



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA
CURSO DE ESTATÍSTICA

Fillipe Rafael Bianek Pierin
Tiago Edeldo de Liz Estacio

**MODELOS NÃO LINEARES PARA PREDIÇÃO DE
NITROGÊNIO MINERALIZADO COM USO DE ESTERCO
ORGÂNICO**

CURITIBA

2013

**Fillipe Rafael Bianek Pierin
Tiago Edelmo de Liz Estacio**

**MODELOS NÃO LINEARES PARA PREDIÇÃO DE
NITROGÊNIO MINERALIZADO COM USO DE ESTERCO
ORGÂNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina CE078 - Laboratório de Estatística do Curso de Graduação em Estatística da Universidade Federal do Paraná, como exigência parcial para obtenção do grau de Bacharel em Estatística.

Orientador: Walmes Marques Zeviani

CURITIBA

2013

Termo de Aprovação

Fillipe Rafael Bianek Pierin

Tiago Edelmo de Liz Estacio

MODELOS NÃO LINEARES PARA PREDIÇÃO DE NITROGÊNIO MINERALIZADO COM USO DE ESTERCO ORGÂNICO

Trabalho de conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do Diploma de Graduação em Estatística da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Professor Walmes Marques Zeviani
Departamento de Estatística - UFPR
Orientador

Professora Fernanda Buhner Rizzato
Departamento de Estatística - UFPR
Banca

Agradecimentos

Agradecemos primeiramente a Deus que nos deu sabedoria durante a caminhada no curso de estatística.

Ao nosso orientador Professor Walmes Marques Zeviani, pela dedicação com a nossa dupla, pelos ensinamentos compartilhados, pela paciência, compreensão e confiança depositada em nós.

Pelas amizades conquistadas durante o período na universidade e o companheirismo nos bons e maus momentos.

A todos os professores do Departamento de Estatística que contribuíram na nossa formação superior.

As nossas famílias, pelo apoio no decorrer da graduação de estatística.

A Professora Fernanda Buhner Rizzato, pela disponibilidade em participar da banca desta monografia.

Resumo

Esta monografia apresenta um estudo sobre a dinâmica de liberação de nitrogênio em função do tempo nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) e Latossolo Vermelho Distroférico (Lvdf) com o uso de esterco orgânico (Esterco Bovino, Esterco de Codorna, Esterco de Galinha, Esterco de Equino e Esterco de Suíno). Para a análise foi considerado o uso dos modelos de regressão não linear de Michaelis-Menten Extendido (quociente) e Zeviani (exponencial). Ainda, foi considerado efeito aleatório nos parâmetros para acomodar a variação entre unidades experimentais, haja visto que se trata de um estudo longitudinal. Nesse estudo fez uso das medidas de log-verossimilhança, Critério de Informação de Akaike (AIC) e Critério de Informação Bayesiano (BIC) para auxiliar na escolha dos modelos. Os 20 modelos selecionados, segundo AIC, não continham o efeito aleatório nos parâmetros e com a análise de resíduos verificou-se que os modelos selecionados estão bem ajustados aos dados.

Palavras-chaves: modelos, regressão não linear, efeito aleatório, quociente, exponencial.

Lista de Figuras

Figura 1	Nitrogênio liberado acumulado em função os dias após incubação. Nas linhas os solos, colunas os esterco, com símbolos as UE.	6
Figura 2	Gráfico das interpretações dos parâmetros do modelo Michaelis-Menten Extendido.	7
Figura 3	Fluxograma dos modelos utilizados no experimento considerando especificações de efeito aleatório nos parâmetros.	8
Figura 4	Log-verossimilhança para os modelos quociente (Q) e exponencial (E) em função da especificação de efeito aleatório para cada cenário de solo-esterco, com a faixa do teste da razão de verossimilhança, onde Q:AD (Modelo Quociente com os parâmetros θ_a e θ_d) e E:AD (Modelo Exponencial com os parâmetros θ_a e θ_d) são modelos idênticos.	12
Figura 5	Critério de Informação de Akaike para os modelos quociente (Q) e exponencial (E) em função e especificações de efeito aleatório para cada cenário de solo-esterco.	13
Figura 6	Critério de Informação Bayesiano para os modelos quociente (Q) e exponencial (E) em função e especificações de efeito aleatório para cada cenário de solo-esterco.	14
Figura 7	Valores observados versus ajustados para quociente (Q) e exponencial (E) em cada cenário de solo-esterco.	16

Figura 8	Intervalo de confiança dos melhores modelos de quociente (Q) e exponencial (E) em cada cenário de solo-esterco.	17
Figura 9	Resíduos padronizados para os modelos Michaelis-Menten Extendido (Q) e Zeviani (E) em cada cenário de solo-esterco.	18

Lista de Tabelas

Tabela 1	Tabela de convergência dos modelos quociente (Q) e exponencial (E).	14
Tabela 2	Tabela de frequência dos melhores modelos de acordo com especificações de efeito aleatório.	15
Tabela 3	Tabela de frequência dos melhores modelos de acordo com os parâmetros e solo.	15
Tabela 4	Tabela de frequência dos melhores modelos de acordo com os parâmetros e solo separados por modelo quociente (Q) e exponencial (E).	15
Tabela 5	Tabela com as estimativas e erros-padrões (EP) dos parâmetros e as log-verossilhanças dos modelos Michaelis-Menten Extendido (Q) e Zeviani (E) em cada cenário de solo-esterco.	22
Tabela 6	Dados referentes a liberação de nitrogênio (N) usado nos modelos Michaelis-Menten Extendido (Q) e Zeviani (E) em cada cenário de solo-esterco.	37

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	3
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	5
3.1	DESCRIÇÃO DOS DADOS	5
3.2	MODELOS NÃO LINEARES	5
3.3	MEDIDAS DE DECISÃO	9
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
5	CONCLUSÃO	19
	Referências	20
	Anexo A – Tabela com as estimativas e erros-padrões (EP) dos parâmetros e as log-verossilhanças dos modelos Michaelis-Menten Extendido (Q) e Zeviani (E) em cada cenário de solo-esterco.....	22
	Anexo B – Códigos para reprodução do estudo dos modelos Michaelis-Menten (Q) e Zeiani (E) para um cenário de solo-esterco contendo ou não efeito aleatório nos parâmetros.....	33
	Anexo C – Tabela com os dados considerados no código R.....	37

1 INTRODUÇÃO

O modelos de regressão são amplamente usados em diversas aplicações para descrever a relação entre a variável resposta Y e uma variável explicativa x . Os modelos de regressão são classificados em termos dos parâmetros em duas categorias: lineares e não lineares. Se um parâmetro aparece de forma não linear o modelo é nomeado como não linear. Em alguns casos, em que as observações são acompanhadas ao longo do tempo e quando há presença de dados agrupados, levando em conta a existência de correlação entre as observações, deve-se considerar modelo misto ou dados longitudinais.

A variabilidade observada na resposta Y pode ser explicada por um conjunto de valores de efeito fixo, e a outra parte pode estar agregada a realização de variáveis não observáveis a qual é atribuída o efeito aleatório, tal efeito será usado no estudo em questão.

Uma das principais vantagens de usar o modelo não linear é que existe interpretação para a maior parte dos parâmetros, (SCHABENBERGER; PIERCE, 2001). Se em algum modelo de regressão isso não ocorre, pode-se fazer uma reparametrização do modelo com finalidade de torná-la mais interpretável, entretanto isso requer conhecimento prévio do assunto a ser tratado (físicos, químicos ou biológicos). Esses tipos de modelos são adequados para a descrição de liberação de nutrientes, devido a qualidade de ajuste e por fazer a estimação das quantidades de interesse, que no caso dessa monografia será utilizado o nutriente nitrogênio.

O nitrogênio (N) é o quinto elemento mais abundante na Terra, sendo um dos elementos indispensáveis à vida no planeta. Este elemento químico é predominantemente encontrado no solo em forma de composto orgânico. Em comparação com outros nutrientes, o nitrogênio sofre várias transformações no solo, dificultando a avaliação de sua disponibilidade (WIKIPEDIA, 2013).

A mineralização é um dos processos de transformação do N nos solos e que consiste na conversão biológica de N em N mineral (amoníaco), que sob condições ácidas

é rapidamente convertido em amônio (CH_4^+) (PEREIRA; MUNIZ; SILVA, 2005), onde aumenta a disponibilidade de N no solo.

O processo de mineralização é influenciado por um número de fatores, tais como: o tipo de solo, o conteúdo de matéria orgânica, o total de N, a relação C/N, o pH, a temperatura, a umidade do solo, a secagem, o nível de acidez do solo, o fornecimento de nutrientes inorgânicos e interações solo-planta (HAYNES, 1986). Dentre esses fatores, a acidez do solo exerce um papel importante no condicionamento das taxas de mineralização do nitrogênio desde a correção da acidez do solo geralmente aumentando as quantidades de nitrogênio mineralizado (NYBORG; HOYT; PENNY, 1988).

A análise da disponibilidade de N pode ser conseguida por meio de métodos biológicos de curto prazo, utilizando amostra de incubação do solo em laboratório (FOTH; ELLIS, 1988). O processo consiste na incubação do solo proporcionando aos organismos o condicionamento à conversão do N orgânico de amônio para a avaliação de mineralização e disponibilidade de N.

Neste trabalho, os dados utilizados foram obtidas da pesquisa feita pelo Oliveira (2008), se referem ao conteúdo de N mineralizado liberado acumulado em função do tempo, em cinco tipos de resíduos orgânicos de origem animal, incubados em dois solos. Os dados podem ser visualizados no Anexo C.

De acordo com a análise exploratória, o conteúdo de nitrogênio acumulado é uma função monótona não decrescente do tempo, por esse motivo se considera aplicação de modelos de regressão não linear. Nesta monografia será considerando os seguintes modelos exponencial (E) e quociente (Q) com especificação de efeito aleatório.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Devido a sua importância para o desenvolvimento das plantas, muitos pesquisadores estudam a melhor forma de prever a dinâmica de liberação de nitrogênio e de outros nutrientes importantes no solo usando várias formas estatísticas diferentes, como a regressão linear.

Aita e Giacomini (2003) estudaram a decomposição e taxa de liberação do nitrogênio (N) de resíduos culturais provenientes de plantas no outono/inverno: aveia preta; (AP) (*Avena strigosa* Schieb); ervilhaca comum; (EC) (*Vicia sativa* L.); nabo forrageiro (NF); e (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.). Eles ajustaram os modelos de regressão não linear propostos por Wieder e Lang (1982), utilizaram os valores dos coeficientes de determinação (R^2) como critério de avaliação do melhor modelo, além de análise de variância, comparando-se as médias de tratamento pelo teste Tukey a nível de confiança de 5%. Concluíram que os resíduos culturais do consórcio entre aveia e ervilhaca apresentaram melhor persistência no solo do que aqueles da ervilhaca solteira e liberaram maiores quantidade de N do que a aveia e nabo solteiro.

Felix et al. (2012) utilizaram o nitrogênio de lenta liberação para verificar o desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays* L.), cuja plantação realizou-se na fazenda da Universidade Estadual de Maringá, no Paraná, com o uso do solo latossolo vermelho distrófico. O experimento foi conduzido seguindo o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Na análise estatística usou-se a regressão polinomial com 5% de nível de significância, concluindo-se que as doses de nitrogênio de lenta liberação não tiveram efeito significativo para o desenvolvimento da cultura de milho, apenas ocorrendo diferença na coloração das plantas.

Torres e Pereira (2008) estudaram a taxa de decomposição e a taxa de liberação de nitrogênio onde foram avaliadas em um experimento com sete tipos de cobertura vegetal: milheto pérola (*Pennisetum americanum* sin. *tiphoides*), braquiária (*Brachiaria brizantha*), sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench), guandu (*Cajanus cajan* (L.)

Millsp), crotalária juncea (*Crotalaria juncea*) e aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb), em repouso e em área de cultivo convencional (testemunha), em solo de cerrado, em Uberaba, região do Triângulo Mineiro. Para descrever a decomposição dos resíduos vegetais e a liberação de N, aplicaram um modelo matemático exponencial, descrito por Thomas e Asakawa (1993) e utilizado por Rezende et al. (1999), onde utilizaram o teste Tukey para concluir que a braquiária foi a cobertura que apresentou a maior taxa de decomposição.

Um trabalho parecido com que será apresentado no decorrer dessa monografia sobre liberação de nitrogênio realizou-se por Pereira, Muniz e Silva (2005), com oito modelos de regressão não linear, usando estrutura de erros autorregressivos de ordem 1 e 2, AR(1) e AR(2). Os autores mostraram com a análise dos erros autorregressivos dos oito modelos, que o modelo Juma, Paul e Mary (1984) é o que melhor descreve a dinâmica do nitrogênio mineralizado, usando uma correção da acidez do solo, entretanto outros modelos sem a correção se mostraram adequados para o estudo.

