

ESTUDO DE ARRANJOS PARA EFEITOS FIXOS E DE ESTRUTURAS DE (CO)VARIÂNCIAS RESIDUAIS EM ANÁLISES DE MEDIDAS REPETIDAS DO PESO DE BOVINOS DE UM REBANHO DA RAÇA CANCHIM(1)

AUTORES

Fábio Luiz Buranelo Toral(2), Alfredo Ribeiro de Freitas(3), Maurício Mello de Alencar(4)

¹ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentada à FCAV - Jaboticabal. Projeto financiado pela Embrapa e FAPESP.

² Estudante de doutorado da Universidade Federal de Viçosa. flbtoral@hotmail.com

³ Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste. Bolsista do CNPq. ribeiro@cnpse.embrapa.br

⁴ Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste. Bolsista do CNPq. Mauricio@cnpse.embrapa.br

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram estudar diferentes arranjos para efeitos fixos e estruturas de (co)variâncias residuais, considerando-se dados de pesos de bovinos analisados como medidas repetidas, e selecionar o arranjo e a estrutura que melhor representam a variabilidade dentro do rebanho e dentro do indivíduo. Dados de peso de 3.690 bovinos da raça Canchim, mensurados ao nascimento, à desmama, aos doze e aos dezoito meses de idade foram utilizados. Foram avaliados diferentes arranjos para os efeitos fixos (grupos de contemporâneos e, ou, efeitos principais de ano, mês ou época de nascimento e sexo do bezerro) e diferentes estruturas de (co)variâncias para os resíduos, considerando-se ou não alteração da variância residual ao longo da vida do animal e alteração da correlação entre as medidas tomadas em intervalos de tempos diferentes. Os resultados mostraram que: a) o arranjo mais adequado dos efeitos fixos para representar a variabilidade dentro do rebanho foi o grupo de contemporâneos formado por ano, mês e sexo do bezerro; b) a análise dos pesos em diferentes idades como sendo características diferentes não é a mais adequada, pois não permite considerar e nem explorar a correlação entre as medidas de cada animal; e c) a melhor estrutura de (co)variância residual foi a Simetria Composta Heterogênea (CSH), que considera aumento das variâncias com o aumento da idade do indivíduo e correlação constante entre qualquer par de medidas de peso.

PALAVRAS-CHAVE

dados longitudinais, efeitos principais, grupos de contemporâneos, resíduos correlacionados

TITLE

A STUDY OF FIXED EFFECTS ARRAYS AND RESIDUAL COVARIANCE STRUCTURES IN REPEATED MEASURES ANALYSES OF WEIGHT IN A CANCHIM BEEF CATTLE HERD

ABSTRACT

The objectives of this work were to study different arrays for fixed effects and residual covariance structures for weights of cattle as repeated measurements and to choose an array and a structure that best fit the herd and animal variability. Weights at birth, weaning, twelve and eighteen months of age of 3,690 Canchim animals were used. Different fixed effects arrays (contemporary groups and, or, the principal effects of year, month or season of birth and sex) and different residual covariance structures, considering or not changes of variance and of correlations between measures at different time were studied. The results showed that: a) the most adequate array of fixed effects to fit herd variability was the contemporary group of year, month and sex; b) the analysis of weights at different ages as different traits is not appropriate because it does not permit to use and explore the correlation between measures from each animal; and c) the best residual covariance structure was the compound symmetry heterogeneity (CSH), which considers variance increases with age and constant correlation between any pair of weights.

KEYWORDS

contemporary groups, longitudinal data, principal effects, residual correlation

INTRODUÇÃO

Alterações nas características medidas ao longo do tempo, como produção de leite (Gröhn et al., 1999), ingestão de alimentos (Lorenzo-Bermejo et al., 2003) e peso (Freitas e Toral, 2003), são de interesse em vários estudos. Estas respostas podem ser influenciadas por fatores ambientais que variam ao longo do experimento e por fatores comuns, como os efeitos fixos e as interações entre eles e o animal, o que pode fazer com que as medidas tomadas no mesmo animal estejam correlacionadas (Littell et al., 1998).

