

## ANÁLISE DE DADOS COM MEDIDAS REPETIDAS EM DIFERENTES PROFUNDIDADES PARA A CULTURA DA SOJA CULTIVADA EM LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO

<sup>1</sup>OLIVEIRA, M.C.N., <sup>2</sup>OLIVEIRA, J.R., <sup>1</sup>DEBIASE, H. Londrina-PR, [mcristina.oliveira@embrapa.br](mailto:mcristina.oliveira@embrapa.br); <sup>1</sup>Embrapa Soja, <sup>2</sup>Universidade Norte do Paraná. [joliveira02@hotmail.com](mailto:joliveira02@hotmail.com).

Diversas áreas da ciência dão preferência para analisar dados com medidas repetidas no espaço pela análise univariada em parcelas subdivididas (*Split-plot*), com tratamentos em subparcelas. Resultados com esta característica referem-se a várias avaliações na mesma unidade experimental, tomadas em várias profundidades. Assume-se que dados com medidas repetidas utilizando o delineamento em subparcelas não são correlacionadas. Na análise univariada de perfis, no qual os tratamentos são aleatorizados, a estrutura da matriz de variâncias e covariâncias deve ser uniforme. Medidas tomadas em profundidades mais próximas apresentam correlações maiores que as mais distantes. Como estas profundidades não podem ser aleatorizadas, esta estrutura de covariância fica comprometida e a exatidão dos testes F para as profundidades e a interação desta com os tratamentos são equivocadas. As hipóteses para a análise multivariada de perfil com dados com esta característica são: 1- os perfis médios dos diferentes tratamentos são: 1- paralelos, 2- coincidentes, 3- horizontais, 4- verticais ou 5- nulos? A interação entre preparos do solo e profundidade é nula. Para responder a estas questões, este trabalho avaliou se a porosidade do solo ( $m^3$ ), em resposta a diferentes preparos do solo e profundidades, se modificaram. O experimento foi delineado em blocos ao acaso em parcelas subdivididas, sendo as parcelas os sistemas de preparo do solo (plantio direto, arado de disco, grade pesada e escarificador), e as subparcelas as profundidades (8, 16 e 24 cm). Os dados foram submetidos à análise exploratória, pelo modelo linear geral (GLM) e pelo modelo misto (MIXED) com o *software* científico SAS R. Os testes aplicados para os métodos univariados foram: Shapiro & Wilk, não-aditividade do modelo, Burr & Foster, Tukey, e determinados os coeficientes de assimetria e curtose, enquanto para o método multivariado foram: teste de esfericidade, critério de informação de Akaike (AIC) e de Informação Bayesiana (BIC). Na seleção da melhor estrutura de matriz de covariâncias, correção dos graus de liberdade para os efeitos das subparcelas, utilizou-se o critério de Mauchly. Na análise exploratória univariada (ANOVA) foi observado que os dados de porosidade total ( $m^3$ ) atenderam todos os pressupostos da ANOVA (Tabela 1).

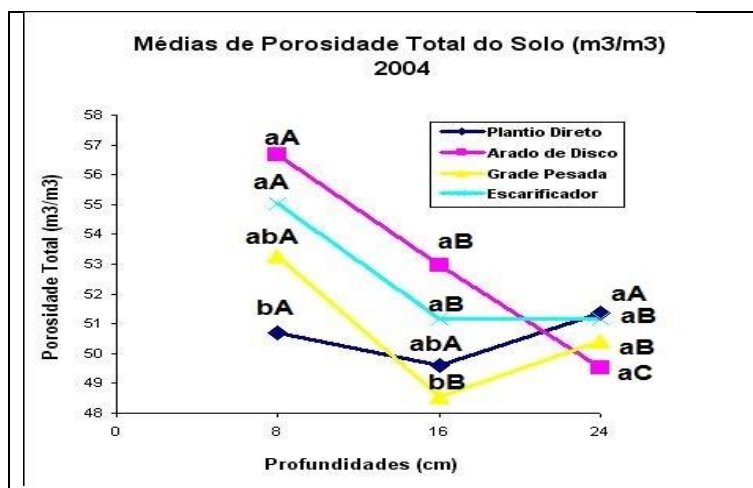
Na ANOVA pelo GLM, os efeitos de profundidades e a interação entre preparos de solos e profundidades apresentaram respostas significativas e obtidas as estatísticas  $F= 35,03$  e  $7,53$ , respectivamente. Os CVs(%) das parcelas e subparcelas  $CV(a)= 3,25\%$  e  $CV(b)= 2,51\%$  indicaram pouca variabilidade no conjunto de dados (Tabela 2). Cabe ressaltar, mesmo com a facilidade de obtenção desta análise, não é a mais recomendada, devido a estrutura da matriz de covariâncias.