Zeviani et al. (2012) analisou as propriedades de inferência como o vício de estimadores dos modelos de regressão não linear, para verificar a intensidade da não linearidade de dois modelos exponencial e quociente. Para tal estudo esse autor utilizou de uma base de dados sobre liberação de potássio (K), concluindo que os dois modelos se mostram adequados para explicar a liberação de K. Porém, o modelo exponencial apresentou-se melhor, como verificado pelos intervalos de confiança que ficaram menores aplicando o modelo quociente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DOS DADOS

O conjunto de dados utilizados neste trabalho foi obtido de Oliveira (2008) e se refere ao conteúdo de N (mg) liberado em função dos dias após incubação, em cinco tipos de resíduos orgânicos de origem animal, incubados em dois solos. Os resíduos estudados foram esterco bovino (EB), esterco de codorna (EC), esterco equino (EE), esterco de galinha (EG) e esterco de suíno (ES), que foram incubados em Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e Latossolo Vermelho distroférico (Lvdf), o que perfaz dez cenários.

O estudo da dinâmica de liberação de N foi feito pela coleta do mesmo mineralizado, a cada 15 dias, durante os três primeiros meses de incubação e a cada 30 dias, até o final do experimento, refazendo 12 coletas (270 dias) contendo 30 unidades experimentais. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três unidades experimentais para cada combinação de solo-esterco, refazendo, portanto 288 coletas de N durante o período experimental (figura 1).

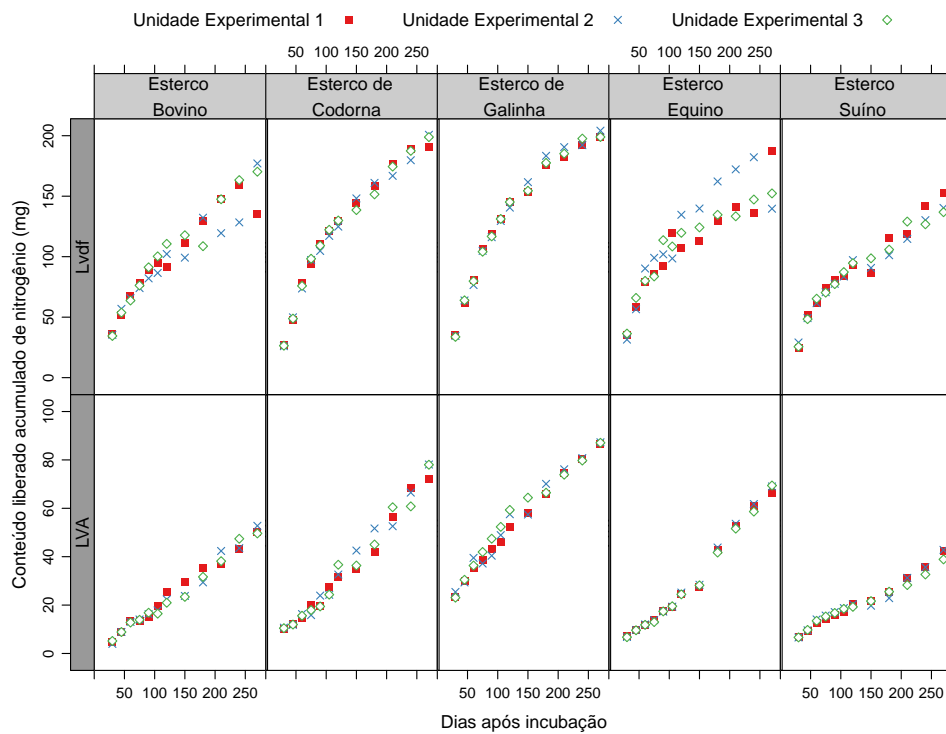
3.2 MODELOS NÃO LINEARES

A liberação de nitrogênio foi observada em três unidades experimentais ao longo do tempo (agrupado em dez subconjuntos de solo-esterco), assim sendo um estudo longitudinal. Conforme é usual, é difícil garantir que as unidades experimentais (UE) sejam iguais então espera-se que exista o efeito das unidades experimentais sobre a resposta. Desta forma o efeito de UE pode ser acomodado por meio de termos de efeito aleatório.

Neste estudo o objetivo principal será a avaliação dos dois modelos não lineares, Michaelis-Menten Extendido ($f_1(x) = \frac{\theta_a \cdot x}{\theta_v + x} + \theta_d \cdot x$) (Quociente) e Zeviani ($f_2(x) = \theta_a \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-\log(2)}{\theta_v} \cdot x\right)\right) + \theta_d \cdot x$) (Exponencial), onde o modelo Michaelis-Menten Extendido é o Michaelis-Menten ($g(x) = \frac{\theta_a \cdot x}{\theta_v + x}$) acrescido de um termo linear ($h(x) = \theta_d \cdot x$). O modelo

Zeviani é uma reparametrização do modelo Cabrera ($f_3(x) = \theta_a \cdot (1 - \exp(-\theta_k \cdot x))$), sendo feita para que o parâmetro θ_k dê lugar ao tempo de meia vida θ_v . Após a reparametrização os modelos Quociente e Exponencial podem ser comparados.

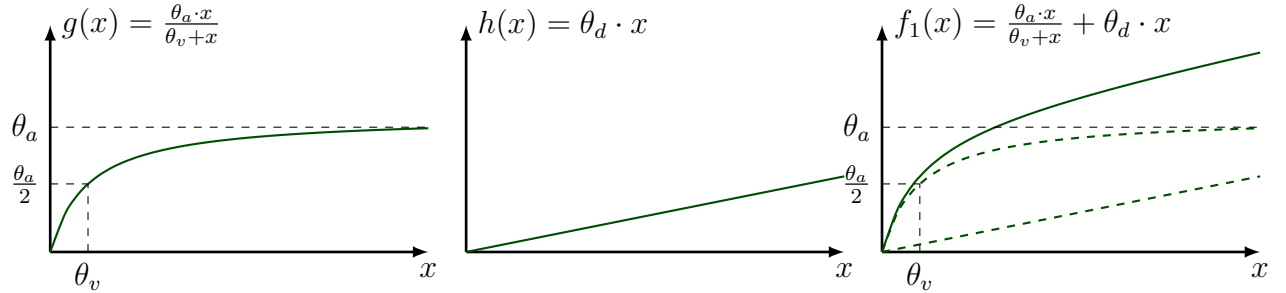
Figura 1: Nitrogênio liberado acumulado em função os dias após incubação. Nas linhas os solos, colunas os esterco, com símbolos as UE.



Os parâmetros dos modelos quociente e exponencial são interpretados da seguinte maneira: conteúdo total de N prontamente liberável (θ_a , assíntota, mg), tempo necessário para a liberação de metade ($\theta_a/2$, meia vida) do N da porção prontamente liberável (θ_v , dias) e taxa de liberação do N da porção de lenta liberação (θ_d , $\text{mg kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), segundo Zeviani et al. (2012).

Na figura 2 mostra-se a representação dos parâmetros, em que $g(x)$ é liberação rápida e curta de nitrogênio, $h(x)$ é a lenta e prolongada liberação e $f_1(x)$ é a junção das duas.

Figura 2: Gráfico das interpretações dos parâmetros do modelo Michaelis-Menten Extendido.



Os modelos propostos foram subdivididos em modelos com três ou dois parâmetros ($\theta_d = 0$ ou $\theta_v \rightarrow 0$) conforme a seguir.

1º) Modelos

$$f(x)^* = \frac{\theta_a \cdot x}{\theta_v + x} + \theta_d \cdot x$$

$$f(x)^{**} = \theta_a \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-\log(2)}{\theta_v} \cdot x\right) \right) + \theta_d \cdot x$$

2º) Quando $\theta_d = 0$,

$$f(x)^* = \frac{\theta_a \cdot x}{\theta_v + x}$$

$$f(x)^{**} = \theta_a \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-\log(2)}{\theta_v} \cdot x\right) \right)$$

3º) Quando $\theta_v \rightarrow 0$,

$$f(x)^* = \theta_a + \theta_d \cdot x$$

$$f(x)^{**} = \theta_a + \theta_d \cdot x$$

* Michaelis-Menten Extendido [Quociente]

** Zeviani [Exponencial]

Em relação ao efeito aleatório nas unidades experimentais, o modelo quociente considerando efeito aleatório nos parâmetros (θ_a , θ_v e θ_d) tem a seguinte especificação:

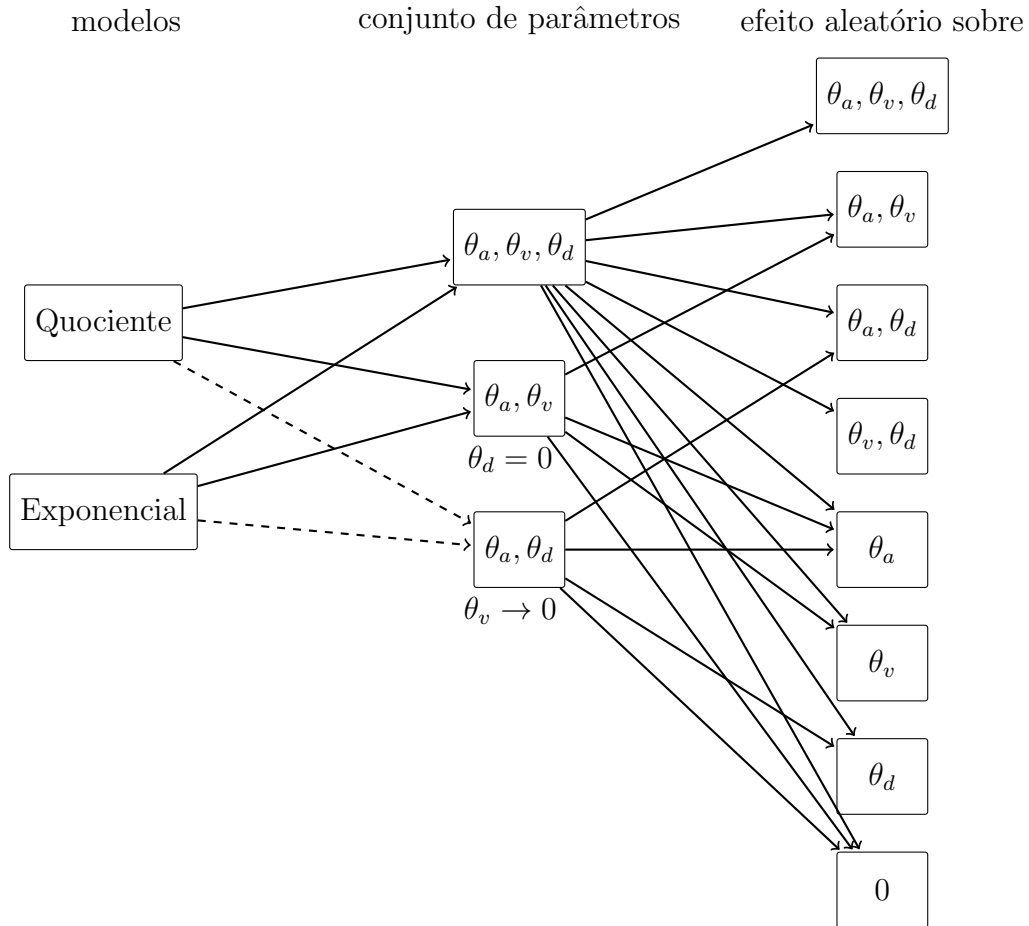
$$Y|x, a_i, v_i, d_i \sim N(f(x), \sigma^2) \quad (3.1)$$

$$f(x) = \frac{(\theta_a + a_i) \cdot x}{(\theta_v + v_i) + x} + (\theta_d + d_i) \cdot x \quad (3.2)$$

em que assume-se que os efeitos aleatórios (a_i , v_i e d_i) seguem distribuição normal com média igual zero e variância específica (σ_a^2 , σ_v^2 e σ_d^2) ($a_i \sim N(0, \sigma_a^2)$, $v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$ e $d_i \sim N(0, \sigma_d^2)$) e o erro (e_{ij}) é independente e identicamente distribuído (i.i.d.) seguindo $N(0, \sigma_e^2)$ (SHEATHER, 2008).

Alguns parâmetros são considerados iguais à zero ($\theta_d = 0$ ou $\theta_v \rightarrow 0$) para verificar padrões de liberação, representado no fluxograma da figura 3 com todas as especificações de efeito aleatório com submodelos contendo ou não parâmetros nulos, onde as linhas tracejadas representam o mesmo modelo, totalizando 316 modelos distintos.

Figura 3: Fluxograma dos modelos utilizados no experimento considerando especificações de efeito aleatório nos parâmetros.