Littell et al. (1998) e Freitas e Toral (2003) sugerem que as medidas repetidas são correlacionadas e apresentam heterogeneidade de variâncias, de modo que as análises univariadas comuns, que consideram as medidas repetidas como sub-parcelas, são inadequadas. Uma análise estatística correta precisa levar em consideração esta correlação e a heterogeneidade de variâncias; caso contrário, testes inadequados podem estar sendo empregados e inferências incorretas sendo realizadas. A utilização de estruturas de (co)variâncias residuais diferentes de $R = I \otimes \Sigma^2$ pode ser uma alternativa para estes casos (Freitas e Toral, 2003).

O objetivo deste trabalho foi estudar diferentes arranjos para efeitos fixos e estruturas de (co)variâncias residuais para medidas repetidas do peso de bovinos da raça Canchim e selecionar o arranjo para efeitos fixos e a estrutura de (co)variância residual que melhor representam a variabilidade dentro do rebanho e dentro dos indivíduos estudados.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados os pesos ao nascimento (PN), à desmama (P240), aos doze (P365) e aos dezoito meses de idade (P550) de 3.690 bovinos da raça Canchim, do rebanho da Embrapa Pecuária Sudeste, criados em regime exclusivo de pastagens.

Os dados foram considerados como medidas repetidas e analisados por um modelo linear misto que considerou os efeitos fixos de arranjo para efeitos fixos (AEF), classe de idade (PN, P240, P365 e P550) e idade da mãe ao parto como covariável (efeitos linear e quadrático), além dos efeitos aleatórios do animal e residual. Os AEF considerados foram: AEF1, continha os efeitos principais (EP) de ano e mês de nascimento e sexo do bezerro; AEF2, continha os EP de ano e trimestre de nascimento e sexo do bezerro; AEF3, considerou o grupo de contemporâneos (GC) composto por ano e mês de nascimento e o EP de sexo do bezerro; AEF4, considerou o GC composto por ano e trimestre de nascimento e o EP de sexo do bezerro; AEF5, considerou o GC composto por ano, mês de nascimento e sexo do bezerro; e AEF6, que considerou o GC composto por ano, trimestre de nascimento e sexo do bezerro.

Estes arranjos foram estudados com as seguintes estruturas de (co)variâncias: AR(1) - Auto Regressiva de Primeira Ordem; ARMA(1,1) - Auto Regressiva de Primeira Ordem com Média Móvel; CS - Simetria Composta; TOEP - Toeplitz; TOEP(2) - Toeplitz com Duas Bandas; e VC - Componentes de Variância, que consideram homogeneidade de variâncias e possuem 2, 3, 2, 4, 2 e 1 parâmetros, respectivamente. As estruturas ARH(1) - Auto Regressiva Heterogênea de Primeira Ordem; CSH - Simetria Composta Heterogênea; FA(1) - Fator Analítico de Primeira Ordem; HF - Huynh - Feldt; TOEPH - Toeplitz Heterogênea; e UN - Não Estruturada, que consideram heterogeneidade de variâncias também foram estudadas e possuem 5, 5, 8, 5, 7 e 10 parâmetros, respectivamente. Na estrutura CS todas as covariâncias são iguais e na VC as covariâncias são nulas. As demais estruturas consideram diferentes covariâncias para cada par de medidas. Os parâmetros destas matrizes foram estimados pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita.

Para escolher o AEF e a estrutura de (co)variâncias que melhor representam a variabilidade entre e dentro de animais, respectivamente, foram utilizados quatro critérios de ajuste

proporcionados pelo procedimento MIXED do SAS (SAS, 2000): -2 Residual Log Likelihood (-2RLL); Akaike's Information Criterion (AIC); Schwarz's Bayesian Information Criterion (BIC); e Consistent Akaike's Information Criterion (CAIC).

O AEF mais adequado para a análise dos dados foi obtido por meio do teste de qui-quadrado para os critérios -2RLL, AIC, BIC e CAIC, com grau de liberdade igual à diferença entre os graus de liberdade dos resíduos dos modelos com diferentes arranjos para efeitos fixos, considerando-se as estruturas de (co)variâncias que convergiram em todos os casos. Para escolher a estrutura de (co)variância mais adequada também foi realizado o teste de qui-quadrado para os critérios de ajuste proporcionados pelo SAS, sendo o grau de liberdade igual à diferença entre o número de parâmetros das estruturas em questão, considerando-se apenas o arranjo para efeitos fixos mais adequado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O critério de convergência não foi alcançado para todos os arranjos para efeitos fixos e para todas as estruturas de (co)variâncias, porém, as estruturas ARMA(1,1) e TOEP(2) alcançaram o critério de convergência em todos os arranjos para efeitos fixos e, portanto, foram utilizadas para a definição do melhor arranjo para estes efeitos.

