

ANÁLISES CONJUNTAS DE EXPERIMENTOS

Nos experimentos de avaliação de cultivares ou de recomendações de algumas práticas culturais é fundamental que os experimentos sejam repetidos em vários locais e vários anos.

A análise conjunta é interessante para avaliar as interações com ambientes (locais ou anos) e também para verificar os efeitos gerais, quando presentes.

Para realizar a análise conjunta há necessidade de certa homogeneidade das variações ambientais, pois a análise conjunta no geral é feita com a média dessas variações.

Sabe-se de longa data que os materiais biológicos interagem com o ambiente e isso pode resultar respostas diferentes do fenótipo observado em cada local.

Do ponto de vista do melhoramento, interessam materiais robustos quanto a pequenas variações do ambiente. Por essa razão, os experimentos devem ser repetidos em vários ambientes eem vários anos, para que haja condição efetiva de manifestação dos efeitos e avaliação dos materiais.

Os experimentos devem ser conduzidos com muito cuidado em todos locais. Sendo muito usual fazer inicialmente uma análise conjunta.

A questão fundamental nos experimentos é que se controle a uniformidade e para isso os experimentos devem ser bem conduzidos e a amostra de cada parcela deve ser adequada para que os materiais manifestem seus verdadeiros valores.

Uma interessante maneira de avaliar a uniformidade do experimento é através do coeficiente de variação, definido como o quociente porcentual entre o desvio padrão e a média do experimento.

O desvio padrão é uma medida internacionalmente usada da variabilidade entre repetições do mesmo material e depende da maneira criteriosa de conduzir o experimento e amostrá-lo. Serve para avaliar indiretamente se o experimento foi bem conduzido e se as respostas foram boas.

Para chamar atenção, na Tabela 1 são mostrados os DMS (diferença mínima significativa, no caso, T 5%) necessários para que um material possa ser considerado superior a outro em termos de produção (t/ha), a partir de experimentos conduzidos em blocos casualizados com 4 repetições.

A fórmula de forma descritiva é :

$$\text{DMS} = \text{Valor tabelado} \times \text{Média geral} \times (\text{CV} / 100) / (\text{raiz quadrada do nº de repetições}).$$

Nota-se pela fórmula e pela Tabela 1, a conveniência dese trabalhar com CV baixos (preferencialmente menores que 5%); caso contrário, fica muito difícil concluir se a diferença observada é realmente de superioridade ou de simples acaso.

Por exemplo, para um CV de 15%, a Tabela 1 mostra que só se provará a superioridade de um clone se no experimento apresentar uma diferença superior a 15 t/ha; se estiver em apenas um ambiente! Mas isso baixa para menos de 3 t/ha, se o CV for de 5% e estiver em 5 ambientes.

Portanto, ficam claros os benefícios da repetição em vários ambientes, especialmente se não ocorrer forte interação (genótipo x ambiente). Demonstra-se que entre aumentar repetições num só ambiente ou aumentar o número de ambientes, a segunda alternativa é mais eficiente.

A questão fundamental nos experimentos é que se controle a uniformidade e para isso os experimentos devem ser bem conduzidos e a amostra de cada parcela deve ser adequada para que os tratamentos (raças, linhagens, práticas de manejo etc) manifestem seus verdadeiros valores.

TABELA 1 - Diferença mínima significativa pelo T 5% (LSD) para comparar produção de clones ou variedades de cana-de-açúcar, em t/ha, em função do coeficiente de variação (CV), para 10 genótipos em 1 e 5 ambientes e da produção média do experimento, em blocos casualizados com 4 repetições.

Coef. Variação	10 clones em 1 só ambiente			10 clones em 5 ambientes		
	70 t/ha	80 t/ha	90 t/ha	70 t/ha	80 t/ha	90 t/ha
2 %	2,0	2,3	2,6	0,9	1,0	1,1
5 %	5,0	5,7	6,4	2,1	2,5	2,8
10 %	10,0	11,4	12,9	4,3	4,9	5,5
15%	15,0	17,1	19,3	6,4	7,4	8,3
20 %	20,0	22,9	25,3	8,6	9,8	11,0

Para realizar a análise conjunta há necessidade de certa homogeneidade das variações ambientais, pois a análise conjunta no geral é feita com a média dessas variações.