A estimação dos parâmetros será feita com a utilização da função de verossimilhança, levando em conta a especificação de termos de efeito aleatório com distribuição normal conforme equação 3.1. Considerando o modelo quociente com efeito aleatório em todos os parâmetros, a função de verossimilhança é:

$$L(\theta, \Sigma, \sigma^2) = \prod_{i=1}^I \int \prod_{j=1}^{n_i} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot \exp \left(-\frac{\left(y_{ij} - \frac{(\theta_a + a_i) \cdot x_{ij}}{(\theta_v + v_i) + x_{ij}} + (\theta_d + d_i) \cdot x_{ij} \right)^2}{2\sigma^2} \right) \cdot \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^k |\Sigma|}} \cdot \exp \left(-\frac{1}{2} \cdot b_i^T \cdot \Sigma^{-1} \cdot b_i \right) db_i \quad (3.3)$$

sendo $b_i = \begin{bmatrix} a_i \\ v_i \\ d_i \end{bmatrix}$, $\theta = \begin{bmatrix} \theta_a \\ \theta_v \\ \theta_d \end{bmatrix}$, $(a_i, v_i, d_i) \sim N_3 \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \sigma_a^2 & \sigma_a \sigma_v & \sigma_a \sigma_d \\ \sigma_a \sigma_v & \sigma_v^2 & \sigma_v \sigma_d \\ \sigma_a \sigma_d & \sigma_v \sigma_d & \sigma_d^2 \end{bmatrix} \right) = \Sigma$. Para obter estimativas dos parâmetros deve-se maximizar a função de log-verossimilhança, $l(\theta, \Sigma, \sigma^2) = \log(L(\theta, \Sigma, \sigma^2))$.

3.3 MEDIDAS DE DECISÃO

Com a finalidade de decidir entre os modelos propostos é o mais adequado, Quociente ou Exponencial, com ou sem especificação de termos de efeito aleatório para cada cenário de solo-esterco, usam-se as estatísticas do teste razão de verossimilhança (TRV) (equação 3.4), Critério de Informação de Akaike (AIC) (equação 3.5) e Critério de Informação Bayesiano (BIC) (equação 3.6), comparando-os.

O TRV é apropriado para testar modelos que sejam encaixados, ou seja, em que um dos modelos é submodelo do outro, sendo expresso por

$$D = -2 \cdot \left(\log(p(y|\hat{\theta})) - \log(p(y|\theta_0)) \right). \quad (3.4)$$

sendo que $p(y|\hat{\theta})$ é o máximo do logaritmo natural da função de verossimilhança (MLFV) e $p(y|\theta_0)$ é o MLFV para modelo mais simples sob H_0 . Se o modelo melhor se ajustar ao conjunto de dados, a D (deviance) tem-se distribuição assintótica χ_v^2 , onde v é os graus de liberdade. Portanto, a hipótese que o modelo nulo apresenta a log-verossimilhança menor é rejeitada caso $D > \chi_v^2$.

O AIC foi introduzido por Akaike (1974) e se baseia no cálculo de:

$$AIC_p = -2 \cdot \log(L_p) + 2 \cdot p \quad (3.5)$$

em que L_p é a função de máxima verossimilhança do modelo e p é o número de parâmetros

consideradas no modelo.

O BIC foi proposto por Schwarz (1978), e faz a ponderação entre a função log-verossimilhança maximizada e o número de parâmetros do modelo, calculando-se a partir da equação:

$$BIC_p = -2 \cdot \log(L_p) + p \cdot \log(n) \quad (3.6)$$

Os intervalos de confiança de Wald são calculados com a intenção de verificar se os parâmetros são relevantes ao modelo. Esses intervalos se baseiam na distribuição assintótica do estimador ($\hat{\theta}$) e os limites de confiança de $100 \cdot (1 - \alpha)\%$ para os coeficientes são calculados por

$$\hat{\theta} \pm z_{\alpha/2} \cdot \sqrt{V(\hat{\theta})} \quad (3.7)$$

em que $z_{\alpha/2}$ é o quantil da distribuição normal padrão e $V(\hat{\theta})$ é a variância do estimador.

Para a análise e tabulação dos dados, foram utilizados como ferramentas de auxílio computacional os softwares R 3.0.1 R CORE TEAM (2013), com os pacotes nlme, lattice, latticeExtra e plyr e as funções nls e nlme.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na maioria dos ajustes, considerando os cenários de solo-esterco, o modelo Zeviani (exponencial) foi o melhor baseado nas log-verossimilhanças (figura 4). Se percebe no gráfico que com a inclusão de efeito aleatório nos modelos não houve mudanças nas log-verossimilhanças, mostrando que os modelos sem efeito aleatório são equivalentes aos com efeito, em termos de log-verossimilhança.

Na figura 4 mostra-se uma região destacada em cinza mostrando o teste da razão de verossimilhança, conforme explicado nos métodos, considerando χ_1^2 com um grau de liberdade devido a comparação de dois modelos por vez. Neste caso quem não está na área crítica teve valor significativo no teste, ou seja, $\log(p(y|\hat{\theta}_0)) - \log(p(y|\theta_0)) > 1.92$. Analisando os modelos que obtiveram as melhores log-verossimilhança, observa-se que se adicionado efeito aleatório nos parâmetros, não há diferenças relevantes na log-verossimilhança.

Verifica-se que o modelo exponencial foi significativo em todos os cenários de solo-esterco, porém com uma variabilidade maior no cenário solo LVA com esterco de galinha, que apresenta o modelo quociente sendo o mais adequado.

Figura 4: Log-verossimilhança para os modelos quociente (Q) e exponencial (E) em função da especificação de efeito aleatório para cada cenário de solo-esterco, com a faixa do teste da razão de verossimilhança, onde Q:AD (Modelo Quociente com os parâmetros θ_a e θ_d) e E:AD (Modelo Exponencial com os parâmetros θ_a e θ_d) são modelos idênticos.

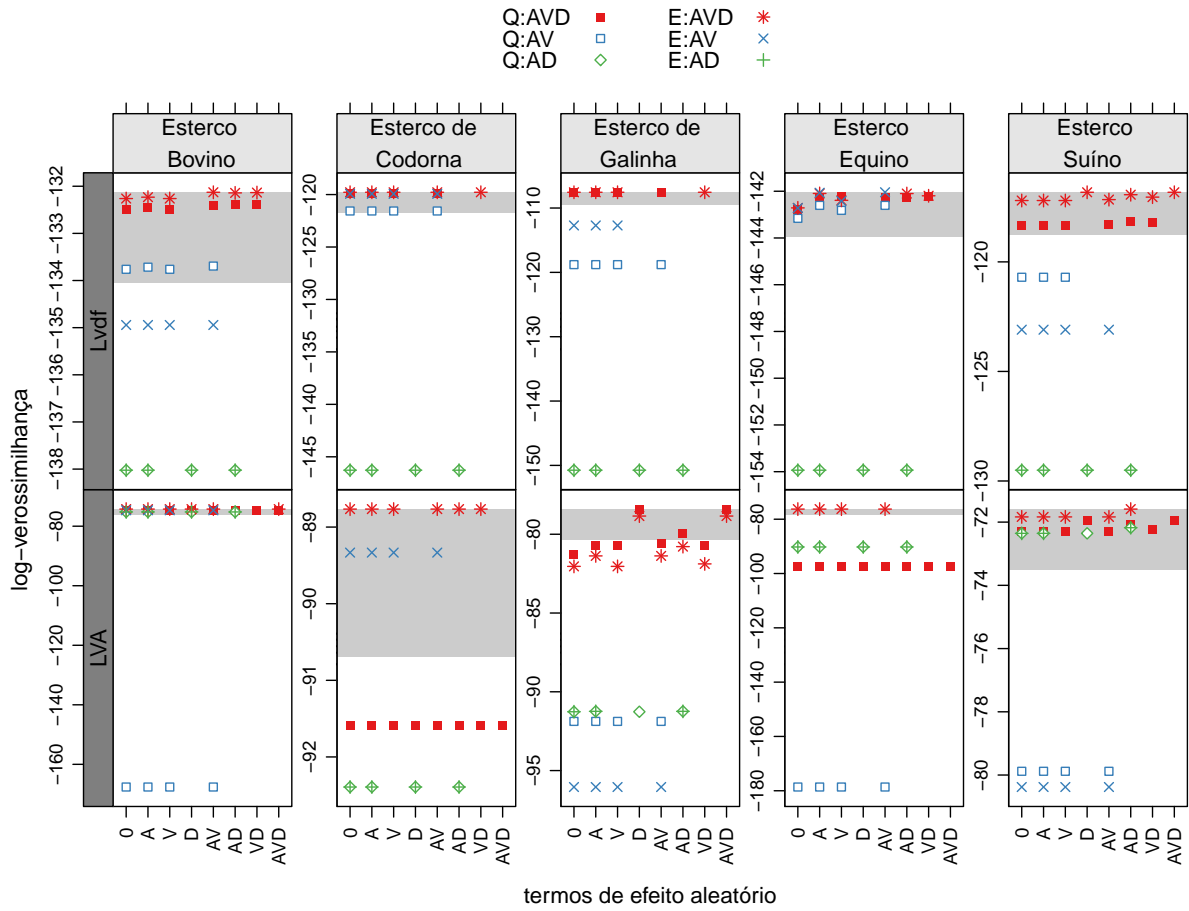
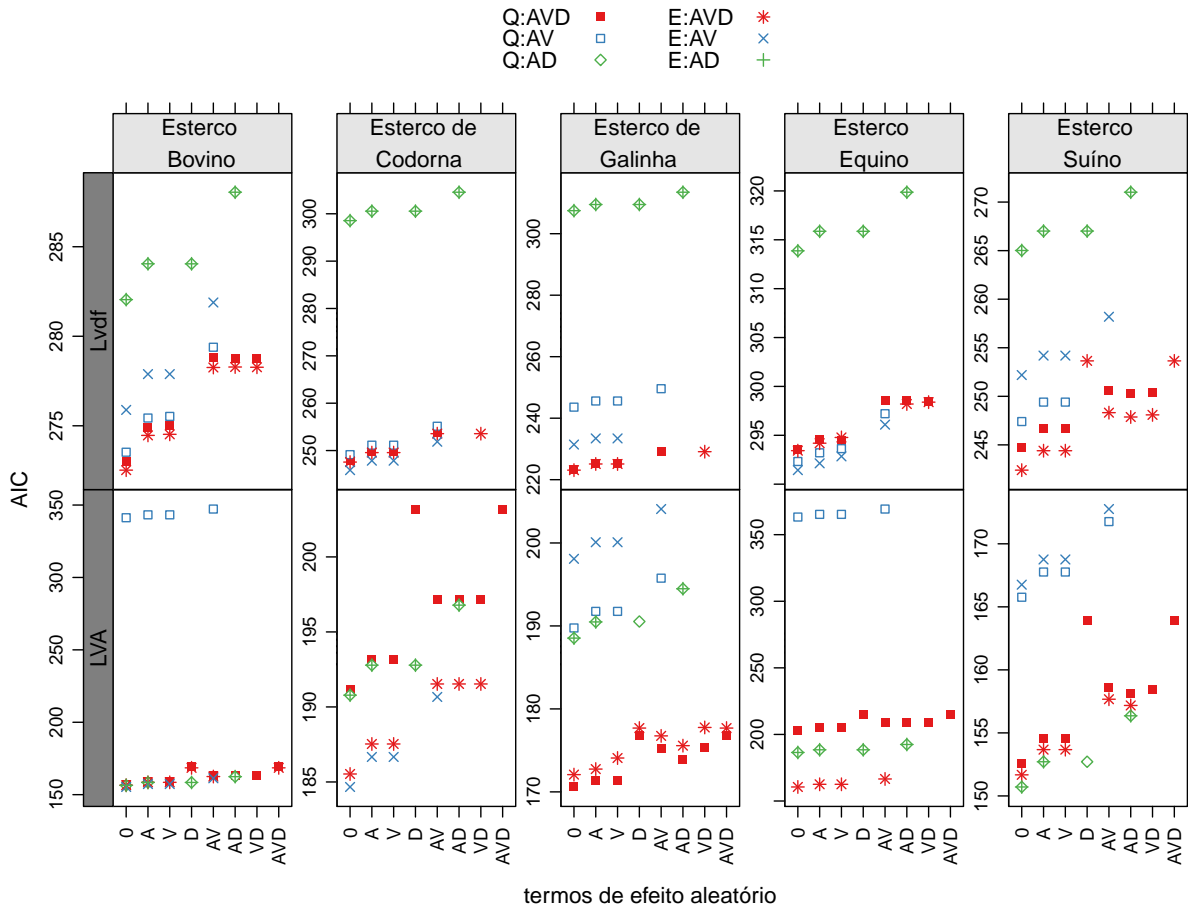
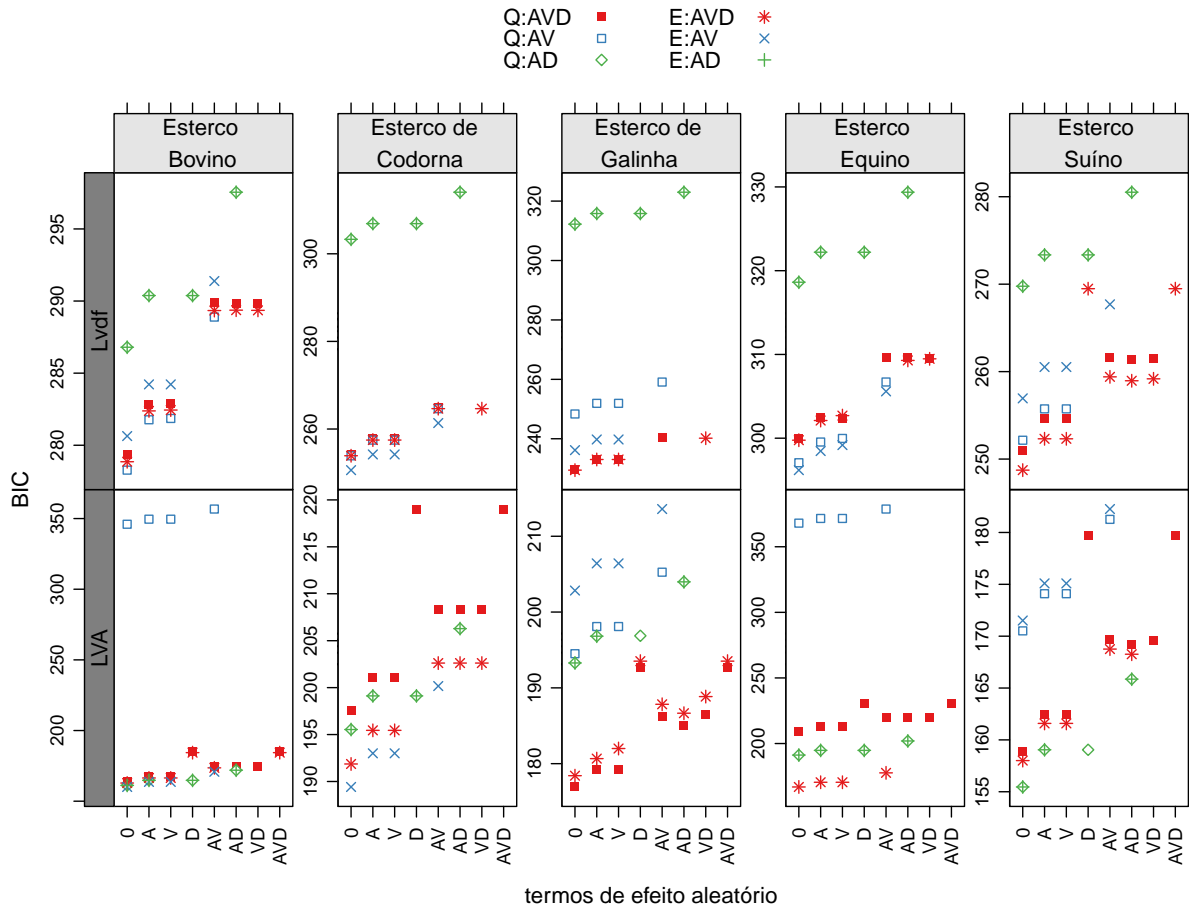