O arranjo AEF5 proporcionou os menores valores para todos os critérios sendo, portanto, o modelo de melhor ajuste para a análise dos dados utilizados neste trabalho, enquanto o arranjo AEF2 foi o que proporcionou os maiores valores para todos os critérios sendo, portanto, o modelo com o pior ajuste para a análise destes dados, tanto para a estrutura de covariância ARMA(1,1), como para a TOEP(2). O arranjo 5 é o mais completo dos testados, enquanto o arranjo 2 é o mais simples e, portanto, no presente caso, é recomendada a utilização de modelos mais completos para a análise deste conjunto de dados.

Juntamente às análises com estruturas de (co)variâncias residuais, foram realizadas análises de variância considerando-se os pesos em cada idade como características diferentes e, de acordo com o Teste F (comumente utilizado para testar o efeito da exclusão de parâmetros do modelo), os modelos recomendados poderiam variar de acordo com a característica (peso em diferentes idades). Isso pode ser um fator complicador nas análises de dados longitudinais, como em análises de regressão aleatória, e, por isso, a escolha de modelos considerando os dados como medidas repetidas pode ser mais adequada para estes casos.

Na Tabela 1 são apresentados os critérios de ajuste proporcionados pelo procedimento MIXED do SAS (2000) para as estruturas de (co)variâncias que atingiram o critério de convergência com a utilização do arranjo para efeitos fixos 5, que considerou os grupos de contemporâneos compostos por ano, mês de nascimento e sexo do bezerro.

Em todas as situações, exceto com a utilização da estrutura de (co)variância VC, o teste de esfericidade, que testa se a matriz de (co)variância para as medidas de cada animal tem estrutura do tipo H (Wolfinger e Chang, s/a), foi altamente significativo ($P < 0,001$), indicando que, para este conjunto de dados, a análise univariada, considerando-se medidas repetidas como subparcelas não é apropriada. Nesses casos, Freitas e Toral (2003) sugerem que as variáveis respostas sejam transformadas utilizando a família de transformações de Box-Cox ou que elas sejam analisadas utilizando matrizes de (co)variâncias residuais.

A estrutura de covariância CSH proporcionou os menores valores para todos os critérios e, portanto, de acordo com SAS (2000), pode ser considerada como a mais adequada para representar a variabilidade entre as medidas dentro do animal. Os valores para os critérios -2RLL, AIC, BIC e CAIC proporcionados pelas estruturas AR(1) e ARMA(1,1) não diferiram entre si pelo teste de qui-quadrado; todavia, foram maiores que os valores proporcionados pela estrutura CSH. A estrutura VC foi a que apresentou os maiores valores para os critérios avaliados e, portanto, foi a pior para representar a variabilidade entre as medidas de cada animal.

Freitas e Toral (2003), estudando dados de nove medidas de pesos de zebuínos, observaram que a estrutura CSH foi uma das indicadas para a descrição da variabilidade dentro de animais da raça Guzará. Todavia, as estruturas ARMA(1,1), FA(1) e UN também foram

adequadas para o estudo de medidas repetidas de peso nas raças Nelore, Gir e Indubrasil.

Segundo Littell et al. (1998), a escolha da estrutura de (co)variância para os resíduos é importante porque os erros-padrão das médias são dependentes desta escolha e, caso se opte por uma estrutura inadequada, os erros-padrão podem ser viesados.

Na Tabela 2 são apresentadas as matrizes de (co)variâncias e as correlações entre as medidas de cada animal fornecidas pelas estruturas CSH, AR(1) e ARMA(1,1).

A estrutura CSH fornece uma matriz onde é possível observar aumento da variância ao longo da vida do animal. Tal fenômeno já foi reportado nos trabalhos de Freitas e Toral (2003). Porém a correlação entre qualquer medida, independente do intervalo entre elas, foi constante (0,64). No caso das estruturas AR(1) e ARMA(1,1), os elementos da diagonal (variâncias) foram iguais para todas as idades, o que não está de acordo com o relatado na literatura, porém observam-se correlações diferentes para cada par de idades, sendo essas menores à medida que aumenta o intervalo de pesagens.