Os resultados do efeito da interação entre os tratamentos estão apresentados na Figura 1. Na profundidade 16 cm, a porosidade foi reduzida no plantio direto (PD) e não houve resposta significativa para as profundidades, enquanto com a utilização do arado de disco todas as profundidades diferiram estatisticamente.

Nos preparos com grade pesada ou escarificador, o solo apresentou maior porosidade a 8 cm e com respostas estatísticas similares para 16 e 24 cm. Na profundidade 8 cm o PD foi similar somente com o uso da grade pesada. Os demais preparos de solo ficaram no primeiro grupo de comparação. Com 16 cm o arado de disco diferiu apenas da grade pesada e os demais preparos foram similares, já na profundidade 24 cm não houve diferença significativa entre os preparos de solo

(Figura 1). Os resultados das estatísticas F das análises univariadas com as parcelas subdivididas (Tabela 2) apresentaram as mesmas significâncias obtidas pelos resultados multivariados (Tabela 3), ou seja, o fator preparos do solo (perfis médios coincidentes) indica que as distâncias médias destes tratamentos não diferem e a hipótese é aceita. No caso dos fatores profundidade (perfis médios horizontais) e a interação preparo x profundidade (hipótese de perfis paralelos) são aceitos. Sugere-se avaliar as tendências para os níveis de profundidades (dados quantitativos) da mesma forma que na análise univariada. Nas análises para medidas repetidas usando o PROC MIXED os resultados para as estruturas da matriz de covariâncias, bem como a tendência dos preparos do solo nas diferentes profundidades foram 'Simetria Composta', 'Sem Estrutura', 'Componentes de Variância' e 'Autoregressiva' (Tabela 4).

A condição de esfericidade não foi violada e a estatística do Critério de Mauchly foi 0,745. O valor do  $\chi^2$  para este critério foi 2,34 com  $p < 0,309$ . Assim, afirma-se que a matriz de covariância pode ser considerada uniforme no modelo univariado de perfil em parcelas subdivididas e não necessita corrigir os graus de liberdade para os efeitos de tratamentos das subparcelas. Ainda na tabela 4 foi selecionada a matriz de covariâncias pelo método 'Autoregressivo', por apresentar o maior valor de AIC. O critério de esfericidade não foi rejeitado então, conclui-se que a ANOVA univariada pode ser aceita, no entanto é necessário checar os valores das covariâncias (dados não apresentados neste trabalho). Se preferir utilizar o método de medidas repetidas por PROC MIXED utilizar a matriz Não Estruturada (1ª. opção) Simetria Composta (2ª. opção).



**Figura 1.** Valores médios da interação entre preparos do solo e profundidades para porosidade total ( $m^3$ ) em experimentos com soja. Resultados do teste e Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical e, maiúscula na horizontal, não difere entre si.

**Tabela 1.** Resultados de estatísticas descritivas para a variável Porosidade Total do Solo ( $m^3$ ). Londrina, PR.

Testes	Estatísticas	Probabilidades
Coeficiente de Assimetria	0,108	
Coeficiente de Curtose	-0,474	
CV = Coeficiente de Variação (%)	a=3,25	b=2,51
Shapiro-Wilk	W= 0,983	Pr < W 0,714
Não-aditividade de Tukey	F = 0,008	Pr (F) < 0,925
Burr-Foster	Q <sub>calc</sub> = 0,153	Vlr Crítico de Q=0,211

<sup>1</sup>As estatísticas W, F e Q devem ser não significativas para obtenção de: distribuição normal e independência dos erros, aditividade do modelo e uniformidade de variâncias de tratamentos.