Figura 5: Critério de Informação de Akaike para os modelos quociente (Q) e exponencial (E) em função e especificações de efeito aleatório para cada cenário de solo-esterco.



Analisando a figura 5 verifica-se que modelo exponencial tende-se a ser escolhido na maioria dos cenários, com exceção do esterco de galinha, conforme o estatística AIC, que quanto menor o valor melhor é o modelo. No solo Lvdf devido ao seu comportamento não linear caracterizando a liberação de nitrogênio rápida e curta, assim os modelos com três parâmetros convergem mais. Em contrapartida, no solo LVA a maioria dos casos tente a escolher os modelos com dois parâmetros (θ_a e θ_d) seguindo um comportamento linear representado na liberação da taxa lenta e prolongada.

Figura 6: Critério de Informação Bayesiano para os modelos quociente (Q) e exponencial (E) em função e especificações de efeito aleatório para cada cenário de solo-esterco.



Com a mesma interpretação da estatística AIC, diagnostica pelos resultados do BIC (figura 6) as mesmas conclusões retiradas anteriormente com o AIC, que os modelos sem efeito aleatórios tiveram melhores ajuste aos dados.

Em relação a convergência dos 320 modelos propostos, sendo 316 distintos devido a equivalência dos modelos quociente e exponencial quando se reduzem a dois parâmetros θ_a e θ_d convergem 263 (tabela 1).

Tabela 1: Tabela de convergência dos modelos quociente (Q) e exponencial (E).

Modelo	Qtd Convergência	Total de Modelos
Quociente	137	156
Exponencial	126	156

Fonte: O Autor.

Foi selecionado o melhor modelo quociente e exponencial em cada solo-esterco segundo o AIC, sendo dez do solo LVA e os outros dez do solo Lvdf, todos os modelos selecionados não possuem efeito aleatório como demonstrado na tabela 2.

Tabela 2: Tabela de frequência dos melhores modelos de acordo com especificações de efeito aleatório.

	0	a_i	v_i	d_i	a_i, v_i	a_i, d_i	v_i, d_i	a_i, v_i, d_i
LVA	10	0	0	0	0	0	0	0
Lvdf	10	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: O Autor.

Conforme demonstrado na tabela 3, o solo LVA devido a sua performance linear converge mais modelos com os parâmetros θ_a e θ_d . Já nos solo Lvdf os modelos selecionados contém os três parâmetros (θ_a , θ_v e θ_d), tendo uma forma não linear.

Tabela 3: Tabela de frequência dos melhores modelos de acordo com os parâmetros e solo.

	$\theta_a, \theta_v, \theta_d$	θ_a, θ_v	θ_a, θ_d
LVA	3	2	5
Lvdf	7	3	0

Fonte: O Autor.

Levando em conta qual o modelo e parâmetros utilizados, na tabela 4 pode-se verificar que o modelo quociente obteve as melhores AIC, ou seja, se ajustaram melhores aos dados.

Tabela 4: Tabela de frequência dos melhores modelos de acordo com os parâmetros e solo separados por modelo quociente (Q) e exponencial (E).

	$\theta_a, \theta_v, \theta_d$	θ_a, θ_v	θ_a, θ_d
LVA:Q	1	0	4
LVA:E	2	2	1
Lvdf:Q	4	1	0
Lvdf:E	3	2	0

Fonte: O Autor.

Ao analisar graficamente os melhores modelos (pelo critério de AIC) de Michaelis-Menten Extendido (quociente) e Zeviani (exponencial) para cada cenário de solo-esterco,

não conseguimos diferenciá-los visualmente. Contudo é evidente que ambos estão bem ajustados para cada cenário, demonstrado na figura 7.

Na figura 8 mostra-se os intervalos de confiança (IC) de Wald para os vinte melhores modelos. Os intervalos do modelo quociente foram mais amplos comparados com os do modelo exponencial. Devido as suas log-verossimilhanças serem maiores implica que seus IC sejam menores (a menos nos casos com presença de colinearidade).

Figura 7: Valores observados versus ajustados para quociente (Q) e exponencial (E) em cada cenário de solo-esterco.

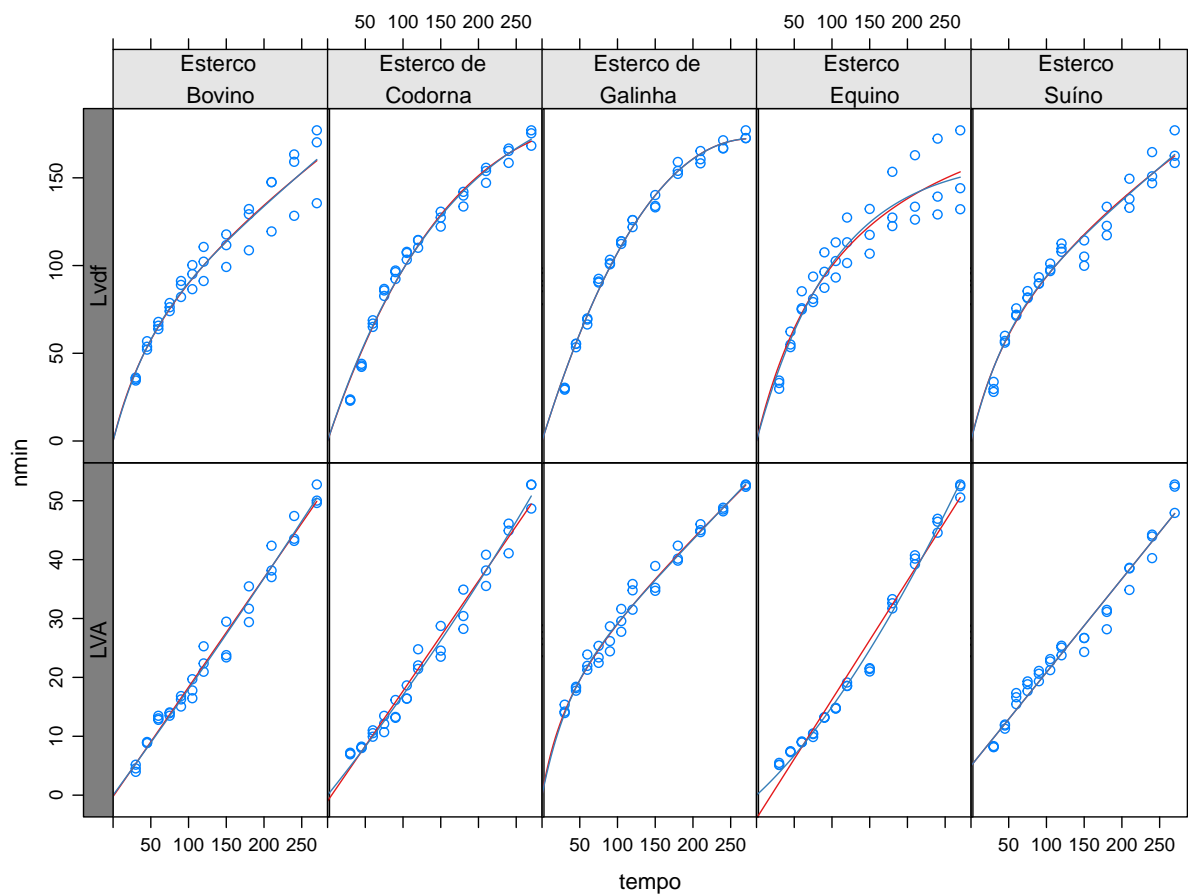
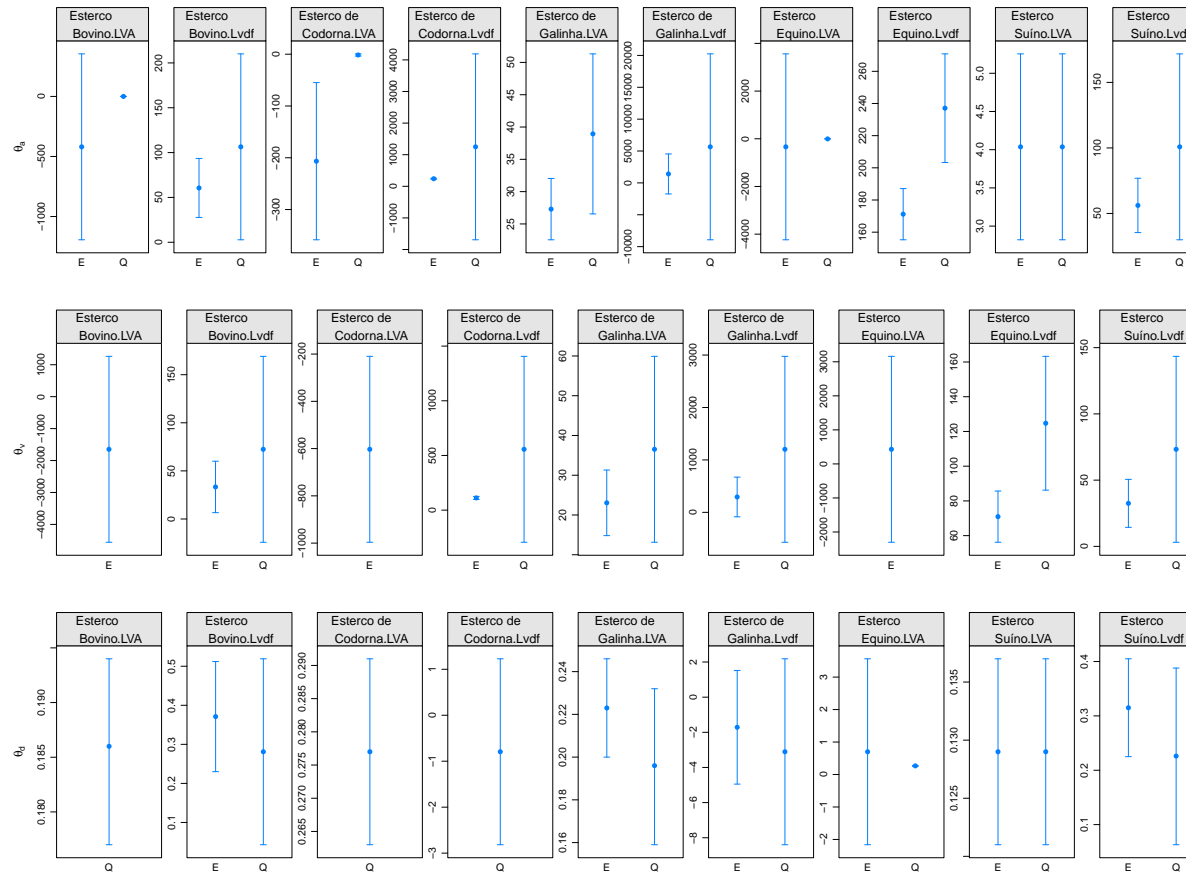
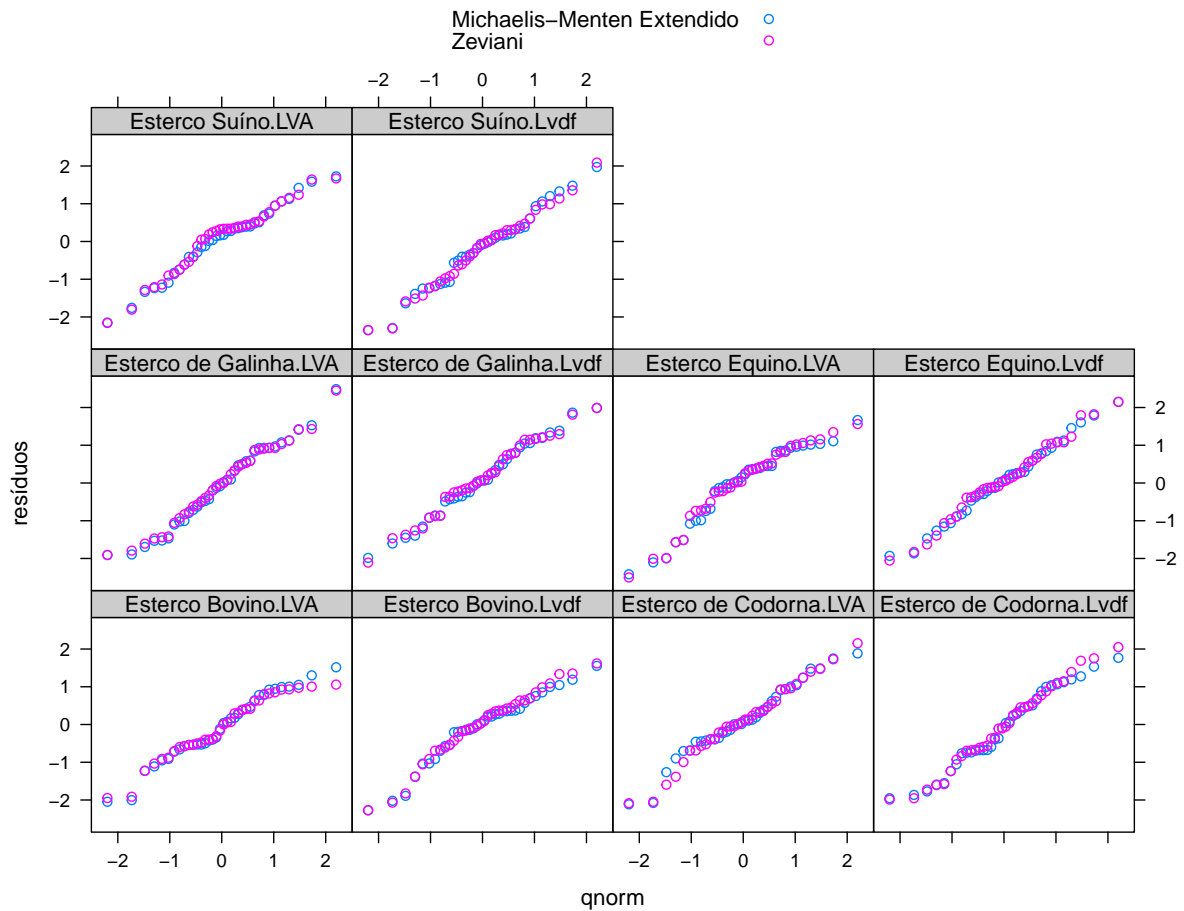