Na prática, isso é avaliado pela grandeza dos quadrados médios residuais, que amostram as variâncias ambientais. Gomes (2000), compilando vários estudos sugerem que a relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo deva ser menor que 7 (sete).

PERECIN (2008) mostra que as relações dependem do grau de liberdade associado aos experimentos individuais em cada local ou ano e valores até 10 podem ser aceitáveis quando os graus de liberdade do resíduo dos experimentos individuais estão ao redor de 10. Para maiores graus de liberdade do resíduo, as relações devem ser menores.

Portanto, dependendo do grau de liberdade associado o valor 7(sete) pode ser alterado, para valores mais apropriados à confiança estabelecida.

Exemplo: Seja um experimento hipotético para testar quatro Genótipos novos(A, B, C e D) e uma testemunha em quatro locais . Supor DIC em cada local com 4 repetições (clonadas), com as seguintes TOTAIS e análise estatística:

Genótipos	Local 1	Local 2	Local 3	Local 4
A	12,6	39,5	26,5	27,4
B	10,8	36,5	29,0	29,0
C	10,8	40,0	26,5	26,2
D	11,8	42,5	33,5	28,0
Testemunha	9,4	33,5	24,5	17,4
Anova:				
GLResíduo	15	15	15	15
QMResíduo	0,50	1,12	1,53	2,23
Fc	0,73ns	2,70ns	1,96ns	2,47ns
Ft (5%)	3,06	3,06	3,06	3,06

Pelos resultados em cada local, não são obtidas diferenças significativas, mas note que a testemunha é menor em todos locais.

No caso, a relação entre o maior e o menor QMResíduo é menor que 7 e a análise conjunta pode ser feita, gerando informações interessantes.

Fontes de Variação	GL	QM	Fc	Ft (5%)
LOCAIS (L)	3	158,47	110,82*	2,76
GENÓTIPOS (G)	4	7,96	5,57*	2,53
INTERAÇÃO: LxG	12	1,31	0,98ns	1,92
RESÍDUO Dentro de LOCAIS	60	1,43		

Notem que não há interação significativa, ou seja, os efeitos de Genótipos se manifestam de forma independente do locale as médias são:

mA= 6,62a

mB= 6,58a

mC= 6,47a

mD= 7,23a

mTest= 5,30b

Fazendo HSD (Tukey 5%) = $3,98 * (1,34/16)^{1/2} = 1,15$ e avaliando as médias, conclui-se que os genótipos novos (A, B,C e D) produzem pesos similares e maiores que a testemunha.

INTERAÇÃO TRATAMENTO X LOCAL

Quando a interação é significativa há necessidade de avaliar mais detalhadamente os experimentos por locais. Uma causa muito frequente são interações genótipo x ambiente (GxE), muito comuns em experimentos biológicos.

Sabe-se de longa data que os materiais biológicos interagem com o ambiente e isso pode resultar respostas diferentes do fenótipo observado em cada local.

Do ponto de vista do melhoramento, interessam genótipos (animais ou vegetais) robustos quanto a pequenas variações do ambiente. Por essa razão, os experimentos devem ser repetidos em vários ambientes e em vários anos, para que haja condição efetiva de manifestação dos efeitos e avaliação dos genótipos ou de tratamentos aplicados a eles.

Os experimentos devem ser conduzidos com muito cuidado em todos locais. Sendo muito usual fazer inicialmente uma análise conjunta.

Análise conjunta de experimentos pequenos

No geral experimentos em que o grau de liberdade do resíduo é pequeno (menor que 10) não permitem conclusões efetivas e é preciso repetir o experimento para que as conclusões tornem-se válidas.

Na experimentação com animais (vacas leiteiras, cavalos, animais fistulados, gatos, cães etc) é comum se ter poucos animais e um recurso é fazer quadrados latinos em que nas linhas são colocados os animais e nas colunas os períodos sucessivos. Assim cada animal recebe todos tratamentos, em períodos sucessivos e, em todos períodos, há todos os tratamentos..Nesse sentido é muito comum usar quadrados latinos (3x3 ou 4x4), repetido várias vezes.