CONCLUSÕES

A correlação e a heterogeneidade de variância entre as medidas do peso dos bovinos do rebanho analisado inviabilizam o uso da análise univariada para estes dados. Neste caso, o estudo do peso dos animais como sendo medidas repetidas é uma alternativa adequada e possibilita a realização de testes de hipóteses confiáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FREITAS, A.R.; TORAL, F.L.B. Alternativas de análises em dados de medidas repetidas de bovinos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia (enviado para publicação), 2003.
2. GRÖHN, Y.T.; McDERMOTT, J.J.; SCHUKKEN, Y.H. HERTL, J.A.; EICKER, S.W. Analysis of correlated continuous repeated observations: modeling the effect of ketosis on milk yield in dairy cows. Preventive Veterinary Medicine, v.39, n.2, p.137-153, 1999.
3. LORENZO-BERMEJO, J.; ROEHE, R.; RAVE, G. KALM, E. Comparison of linear and nonlinear functions and covariance structures to estimate feed intake pattern in growing pigs. Livestock Production Science, v.82, n.1, p.15-26, 2003.
4. LITTELL, R.C.; HENRY, P.R.; AMMERMAN, C.B. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. Journal of Animal Science, v.76, n.4, p.1216-1231, 1998.
5. SAS Institute Inc. Statistical Analysis System user's guide. Version 8.2 ed. Cary: SAS Institute, USA, 2000.
6. WOLFINGER, R.; CHANG, M. Comparing SAS[®] GLM and MIXED procedures for repeated measurements. Cary: SAS Institute, USA, s/a. 11p.

TABELA 1 - Critérios de ajuste (-100.000) proporcionados pelo procedimento MIXED do SAS (2000) para cada estrutura de covariância, com a utilização dos grupos de contemporâneos formados por ano, mês de nascimento e sexo do bezerro (AEF5)

Estrutura de (Co)variâncias ²	Critério ¹			
	-2RLL	AIC	BIC	CAIC
AR(1)	39.469 ^b	39.473 ^b	39.485 ^b	39.487 ^b
ARMA(1,1)	39.464 ^b	39.470 ^b	39.489 ^b	39.492 ^b
CS	40.698 ^d	40.702 ^d	40.714 ^d	40.716 ^d
CSH	31.050 ^a	31.060 ^a	31.091 ^a	31.096 ^a
TOEP(2)	39.892 ^c	39.896 ^c	39.909 ^c	39.911 ^c
VC	41.789 ^e	41.791 ^e	41.797 ^e	41.798 ^e

¹Critério: -2RLL = -2 Residual Log Likelihood, AIC = Akaike's Information Criterion, BIC = Schwarz's Bayesian Information Criterion e CAIC = Consistent Akaike's Information Criterion. Letras diferentes na mesma coluna representam diferença significativa (P<0,01) pelo teste de qui-quadrado com grau de liberdade igual à diferença entre o número de parâmetros das estruturas de (co)variância.

² AR(1) = Auto Regressiva de Primeira Ordem; ARMA(1,1) = Auto Regressiva de Primeira Ordem com Média Móvel; CS = Simetria composta; CSH = Simetria Composta Heterogênea; TOEP(2) = Toeplitz com Duas Bandas; e VC = Componentes de Variância.

TABELA 2 - Variâncias (diagonal, kg²), covariâncias (acima da diagonal, kg) e correlações (abaixo da diagonal) para os pesos ao nascimento (PN), à desmama (P240), aos doze (P365) e aos dezoito meses (P550) de idade, fornecidas pelas estruturas Simetria Composta Heterogênea (CSH), Auto Regressiva Analítica de Primeira Ordem (AR(1)) e Auto Regressiva Analítica de Primeira Ordem com Média Móvel (ARMA(1,1))

	PN	P240	P365	P550
CSH				
PN	43,30	157,98	181,77	222,64
P240	0,64	1.394,17	1.031,43	1.263,34
P365	0,64	0,64	1.845,69	1.453,59
P550	0,64	0,64	0,64	2.768,98
AR(1)				
PN	1.003,32	455,71	206,99	94,02
P240	0,45	1.003,32	455,71	206,99
P365	0,21	0,45	1.003,32	455,71
P550	0,09	0,21	0,45	1.003,32
ARMA(1,1)				
PN	1.004,39	457,81	193,93	82,15
P240	0,46	1.004,39	457,81	193,93
P365	0,19	0,46	1.004,39	457,81
P550	0,08	0,19	0,46	1.004,39