Figura 8: Intervalo de confiança dos melhores modelos de quociente (Q) e exponencial (E) em cada cenário de solo-esterco.



Por último se analisa os resíduos dos vinte melhores modelos (figura 9), cujos valores mostram que os melhores modelos ajustaram-se bem aos dados de liberação de nitrogênio do solo ao uso de esterco orgânico, tanto o modelo quociente quanto o modelo exponencial.

Figura 9: Resíduos padronizados para os modelos Michaelis-Menten Extendido (Q) e Zeviani (E) em cada cenário de solo-esterco.



5 CONCLUSÃO

As análises realizadas nesta monografia tiveram como objetivo aplicar dois modelos não lineares Michaelis-Menten Extendido (quociente) e Zeviani (exponencial), e avaliar suas reduções e especificações de efeito aleatório.

Para investigar qual o melhor modelo a ser aplicado, foi separado o banco de dados em subconjunto de solo-esterco, sendo propostos 320 modelos não lineares que continham efeito aleatório em um ou mais parâmetros e pelo menos um parâmetro nulo. Foram utilizando os valores da log-verossimilhança, e dos critérios de informação de akaike e bayesiano para diagnosticar os modelos mais adequados ao estudo em questão. Também se analisou os intervalos de confiança e os resíduos dos melhores modelos em cada cenário solo-esterco.

O resultado final das análises mostrou que dos melhores modelos selecionados, não continham efeito aleatório nos parâmetro. E com a análise residual mostrou-se que os modelos se adequaram bem os dados. Contudo, as equações do modelo exponencial obtiveram melhores resultados, de acordo com as estatísticas citadas anteriormente, mas não convergiram para todos os casos (dos 160 somente 130 convergiram), pela característica dos dados se comportarem como uma curva no solo Lvdf ou como reta no solo LVA.

O modelo final a ser escolhido depende da visão do pesquisador. Se o objetivo for encontrar uma equação que abranja o máximo de situações possíveis, o modelo Michaelis-Menten Extendido (quociente) seria o mais adequado, caso contrário se o objetivo é ter melhores ajustes ou melhores resultados neste caso opta-se pelo uso do modelo Zeviani (exponencial).

Referências

- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, scielo, v. 27, p. 601 – 612, 08 2003. ISSN 0100-0683.
- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **Institute of Statistical Mathematics**, v. 19, p. 716–723, 1974.
- FELIX, J. C. et al. Utilização de Diferentes Doses de Nitrogênio Proveniente de Fertilizante de Liberação Lenta em Cobertura na Cultura do Milho. **XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, p. 1173–1178, 2012.
- FOTH, H. D.; ELLIS, B. G. **Soil fertility**. New York: John Wiley e Sons, 1988. 212 p.
- HAYNES, R. J. **Mineral Nitrogen in the Plant Soil System**. Orlando: Academic Express, 1986. 483 p.
- JUMA, N.; PAUL, E.; MARY, B. Kinetic analysis of net mineralization in soil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, p. 465–472, 1984.
- NYBORG, M.; HOYT, P.; PENNY, D. C. Mineral Nitrogen in the Plant Soil System. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p. 1371–1379, 1988.
- OLIVEIRA, W. J. de. **Liberação de potássio em latossolos tratados com resíduos orgânicos**. Dissertação (Mestrado) — Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, MG, 2008.
- PEREIRA, J. M.; MUNIZ, J. A.; SILVA, C. A. Nonlinear models to predict nitrogen mineralization in an Oxisol. **Scientia Agricola**, scielo, v. 62, p. 395 – 400, 08 2005. ISSN 0103-9016.
- R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria, 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>.
- REZENDE, C. d. P. et al. Litter deposition and disappearance in Brachiaria pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 54, p. 99–112, 1999.
- SCHABENBERGER, O.; PIERCE, F. J. **Contemporary Statistical Models for the Plant and Soil Sciences**. CRC Press, 2001. 738 p. ISBN 1584881119. Disponível em: <<http://www.amazon.com/Contemporary-Statistical-Models-Plant-Sciences/dp/1584881119>>.
- SCHWARZ, G. Estimating the Dimension of a Model. **The Annals of Statistics**, Institute of Mathematical Statistics, v. 6, n. 2, p. 461–464, 1978. ISSN 00905364.

SHEATHER, S. **A Modern Approach to Regression with R**. [S.l.]: Springer, 2008. 392 p. ISBN 978-0-387-09607-0.

THOMAS, R.; ASAKAWA, N. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, p. 1351–1361, 1993.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, scielo, v. 32, p. 1609 – 1618, 08 2008. ISSN 0100-0683.

WIEDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecological Society of America**, p. 1636–1642, 1982.

WIKIPEDIA. **Azoto**. 2013. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Azoto>>.

ZEVIANI, W. M. et al. Modelos não lineares para a liberação de potássio de esterco animais em latossolos. **Ciência Rural**, scielo, v. 42, p. 1789 – 1796, 10 2012. ISSN 0103-8478. Acesso em: 10 set. 2013.

ANEXO A – Tabela com as estimativas e erros-padrões (EP) dos parâmetros e as log-verossilhanças dos modelos Michaelis-Menten Extendido (Q) e Zeviani (E) em cada cenário de solo-esterco.

Tabela 5: Tabela com as estimativas e erros-padrões (EP) dos parâmetros e as log-verossilhanças dos modelos Michaelis-Menten Extendido (Q) e Zeviani (E) em cada cenário de solo-esterco.

esterco.solo.parâmetros	efeito aleatório	modelo	loglik	θ_a (EP)	θ_v (EP)	θ_d (EP)
Esterco Bovino.LVA.AD	0	E	-75.21537	-0.227(0.672)	-	0.186(0.004)
Esterco Bovino.LVA.AD	A	E	-75.21537	-0.227(0.672)	-	0.186(0.004)
Esterco Bovino.LVA.AD	AD	E	-75.21537	-0.227(0.672)	-	0.186(0.004)
Esterco Bovino.LVA.AD	D	E	-75.21537	-0.227(0.672)	-	0.186(0.004)
Esterco Bovino.LVA.AV	0	E	-74.65765	-419.654(394.881)	-1647.858(1484.997)	-
Esterco Bovino.LVA.AV	A	E	-74.65765	-419.655(394.882)	-1647.862(1485.002)	-
Esterco Bovino.LVA.AV	AV	E	-74.65765	-419.658(394.886)	-1647.872(1485.015)	-
Esterco Bovino.LVA.AV	V	E	-74.65765	-419.651(394.874)	-1647.847(1484.972)	-
Esterco Bovino.LVA.AVD	0	E	-74.25704	-0.008(0.090)	-32.591(64.262)	0.180(0.008)

Continua na próxima página

esterco.solo.parâmetros	efeito aleatório	modelo	loglik	θ_a (EP)	θ_v (EP)	θ_d (EP)
Esterco Bovino.LVA.AVD	A	E	-74.25704	-0.008(0.090)	-32.591(64.262)	0.180(0.008)
Esterco Bovino.LVA.AVD	AV	E	-74.25704	-0.008(0.090)	-32.591(64.262)	0.180(0.008)
Esterco Bovino.LVA.AVD	AVD	E	-74.25703	-0.008(0.092)	-32.682(64.538)	0.180(0.008)
Esterco Bovino.LVA.AVD	D	E	-74.25703	-0.008(0.092)	-32.682(64.538)	0.180(0.008)
Esterco Bovino.LVA.AVD	V	E	-74.25704	-0.008(0.090)	-32.591(64.262)	0.180(0.008)
Esterco Bovino.LVA.AD	0	Q	-75.21537	-0.227(0.672)	-	0.186(0.004)
Esterco Bovino.LVA.AD	A	Q	-75.21537	-0.227(0.672)	-	0.186(0.004)
Esterco Bovino.LVA.AD	AD	Q	-75.21537	-0.227(0.672)	-	0.186(0.004)
Esterco Bovino.LVA.AD	D	Q	-75.21537	-0.227(0.672)	-	0.186(0.004)
Esterco Bovino.LVA.AV	0	Q	-167.61787	3.345(1.448)	-53.240(3.514)	-
Esterco Bovino.LVA.AV	A	Q	-167.61787	3.345(1.448)	-53.242(3.514)	-
Esterco Bovino.LVA.AV	AV	Q	-167.61788	3.345(1.448)	-53.242(3.514)	-
Esterco Bovino.LVA.AV	V	Q	-167.61789	3.345(1.448)	-53.242(3.514)	-
Esterco Bovino.LVA.AVD	0	Q	-74.67102	0.158(0.161)	-35.446(7.082)	0.183(0.003)
Esterco Bovino.LVA.AVD	A	Q	-74.67102	0.158(0.161)	-35.446(7.082)	0.183(0.003)
Esterco Bovino.LVA.AVD	AD	Q	-74.67102	0.158(0.161)	-35.446(7.082)	0.183(0.003)
Esterco Bovino.LVA.AVD	AV	Q	-74.67102	0.158(0.161)	-35.446(7.082)	0.183(0.003)
Esterco Bovino.LVA.AVD	AVD	Q	-74.67102	0.158(0.161)	-35.446(7.082)	0.183(0.003)
Esterco Bovino.LVA.AVD	D	Q	-74.67102	0.158(0.161)	-35.446(7.082)	0.183(0.003)
Esterco Bovino.LVA.AVD	V	Q	-74.67102	0.158(0.161)	-35.446(7.082)	0.183(0.003)
Esterco Bovino.LVA.AVD	VD	Q	-74.67102	0.158(0.161)	-35.446(7.082)	0.183(0.003)
Esterco Bovino.Lvdf.AD	0	E	-138.02329	36.107(3.848)	-	0.485(0.025)
Esterco Bovino.Lvdf.AD	A	E	-138.02329	36.107(3.848)	-	0.485(0.025)
Esterco Bovino.Lvdf.AD	AD	E	-138.02241	36.107(3.842)	-	0.485(0.025)
Esterco Bovino.Lvdf.AD	D	E	-138.02247	36.107(3.842)	-	0.485(0.025)
Esterco Bovino.Lvdf.AV	0	E	-134.94321	182.938(10.956)	100.539(11.165)	-
Esterco Bovino.Lvdf.AV	A	E	-134.94321	182.962(10.961)	100.563(11.170)	-
Esterco Bovino.Lvdf.AV	AV	E	-134.94321	182.962(10.961)	100.563(11.170)	-
Esterco Bovino.Lvdf.AV	V	E	-134.94321	182.962(10.961)	100.563(11.170)	-