Se os experimentos pequenos forem repetidos no mesmo ambiente, não se espera interação GxE. A relação entre o maior e menor quadrado médio do resíduo, nesse caso pode, por simples acaso, ser maior que 10 (Perecin, 2008) e isso, em princípio, não impede que se faça a análise conjunta.

Exemplo: Para estudar a degradação(dados em % de degradação) de quatro forrageiras foram usados oito animais fistulados em dois quadrados latinos (4x4) , com os resultados a seguir.

Experimento 1 ou quadrado latino 1

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
Animal 1	A (=50)	B (=62)	C (=80)	D (=87)
Animal 2	B (=60)	C (=75)	D (=90)	A (=58)
Animal 3	C (=70)	D (=80)	A (=53)	B (=65)
Animal 4	D (=75)	A (=52)	B (=64)	C (=75)

OBS: Degradação de cada forrageira dentro dos parênteses.

Anova:

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio
Animal	3	51,5	
Período	3	169,0	
Forrageira	3	2072,5	
Resíduo	6	17,0	2,83
Total	15		

Experimento 2 ou quadrado latino 2 (ou repetição em outra época do anterior)

	Período 5	Período 6	Período 7	Período 8
Animal 5	A (=55)	B (=68)	C (=70)	D (=85)
Animal 6	B (=64)	C (=75)	D (=80)	A (=59)
Animal 7	C (=72)	D (=90)	A (=50)	B (=70)
Animal 8	D (=90)	A (=51)	B (=60)	C (=80)

Anova

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio
Animal	3	3,2	
Período	3	153,2	
Forrageira	3	2265,7	
Resíduo	6	78,9	13,15
Total	15		

Análise conjunta

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Ft(5%)
Experimento ou QL	1	16,53	16,53		
Animal dentro QL	3+3	54,69	9,11		
Período dentro QL	3+3	322,19	53,69		
Forrageiras (For)	3	4316,84	1438,95	180,1*	3,49
Interação QLxFor	3	21,34	7,11	0,89ns	3,49
Resíduo dentro QL	6+6	95,9	7,99		
Total	31				

Médias de degradação

Forrageira A = $(50 + 58 + 53 + 52 + 55 + 59 + 50 + 51) / 8 = 53,5d$

Forrageira B = 74,6b

Forrageira C = 64,1c

Forrageira D = 84,6a

Dms (HSD) = 4,2

Conclusão: Todas forrageiras degradam de forma estatisticamente diferentes, sendo A que menos degrada e D a que mais degrada.

REFERÊNCIAS BÁSICAS

BANCROFT, T.A. **Topics in intermediate statistical methods**. Ames, IOWA, TheStateUniversity Press. V.1, 1968.129p.

CROSSA, J. Statistical analysis of multilocation trials. *Advances Agronomy*, v. 44, p.55-85, 1990

EBERHART, S. A. ; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. *CropSci.*, v.6, p.36-40, 1966.

GOMES, F. P. e GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**.14. ed., Piracicaba, ESALQ/USP, 2000. 477p.

O'NEILL, R. ; WETHERILL, G.B. The present state of multiple comparison methods.*J. Royal Stat. Soc., B*,v.33, p.218-250, 1971.

PERECIN, D.Experimentação com cana-de-açúcar. IN: DINARDO-MIRANDA, L. L.,VASCONCELOS, A. C. M. & LANDEL, M.G. A. Cana-de-açúcar. Campinas, IAC, 2008, p.809-820

PERECIN, D. ; BARBOSA, J.C. Uma avaliação de seis procedimentos para comparações múltiplas. *Rev. Mat. Estat.*, São Paulo, v.6, p.95-103, 1988.

PERECIN, D. ; MALHEIROS, E.B. Procedimentos para comparações múltiplas. Lavras-MG, Rbras, 1989. 67p (minicurso SEAGRO).

PERECIN, D.; CARGNELUTTI Fº, A.Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, p.68-72, 2008.

REZENDE, M. D. V. Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Brasília, Embrapa. 2002. 975p.

SCOTT, R. A. ; MILLIKEN, G. A SAS program for analysing augmented randomized complete-block designs. Crop Science, v. 33, p.865-867,1993.