**Tabela 2.** ANOVA usando o PROC GLM do SAS para avaliar a porosidade total ( $m^3$ ) em função de quatro preparos do solo e três profundidades. Londrina, PR.

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor de F	Prob.>F
Bloco	3	0,16			
Preparo (P)	3	55,48	18,49	2,17	0,16071
Resíduo (a)	9	76,61	8,51		
Parcelas	15	132,26			
Profundidade (Prof)	2	117,96	58,98	35,03	0,00001
P*Prof	6	76,10	12,68	7,53	0,00025
Resíduo (b)	24	40,40	1,68		
Total	47	366,74			

CV(a) = 3,26%. CV(b) = 2,61%

**Tabela 3.** Respostas dos testes multivariados para os fatores intra-indivíduos (profundidades e preparos\*profundidades) - Porosidade total ( $m^3$ ). Londrina, PR.

H = Matriz da soma de quadrados e produtos cruzados para o fator **Profundidades**

E = Matriz da soma de quadrados e produtos cruzados do resíduo - **S=1 M=0 N=3**

Modelos Estatísticos	Valor	F	GL Num.	GL Den	Pr>F
Lambda de Wilks	0,1635	20,46	2	8	0,0007
Traço de Pillai	0,8364	20,46	2	8	0,0007
Traço de Hotelling-Lawley	5,1139	20,46	2	8	0,0007
Roy	5,1139	20,46	2	8	0,0007

H = Matriz da soma de quadrados e produtos cruzados para **Preparos \*Profundidades**

E = Matriz da soma de quadrados e produtos cruzados do resíduo - **S=2 M=0 N=3**

Modelos Estatísticos	Valor	F	GL Num.	GL Den	Pr>F
Lambda de Wilks	0,1026	5,66	6	16	0,0026
Traço de Pillai	1,2505	5,01	6	18	0,0035
Traço de Hotelling-Lawley	5,3003	6,80	6	9,09	0,0057
Roy	4,5431	13,63	3	9	0,0011

NOTA: Estatística F para o Teste de Roy o valor 13,63 é um limite superior e para estatística F para o teste de Wilks 'Lambda é exata para a interação Preparos e Profundidades.

**Tabela 4.** Matrizes de covariâncias do tipo Simetria Composta, Sem Estrutura, Componentes de Variância e Autoregressiva usando o proc MIXED com os dados de Porosidade total ( $m^3$ ). Londrina, PR.

<b>SIMETRIA COMPOSTA</b>		<b>SEM ESTRUTURA</b>	
Descrição	Valor	Descrição	Valor
Observações	48,00	Observações	48,00
Res. Log da Verossimilhança	148,13	Res. Log da Verossimilhança	140,70
Critério de Inform. Akaike	152,10	Critério de Inform. Akaike	152,70
Critério de Inform. de Schwarz	153,70	Critério de Inform. de Schwarz	157,30
-2 Res Log da Verossimilhança	148,10	-2 Res Log da Verossimilhança	140,70
Modelo Nulo LRT Qui-Quadrado	10,22	Modelo Nulo LRT Qui-Quadrado	17,46
Modelo Nulo LRT GL	1,00	Modelo Nulo LRT GL	5,00
Modelo Nulo LRT P-valor	0,00	Modelo Nulo LRT P-valor	0,00
<b>COMPONENTES DE VARIÂNCIA</b>		<b>AUTOREGRESSIVA</b>	
Descrição	Valor	Descrição	Valor
Observações	48,00	Observações	48,00
Res. Log da Verossimilhança	147,90	Res. Log da Verossimilhança	147,90
Critério de Inform. Akaike	151,90	Critério de Inform. Akaike	151,90
Critério de Inform. de Schwarz	153,60	Critério de Inform. de Schwarz	153,50
-2 Res Log da Verossimilhança	158,10	-2 Res Log da Verossimilhança	147,90
Modelo Nulo LRT Qui-Quadrado	0,00	Modelo Nulo LRT Qui-Quadrado	10,18
Modelo Nulo LRT GL	0,00	Modelo Nulo LRT GL	1,00
Modelo Nulo LRT P-valor	1,00	Modelo Nulo LRT P-valor	0,00