Continua na próxima página

esterco.solo.parâmetros	efeito aleatório	modelo	loglik	θ_a (EP)	θ_v (EP)	θ_d (EP)
Esterco Bovino.Lvdf.AVD	0	E	-132.26167	60.568(16.785)	33.329(13.641)	0.371(0.072)
Esterco Bovino.Lvdf.AVD	A	E	-132.23220	60.300(16.455)	33.099(13.396)	0.372(0.071)
Esterco Bovino.Lvdf.AVD	AD	E	-132.14152	60.652(16.515)	33.401(13.406)	0.370(0.071)
Esterco Bovino.Lvdf.AVD	AV	E	-132.12815	58.061(14.649)	31.199(12.345)	0.381(0.064)
Esterco Bovino.Lvdf.AVD	V	E	-132.26167	60.568(16.785)	33.329(13.641)	0.371(0.072)
Esterco Bovino.Lvdf.AVD	VD	E	-132.13463	60.139(16.150)	32.979(13.201)	0.373(0.070)
Esterco Bovino.Lvdf.AD	0	Q	-138.02329	36.107(3.848)	-	0.485(0.025)
Esterco Bovino.Lvdf.AD	A	Q	-138.02329	36.107(3.848)	-	0.485(0.025)
Esterco Bovino.Lvdf.AD	AD	Q	-138.02241	36.107(3.842)	-	0.485(0.025)
Esterco Bovino.Lvdf.AD	D	Q	-138.02247	36.107(3.842)	-	0.485(0.025)
Esterco Bovino.Lvdf.AV	0	Q	-133.76211	267.576(21.279)	193.762(28.101)	-
Esterco Bovino.Lvdf.AV	A	Q	-133.71697	266.602(20.978)	192.448(27.525)	-
Esterco Bovino.Lvdf.AV	AV	Q	-133.69338	266.378(21.422)	192.191(27.667)	-
Esterco Bovino.Lvdf.AV	V	Q	-133.76211	267.591(21.281)	193.780(28.104)	-
Esterco Bovino.Lvdf.AVD	0	Q	-132.49725	106.418(52.894)	72.452(49.307)	0.281(0.122)
Esterco Bovino.Lvdf.AVD	A	Q	-132.45870	102.085(48.593)	68.322(45.885)	0.291(0.114)
Esterco Bovino.Lvdf.AVD	AD	Q	-132.38657	108.078(53.244)	74.021(49.379)	0.277(0.122)
Esterco Bovino.Lvdf.AVD	AV	Q	-132.41856	93.175(40.909)	60.145(39.991)	0.312(0.101)
Esterco Bovino.Lvdf.AVD	V	Q	-132.49725	106.418(52.894)	72.452(49.307)	0.281(0.122)
Esterco Bovino.Lvdf.AVD	VD	Q	-132.38221	105.869(51.485)	72.021(48.105)	0.282(0.119)
Esterco de Codorna.LVA.AD	0	E	-92.39248	-1.487(1.083)	-	0.277(0.007)
Esterco de Codorna.LVA.AD	A	E	-92.39248	-1.487(1.083)	-	0.277(0.007)
Esterco de Codorna.LVA.AD	AD	E	-92.39248	-1.487(1.083)	-	0.277(0.007)
Esterco de Codorna.LVA.AD	D	E	-92.39248	-1.487(1.083)	-	0.277(0.007)
Esterco de Codorna.LVA.AV	0	E	-89.33305	-206.627(77.446)	-602.962(200.706)	-
Esterco de Codorna.LVA.AV	A	E	-89.33305	-206.628(77.446)	-602.962(200.706)	-
Esterco de Codorna.LVA.AV	AV	E	-89.33305	-206.628(77.446)	-602.962(200.706)	-
Esterco de Codorna.LVA.AV	V	E	-89.33305	-206.627(77.446)	-602.962(200.706)	-
Esterco de Codorna.LVA.AVD	0	E	-88.76530	-0.137(0.679)	-44.705(46.931)	0.249(0.020)

Continua na próxima página

esterco.solo.parâmetros	efeito aleatório	modelo	loglik	θ_a (EP)	θ_v (EP)	θ_d (EP)
Esterco de Codorna.LVA.AVD	A	E	-88.76530	-0.137(0.679)	-44.705(46.931)	0.249(0.020)
Esterco de Codorna.LVA.AVD	AD	E	-88.76530	-0.137(0.679)	-44.705(46.931)	0.249(0.020)
Esterco de Codorna.LVA.AVD	AV	E	-88.76530	-0.137(0.679)	-44.705(46.931)	0.249(0.020)
Esterco de Codorna.LVA.AVD	V	E	-88.76530	-0.137(0.679)	-44.705(46.931)	0.249(0.020)
Esterco de Codorna.LVA.AVD	VD	E	-88.76530	-0.137(0.679)	-44.705(46.931)	0.249(0.020)
Esterco de Codorna.LVA.AD	0	Q	-92.39248	-1.487(1.083)	-	0.277(0.007)
Esterco de Codorna.LVA.AD	A	Q	-92.39248	-1.487(1.083)	-	0.277(0.007)
Esterco de Codorna.LVA.AD	AD	Q	-92.39248	-1.487(1.083)	-	0.277(0.007)
Esterco de Codorna.LVA.AD	D	Q	-92.39248	-1.487(1.083)	-	0.277(0.007)
Esterco de Codorna.LVA.AVD	0	Q	-91.59508	-0.412(0.282)	-34.623(3.913)	0.271(0.004)
Esterco de Codorna.LVA.AVD	A	Q	-91.59508	-0.412(0.282)	-34.623(3.913)	0.271(0.004)
Esterco de Codorna.LVA.AVD	AD	Q	-91.59508	-0.412(0.282)	-34.623(3.913)	0.271(0.004)
Esterco de Codorna.LVA.AVD	AV	Q	-91.59508	-0.412(0.282)	-34.623(3.913)	0.271(0.004)
Esterco de Codorna.LVA.AVD	AVD	Q	-91.59508	-0.412(0.282)	-34.623(3.913)	0.271(0.004)
Esterco de Codorna.LVA.AVD	D	Q	-91.59508	-0.412(0.282)	-34.623(3.913)	0.271(0.004)
Esterco de Codorna.LVA.AVD	V	Q	-91.59508	-0.412(0.282)	-34.623(3.913)	0.271(0.004)
Esterco de Codorna.LVA.AVD	VD	Q	-91.59508	-0.412(0.282)	-34.623(3.913)	0.271(0.004)
Esterco de Codorna.Lvdf.AD	0	E	-146.27653	36.054(4.839)	-	0.652(0.032)
Esterco de Codorna.Lvdf.AD	A	E	-146.27653	36.054(4.839)	-	0.652(0.032)
Esterco de Codorna.Lvdf.AD	AD	E	-146.27653	36.054(4.839)	-	0.652(0.032)
Esterco de Codorna.Lvdf.AD	D	E	-146.27653	36.054(4.839)	-	0.652(0.032)
Esterco de Codorna.Lvdf.AV	0	E	-119.93166	240.034(8.580)	111.801(7.037)	-
Esterco de Codorna.Lvdf.AV	A	E	-119.93166	240.034(8.580)	111.801(7.037)	-
Esterco de Codorna.Lvdf.AV	AV	E	-119.93166	240.034(8.580)	111.801(7.037)	-
Esterco de Codorna.Lvdf.AV	V	E	-119.93166	240.034(8.580)	111.801(7.037)	-
Esterco de Codorna.Lvdf.AVD	0	E	-119.78198	342.913(312.130)	142.787(86.786)	-0.209(0.580)
Esterco de Codorna.Lvdf.AVD	A	E	-119.78198	342.913(312.130)	142.787(86.786)	-0.209(0.580)
Esterco de Codorna.Lvdf.AVD	AV	E	-119.78198	342.913(312.130)	142.787(86.786)	-0.209(0.580)
Esterco de Codorna.Lvdf.AVD	V	E	-119.78198	342.913(312.130)	142.787(86.786)	-0.209(0.580)

Continua na próxima página

esterco.solo.parâmetros	efeito aleatório	modelo	loglik	θ_a (EP)	θ_v (EP)	θ_d (EP)
Esterco de Codorna.Lvdf.AVD	VD	E	-119.78198	342.913(312.130)	142.787(86.786)	-0.209(0.580)
Esterco de Codorna.Lvdf.AD	0	Q	-146.27653	36.054(4.839)	-	0.652(0.032)
Esterco de Codorna.Lvdf.AD	A	Q	-146.27653	36.054(4.839)	-	0.652(0.032)
Esterco de Codorna.Lvdf.AD	AD	Q	-146.27653	36.054(4.839)	-	0.652(0.032)
Esterco de Codorna.Lvdf.AD	D	Q	-146.27653	36.054(4.839)	-	0.652(0.032)
Esterco de Codorna.Lvdf.AV	0	Q	-121.56620	367.625(18.981)	233.217(20.556)	-
Esterco de Codorna.Lvdf.AV	A	Q	-121.56620	367.615(18.979)	233.207(20.555)	-
Esterco de Codorna.Lvdf.AV	AV	Q	-121.56620	367.615(18.979)	233.207(20.555)	-
Esterco de Codorna.Lvdf.AV	V	Q	-121.56620	367.615(18.979)	233.207(20.555)	-
Esterco de Codorna.Lvdf.AVD	0	Q	-119.93914	1249.230(1500.632)	556.380(433.711)	-0.794(1.032)
Esterco de Codorna.Lvdf.AVD	A	Q	-119.93914	1249.230(1500.631)	556.380(433.711)	-0.794(1.032)
Esterco de Codorna.Lvdf.AVD	AV	Q	-119.93914	1249.230(1500.631)	556.380(433.711)	-0.794(1.032)
Esterco de Codorna.Lvdf.AVD	V	Q	-119.93914	1249.230(1500.631)	556.380(433.711)	-0.794(1.032)
Esterco de Galinha.LVA.AD	0	E	-91.26680	20.478(1.050)	-	0.256(0.007)
Esterco de Galinha.LVA.AD	A	E	-91.24084	20.478(1.068)	-	0.256(0.007)
Esterco de Galinha.LVA.AD	AD	E	-91.24084	20.478(1.068)	-	0.256(0.007)
Esterco de Galinha.LVA.AV	0	E	-96.04412	98.185(3.651)	99.383(6.892)	-
Esterco de Galinha.LVA.AV	A	E	-96.04412	98.187(3.651)	99.387(6.893)	-
Esterco de Galinha.LVA.AV	AV	E	-96.04412	98.187(3.651)	99.387(6.893)	-
Esterco de Galinha.LVA.AV	V	E	-96.04412	98.187(3.651)	99.387(6.893)	-
Esterco de Galinha.LVA.AVD	0	E	-82.03951	27.294(2.422)	23.056(4.209)	0.223(0.012)
Esterco de Galinha.LVA.AVD	A	E	-81.37413	27.208(2.324)	22.888(3.955)	0.223(0.011)
Esterco de Galinha.LVA.AVD	AD	E	-80.78544	27.315(2.507)	23.097(3.863)	0.223(0.012)
Esterco de Galinha.LVA.AVD	AV	E	-81.37413	27.208(2.324)	22.888(3.955)	0.223(0.011)
Esterco de Galinha.LVA.AVD	AVD	E	-78.84495	26.891(4.096)	21.132(5.477)	0.225(0.018)
Esterco de Galinha.LVA.AVD	D	E	-78.84495	26.891(4.096)	21.132(5.477)	0.225(0.018)
Esterco de Galinha.LVA.AVD	V	E	-82.03951	27.294(2.422)	23.056(4.209)	0.223(0.012)
Esterco de Galinha.LVA.AVD	VD	E	-81.88220	27.711(2.460)	23.824(4.284)	0.221(0.012)
Esterco de Galinha.LVA.AD	0	Q	-91.26680	20.478(1.050)	-	0.256(0.007)

