,11	1,95	1,76	1,54
Inf.	0,05	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88	1,83	1,79	1,75	1,67	1,57	1,52	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00
	0,025	5,02	3,69	3,12	2,79	2,57	2,41	2,29	2,19	2,11	2,05	1,94	1,83	1,83	1,71	1,64	1,57	1,48	1,39	1,27	1,00
	0,01	6,63	4,61	3,78	3,32	3,02	2,80	2,64	2,51	2,41	2,32	2,24	2,18	2,04	1,88	1,79	1,70	1,59	1,47	1,32	1,00
	0,001	10,83	6,91	5,42	4,62	4,10	3,74	3,47	3,27	3,10	2,96	2,84	2,74	2,51	2,27	2,13	1,99	1,84	1,66	1,45	1,00

Tabela 3. Limites da distribuição t de Student.

Graus de Liberdade (v)	Limites bilaterais: $P(t > t_{\alpha/2})$							
	Nível de Significância (α)							
	0,50	0,20	0,10	0,05	0,025	0,02	0,01	0,005
26	0,684	1,315	1,706	2,056	2,379	2,479	2,779	3,067
27	0,684	1,314	1,703	2,052	2,373	2,473	2,771	3,057
28	0,683	1,313	1,701	2,048	2,369	2,467	2,763	3,047
29	0,683	1,311	1,699	2,045	2,364	2,462	2,756	3,038
30	0,683	1,310	1,697	2,042	2,360	2,457	2,750	3,030
40	0,681	1,303	1,684	2,021	2,329	2,423	2,705	2,971
60	0,679	1,296	1,671	2,000	2,299	2,390	2,660	2,915
120	0,677	1,289	1,658	1,980	2,270	2,358	2,617	2,860
...	0,674	1,282	1,645	1,960	2,241	2,326	2,576	2,807
Graus de Liberdade (v)	Limites unilaterais: $P(t > t_{\alpha})$							
	Nível de Significância (α)							
	0,25	0,10	0,05	0,025	0,0125	0,01	0,005	0,0025