Continua na próxima página

esterco.solo.parâmetros	efeito aleatório	modelo	loglik	θ_a (EP)	θ_v (EP)	θ_d (EP)
Esterco de Galinha.LVA.AD	A	Q	-91.24084	20.478(1.068)	-	0.256(0.007)
Esterco de Galinha.LVA.AD	AD	Q	-91.24084	20.478(1.068)	-	0.256(0.007)
Esterco de Galinha.LVA.AD	D	Q	-91.26680	20.478(1.050)	-	0.256(0.007)
Esterco de Galinha.LVA.AV	0	Q	-91.87813	142.299(6.431)	188.313(15.684)	-
Esterco de Galinha.LVA.AV	A	Q	-91.87813	142.290(6.430)	188.295(15.683)	-
Esterco de Galinha.LVA.AV	AV	Q	-91.87813	142.290(6.430)	188.295(15.683)	-
Esterco de Galinha.LVA.AV	V	Q	-91.87813	142.290(6.430)	188.295(15.683)	-
Esterco de Galinha.LVA.AVD	0	Q	-81.29612	38.938(6.319)	36.524(11.930)	0.196(0.018)
Esterco de Galinha.LVA.AVD	A	Q	-80.68322	38.131(5.794)	34.951(10.922)	0.198(0.017)
Esterco de Galinha.LVA.AVD	AD	Q	-79.97642	37.893(5.662)	34.486(10.303)	0.198(0.017)
Esterco de Galinha.LVA.AVD	AV	Q	-80.59298	38.714(5.882)	36.049(11.132)	0.196(0.017)
Esterco de Galinha.LVA.AVD	AVD	Q	-78.40355	37.466(8.127)	32.329(12.342)	0.201(0.023)
Esterco de Galinha.LVA.AVD	D	Q	-78.40355	37.466(8.127)	32.329(12.342)	0.201(0.023)
Esterco de Galinha.LVA.AVD	V	Q	-80.68772	39.535(6.082)	37.606(11.625)	0.194(0.018)
Esterco de Galinha.LVA.AVD	VD	Q	-80.68772	39.535(6.082)	37.606(11.625)	0.194(0.018)
Esterco de Galinha.Lvdf.AD	0	E	-150.74474	46.346(5.479)	-	0.656(0.036)
Esterco de Galinha.Lvdf.AD	A	E	-150.74474	46.346(5.479)	-	0.656(0.036)
Esterco de Galinha.Lvdf.AD	AD	E	-150.74474	46.346(5.479)	-	0.656(0.036)
Esterco de Galinha.Lvdf.AD	D	E	-150.74474	46.346(5.479)	-	0.656(0.036)
Esterco de Galinha.Lvdf.AV	0	E	-112.71035	235.915(5.275)	93.554(4.024)	-
Esterco de Galinha.Lvdf.AV	A	E	-112.71035	235.914(5.275)	93.553(4.023)	-
Esterco de Galinha.Lvdf.AV	V	E	-112.71035	235.914(5.275)	93.553(4.023)	-
Esterco de Galinha.Lvdf.AVD	0	E	-107.55176	1402.205(1600.339)	293.407(192.973)	-1.713(1.650)
Esterco de Galinha.Lvdf.AVD	A	E	-107.55176	1402.205(1600.338)	293.407(192.973)	-1.713(1.650)
Esterco de Galinha.Lvdf.AVD	V	E	-107.55176	1402.205(1600.338)	293.407(192.973)	-1.713(1.650)
Esterco de Galinha.Lvdf.AVD	VD	E	-107.55176	1402.205(1600.338)	293.407(192.972)	-1.713(1.650)
Esterco de Galinha.Lvdf.AD	0	Q	-150.74474	46.346(5.479)	-	0.656(0.036)
Esterco de Galinha.Lvdf.AD	A	Q	-150.74474	46.346(5.479)	-	0.656(0.036)
Esterco de Galinha.Lvdf.AD	AD	Q	-150.74474	46.346(5.479)	-	0.656(0.036)

Continua na próxima página

esterco.solo.parâmetros	efeito aleatório	modelo	loglik	θ_a (EP)	θ_v (EP)	θ_d (EP)
Esterco de Galinha.Lvdf.AD	D	Q	-150.74474	46.346(5.479)	-	0.656(0.036)
Esterco de Galinha.Lvdf.AV	0	Q	-118.79590	349.428(13.344)	185.448(13.127)	-
Esterco de Galinha.Lvdf.AV	A	Q	-118.79590	349.424(13.344)	185.444(13.127)	-
Esterco de Galinha.Lvdf.AV	AV	Q	-118.79590	349.424(13.344)	185.444(13.127)	-
Esterco de Galinha.Lvdf.AV	V	Q	-118.79590	349.424(13.344)	185.444(13.127)	-
Esterco de Galinha.Lvdf.AVD	0	Q	-107.61103	5657.891(7440.090)	1202.590(904.493)	-3.107(2.699)
Esterco de Galinha.Lvdf.AVD	A	Q	-107.61103	5657.891(7440.095)	1202.590(904.494)	-3.107(2.699)
Esterco de Galinha.Lvdf.AVD	AV	Q	-107.61103	5657.891(7440.095)	1202.590(904.494)	-3.107(2.699)
Esterco de Galinha.Lvdf.AVD	V	Q	-107.61103	5657.891(7440.095)	1202.590(904.494)	-3.107(2.699)
Esterco Equino.LVA.AD	0	E	-90.22440	-5.197(1.020)	-	0.266(0.007)
Esterco Equino.LVA.AD	A	E	-90.22440	-5.197(1.020)	-	0.266(0.007)
Esterco Equino.LVA.AD	AD	E	-90.22440	-5.197(1.020)	-	0.266(0.007)
Esterco Equino.LVA.AD	D	E	-90.22440	-5.197(1.020)	-	0.266(0.007)
Esterco Equino.LVA.AVD	0	E	-76.27677	-337.799(1988.844)	429.496(1393.333)	0.701(1.461)
Esterco Equino.LVA.AVD	A	E	-76.27677	-337.799(1988.844)	429.496(1393.333)	0.701(1.461)
Esterco Equino.LVA.AVD	AV	E	-76.27677	-337.799(1988.844)	429.496(1393.333)	0.701(1.461)
Esterco Equino.LVA.AVD	V	E	-76.27677	-337.799(1988.844)	429.496(1393.333)	0.701(1.461)
Esterco Equino.LVA.AD	0	Q	-90.22440	-5.197(1.020)	-	0.266(0.007)
Esterco Equino.LVA.AD	A	Q	-90.22440	-5.197(1.020)	-	0.266(0.007)
Esterco Equino.LVA.AD	AD	Q	-90.22440	-5.197(1.020)	-	0.266(0.007)
Esterco Equino.LVA.AD	D	Q	-90.22440	-5.197(1.020)	-	0.266(0.007)
Esterco Equino.LVA.AV	0	Q	-178.62434	1.398(1.337)	-99.951(5.470)	-
Esterco Equino.LVA.AV	A	Q	-178.62434	1.399(1.337)	-99.948(5.467)	-
Esterco Equino.LVA.AV	AV	Q	-178.62434	1.399(1.337)	-99.948(5.467)	-
Esterco Equino.LVA.AV	V	Q	-178.62434	1.399(1.337)	-99.948(5.467)	-
Esterco Equino.LVA.AVD	0	Q	-97.44615	-0.260(0.244)	-71.202(3.748)	0.239(0.005)
Esterco Equino.LVA.AVD	A	Q	-97.44615	-0.260(0.244)	-71.202(3.748)	0.239(0.005)
Esterco Equino.LVA.AVD	AD	Q	-97.44615	-0.260(0.244)	-71.202(3.748)	0.239(0.005)
Esterco Equino.LVA.AVD	AV	Q	-97.44615	-0.260(0.244)	-71.202(3.748)	0.239(0.005)

Continua na próxima página

esterco.solo.parâmetros	efeito aleatório	modelo	loglik	θ_a (EP)	θ_v (EP)	θ_d (EP)
Esterco Equino.LVA.AVD	AVD	Q	-97.44615	-0.260(0.244)	-71.202(3.748)	0.239(0.005)
Esterco Equino.LVA.AVD	D	Q	-97.44615	-0.260(0.244)	-71.202(3.748)	0.239(0.005)
Esterco Equino.LVA.AVD	V	Q	-97.44615	-0.260(0.244)	-71.202(3.748)	0.239(0.005)
Esterco Equino.LVA.AVD	VD	Q	-97.44615	-0.260(0.244)	-71.202(3.748)	0.239(0.005)
Esterco Equino.Lvdf.AD	0	E	-153.93585	49.546(5.986)	-	0.467(0.040)
Esterco Equino.Lvdf.AD	A	E	-153.93585	49.546(5.986)	-	0.467(0.040)
Esterco Equino.Lvdf.AD	AD	E	-153.93379	49.546(5.972)	-	0.467(0.040)
Esterco Equino.Lvdf.AD	D	E	-153.93379	49.546(5.972)	-	0.467(0.040)
Esterco Equino.Lvdf.AV	0	E	-142.71763	171.178(8.118)	70.934(7.523)	-
Esterco Equino.Lvdf.AV	A	E	-142.06576	170.761(8.405)	70.513(7.061)	-
Esterco Equino.Lvdf.AV	AV	E	-142.04458	170.540(8.827)	70.277(7.092)	-
Esterco Equino.Lvdf.AV	V	E	-142.42168	171.638(7.885)	71.362(7.744)	-
Esterco Equino.Lvdf.AVD	0	E	-142.71333	162.898(93.352)	67.931(35.066)	0.025(0.286)
Esterco Equino.Lvdf.AVD	A	E	-142.09536	147.626(70.646)	61.969(28.080)	0.072(0.227)
Esterco Equino.Lvdf.AVD	AD	E	-142.09986	144.875(67.256)	60.856(27.002)	0.081(0.219)
Esterco Equino.Lvdf.AVD	V	E	-142.38932	249.979(186.878)	96.471(55.041)	-0.212(0.461)
Esterco Equino.Lvdf.AVD	VD	E	-142.19534	184.658(113.338)	75.724(39.568)	-0.039(0.326)
Esterco Equino.Lvdf.AD	0	Q	-153.93585	49.546(5.986)	-	0.467(0.040)
Esterco Equino.Lvdf.AD	A	Q	-153.93585	49.546(5.986)	-	0.467(0.040)
Esterco Equino.Lvdf.AD	AD	Q	-153.93379	49.546(5.972)	-	0.467(0.040)
Esterco Equino.Lvdf.AD	D	Q	-153.93379	49.546(5.972)	-	0.467(0.040)
Esterco Equino.Lvdf.AV	0	Q	-143.16002	237.080(17.226)	124.733(19.660)	-
Esterco Equino.Lvdf.AV	A	Q	-142.60436	235.695(16.836)	123.098(18.407)	-
Esterco Equino.Lvdf.AV	AV	Q	-142.60452	235.673(16.833)	123.071(18.402)	-
Esterco Equino.Lvdf.AV	V	Q	-142.81763	236.402(16.425)	123.922(19.279)	-
Esterco Equino.Lvdf.AVD	0	Q	-142.79413	407.685(345.686)	205.663(150.560)	-0.269(0.472)
Esterco Equino.Lvdf.AVD	A	Q	-142.28260	304.355(196.693)	157.593(97.312)	-0.119(0.313)
Esterco Equino.Lvdf.AVD	AD	Q	-142.28268	304.327(196.665)	157.579(97.302)	-0.119(0.313)
Esterco Equino.Lvdf.AVD	AV	Q	-142.28261	304.354(196.692)	157.592(97.311)	-0.119(0.313)

Continua na próxima página

esterco.solo.parâmetros	efeito aleatório	modelo	loglik	θ_a (EP)	θ_v (EP)	θ_d (EP)
Esterco Equino.Lvdf.AVD	V	Q	-142.22434	452.750(372.096)	223.429(153.779)	-0.332(0.484)
Esterco Equino.Lvdf.AVD	VD	Q	-142.22434	452.751(372.096)	223.429(153.779)	-0.332(0.484)
Esterco Suíno.LVA.AD	0	E	-72.35554	4.037(0.621)	-	0.129(0.004)
Esterco Suíno.LVA.AD	A	E	-72.35554	4.037(0.621)	-	0.129(0.004)
Esterco Suíno.LVA.AD	AD	E	-72.17796	4.037(0.668)	-	0.129(0.005)
Esterco Suíno.LVA.AV	0	E	-80.37891	81.178(16.503)	295.014(75.738)	-
Esterco Suíno.LVA.AV	A	E	-80.37891	81.157(16.493)	294.918(75.691)	-
Esterco Suíno.LVA.AV	AV	E	-80.37891	81.157(16.493)	294.918(75.691)	-
Esterco Suíno.LVA.AV	V	E	-80.37891	81.157(16.492)	294.918(75.691)	-
Esterco Suíno.LVA.AVD	0	E	-71.83582	4.452(1.039)	12.590(11.668)	0.127(0.006)
Esterco Suíno.LVA.AVD	A	E	-71.83582	4.452(1.039)	12.590(11.668)	0.127(0.006)
Esterco Suíno.LVA.AVD	AD	E	-71.58852	4.455(1.064)	12.627(11.234)	0.127(0.007)
Esterco Suíno.LVA.AVD	AV	E	-71.83582	4.452(1.039)	12.590(11.668)	0.127(0.006)
Esterco Suíno.LVA.AVD	V	E	-71.83582	4.452(1.039)	12.590(11.668)	0.127(0.006)
Esterco Suíno.LVA.AD	0	Q	-72.35554	4.037(0.621)	-	0.129(0.004)
Esterco Suíno.LVA.AD	A	Q	-72.35554	4.037(0.621)	-	0.129(0.004)
Esterco Suíno.LVA.AD	AD	Q	-72.17825	4.037(0.668)	-	0.129(0.005)
Esterco Suíno.LVA.AD	D	Q	-72.35544	4.037(0.621)	-	0.129(0.004)
Esterco Suíno.LVA.AV	0	Q	-79.88116	135.416(29.230)	691.448(189.827)	-
Esterco Suíno.LVA.AV	A	Q	-79.88116	135.409(29.227)	691.405(189.807)	-
Esterco Suíno.LVA.AV	AV	Q	-79.88116	135.362(29.208)	691.136(189.692)	-
Esterco Suíno.LVA.AV	V	Q	-79.88116	135.409(29.226)	691.405(189.807)	-
Esterco Suíno.LVA.AVD	0	Q	-72.28252	4.508(2.005)	4.884(19.869)	0.127(0.008)
Esterco Suíno.LVA.AVD	A	Q	-72.28252	4.508(2.005)	4.884(19.869)	0.127(0.008)
Esterco Suíno.LVA.AVD	AD	Q	-72.08047	4.546(1.953)	5.280(19.005)	0.127(0.008)
Esterco Suíno.LVA.AVD	AV	Q	-72.28252	4.508(2.005)	4.884(19.869)	0.127(0.008)
Esterco Suíno.LVA.AVD	AVD	Q	-71.95519	4.688(1.998)	6.213(18.753)	0.126(0.009)
Esterco Suíno.LVA.AVD	D	Q	-71.95519	4.688(1.998)	6.213(18.753)	0.126(0.009)
Esterco Suíno.LVA.AVD	V	Q	-72.28252	4.508(2.005)	4.884(19.869)	0.127(0.008)

Continua na próxima página

esterco.solo.parâmetros	efeito aleatório	modelo	loglik	θ_a (EP)	θ_v (EP)	θ_d (EP)
Esterco Suíno.LVA.AVD	VD	Q	-72.23009	4.502(1.965)	4.869(19.493)	0.127(0.008)
Esterco Suíno.Lvdf.AD	0	E	-129.50725	33.533(3.037)	-	0.421(0.020)
Esterco Suíno.Lvdf.AD	A	E	-129.50725	33.533(3.037)	-	0.421(0.020)
Esterco Suíno.Lvdf.AD	AD	E	-129.50725	33.533(3.037)	-	0.421(0.020)
Esterco Suíno.Lvdf.AD	D	E	-129.50725	33.533(3.037)	-	0.421(0.020)
Esterco Suíno.Lvdf.AV	0	E	-123.09589	156.129(6.960)	92.871(7.993)	-
Esterco Suíno.Lvdf.AV	A	E	-123.09589	156.144(6.962)	92.888(7.995)	-
Esterco Suíno.Lvdf.AV	AV	E	-123.09589	156.144(6.962)	92.888(7.995)	-
Esterco Suíno.Lvdf.AV	V	E	-123.09589	156.144(6.962)	92.888(7.995)	-
Esterco Suíno.Lvdf.AVD	0	E	-117.19974	56.130(10.578)	32.469(9.239)	0.315(0.046)
Esterco Suíno.Lvdf.AVD	A	E	-117.19974	56.130(10.578)	32.469(9.239)	0.315(0.046)
Esterco Suíno.Lvdf.AVD	AD	E	-116.93519	56.265(10.372)	32.593(8.952)	0.314(0.046)
Esterco Suíno.Lvdf.AVD	AV	E	-117.15844	55.784(10.297)	32.159(9.092)	0.316(0.045)
Esterco Suíno.Lvdf.AVD	AVD	E	-116.82380	57.393(10.728)	33.426(8.857)	0.310(0.049)
Esterco Suíno.Lvdf.AVD	D	E	-116.82380	57.393(10.728)	33.426(8.857)	0.310(0.049)
Esterco Suíno.Lvdf.AVD	V	E	-117.19974	56.130(10.578)	32.469(9.239)	0.315(0.046)
Esterco Suíno.Lvdf.AVD	VD	E	-117.04479	55.990(10.255)	32.354(9.008)	0.315(0.045)
Esterco Suíno.Lvdf.AD	0	Q	-129.50725	33.533(3.037)	-	0.421(0.020)
Esterco Suíno.Lvdf.AD	A	Q	-129.50725	33.533(3.037)	-	0.421(0.020)
Esterco Suíno.Lvdf.AD	AD	Q	-129.50725	33.533(3.037)	-	0.421(0.020)
Esterco Suíno.Lvdf.AD	D	Q	-129.50725	33.533(3.037)	-	0.421(0.020)
Esterco Suíno.Lvdf.AV	0	Q	-120.70177	224.919(13.119)	174.378(19.295)	-
Esterco Suíno.Lvdf.AV	A	Q	-120.70177	224.925(13.119)	174.386(19.296)	-
Esterco Suíno.Lvdf.AV	V	Q	-120.70177	224.925(13.119)	174.386(19.296)	-
Esterco Suíno.Lvdf.AVD	0	Q	-118.34332	100.841(36.191)	73.270(35.797)	0.226(0.083)
Esterco Suíno.Lvdf.AVD	A	Q	-118.34332	100.841(36.191)	73.270(35.797)	0.226(0.083)
Esterco Suíno.Lvdf.AVD	AD	Q	-118.14472	104.681(36.491)	77.106(35.521)	0.217(0.083)
Esterco Suíno.Lvdf.AVD	AV	Q	-118.29242	95.731(32.413)	68.363(32.818)	0.237(0.076)
Esterco Suíno.Lvdf.AVD	V	Q	-118.34332	100.841(36.191)	73.270(35.797)	0.226(0.083)

Continua na próxima página

esterco.solo.parâmetros	efeito aleatório	modelo	loglik	θ_a (EP)	θ_v (EP)	θ_d (EP)
Esterco Suíno.Lvdf.AVD	VD	Q	-118.18898	99.998(34.835)	72.586(34.621)	0.228(0.080)

Fonte: O Autor.

ANEXO B – Códigos para reprodução do estudo dos modelos Michaelis-Menten (Q) e Zeiani (E) para um cenário de solo-esterco contendo ou não efeito aleatório nos parâmetros.

```

##=====
## Ajuste de modelos não lineares a dados de liberação de
## nitrogênio por esterco de animais em dois solos.
##
##                               Fillipe Rafael Bianek Pierin
##                               Tiago Edelmo de Liz Estacio
##
##                               Orientador: Walmes Marques Zeviani
##=====

##-----
## Definição da sessão.

require(lattice)
require(latticeExtra)
require(nlme)
require(plyr)

##-----
## Carregando os dados e arrumando-os.

setwd("C:/Users/Fillipe Rafael/Google Drive/TCC/tcc em latex")
dados <- read.table("nitro.txt", header=TRUE, sep="\t")
dados$rept <- 1:3
sel <- grep(pattern="Esterco", levels(dados$fonte), value=TRUE)
da <- droplevels(subset(dados, fonte%in%sel & incub!="areia"))
da$rept <- factor(da$rept)
da$caso <- with(da, interaction(fonte, incub))
db <- split(da, f=da$caso)
str(db)

##-----
## Visualizando os dados.

## Por solo
levels(da$fonte) <- c("Esterco Bovino", "Esterco de Codorna",
"Esterco de Galinha", "Esterco Equino",

```

```

"Esterco Suíno")
xyplot(nmin~tempo|incub, group=fonte, data=da, auto.key=TRUE)

## Por esterco
xyplot(nmin~tempo|fonte, group=incub, data=da, auto.key=TRUE)

## Por unidade experimental
nam <- factor(da$rept, labels=c("Unidade Experimental 1",
"Unidade Experimental 2", "Unidade Experimental 3"))
levels(da$fonte) <- c("Esterco \n Bovino", "Esterco de \n Codorna",
"Esterco de \n Galinha", "Esterco \n Equino",
"Esterco \n Suíno")
ylim <- c(replicate(5, c(0,100), simplify=FALSE),
replicate(5, c(0,200), simplify=FALSE))
draw <- replicate(10, NULL, simplify=FALSE)
draw[c(1,6)] <- NA
xy <- xyplot(nmin~tempo|fonte*incub, groups=nam, data=da,
auto.key=list(columns=3), xlim=c(0, NA), ylim=ylim,
between=list(x=-1.79, y=0),
scale=list(y=list(relation="free", at=draw)))
useOuterStrips(xy, strip.lines=2.1, strip.left.lines=1.1)

##-----
## Ajuste do modelo sem efeito aleatório.

## Modelo Michaelis-Menten
n0 <- nls(nmin~A*tempo/(V+tempo)+D*tempo,
data=db[[8]],
start=list(A=60, V=120,D=0))
## Modelo Zeviani
c0 <- nls(nmin~A*(1-exp((-log(2)*tempo)/(V)))+D*tempo,
data=db[[8]],
start=list(A=150, V=100,D=0))

## Gráfico dos Ajustes
plot(nmin~tempo, db[[8]], ylab="quantidade de nitrogênio liberado",
xlab="tempo", main="Gráfico do Ajuste do Modelo")
with(as.list(coef(n0)), xcurve(A*x/(V+x)+D*x, col=3, add=TRUE))
with(as.list(coef(c0)), curve(A*(1-exp((-log(2)*x)/(V)))+D*x,
col=2, add=TRUE))

##-----
## Ajuste do modelo com efeito aleatório nos parâmetros A e D.

## Modelo Michaelis-Menten
n00 <- nlme(nmin~(A*tempo/(V+tempo))+ D*tempo,
data=db[[8]],
start=c(A=160, V=70,D=0),
random=A+D~1|rept,
fixed=A+V+D~1)
## Modelo Zeviani
c00 <- nlme(nmin~A*(1-exp((-log(2)*tempo)/(V)))+D*tempo,
data=db[[8]],
start=c(A=100, V=60,D=0),
random=A~1|rept,
fixed=A+V+D~1)

## Gráfico dos Ajustes
plot(nmin~tempo, db[[8]], ylab="quantidade de nitrogênio liberado",
xlab="tempo", main="Gráfico do Ajuste do Modelo")

```

```

with(as.list(coef(n00)), curve(A*x/(V+x)+D*x, col=2, add=TRUE))
with(as.list(coef(c0)), curve(A*(1-exp((-log(2)*x)/(V)))+D*x,
col=2, add=TRUE))

##-----
## Comparando as estatísticas dos modelos

## Verossimilhança.
c(logLik(n0), logLik(c0)) # modelos sem efeito
c(logLik(n00), logLik(c00)) # modelos com efeito

## AIC.
c(AIC(n0), AIC(c0)) # modelos sem efeito
c(AIC(n00), AIC(c00)) # modelos com efeito

## BIC.
c(BIC(n0), BIC(c0)) # modelos sem efeito
c(BIC(n00), BIC(c00)) # modelos com efeito

##-----
## Intervalo de confiança.

C <- list(n0=n0, n00=n00, c0=c0, c00=c00)
ic <- lapply(C,function(i) {
if(class(i)=="nls")
G <- round(confint.default(i),3)
if(class(i)=="nlme")
intervals(i, which = "fixed")
G <- as.data.frame(G)
G$parâmetro <- rownames(G)
return (G)
})
str(ic)
ic <- ldply(ic); ic

##-----
## Gráfico dos valores preditos versus valores ajustados.

# modelos sem efeito aleatório
plot(predict(n0)~db[[8]]$nmin, xlab="valores ajustados",
ylab="valores preditos")
plot(predict(c0)~db[[8]]$nmin, xlab="valores ajustados",
ylab="valores preditos")

# modelos com efeito aleatório
plot(predict(n00)~db[[8]]$nmin, xlab="valores ajustados",
ylab="valores preditos")
plot(predict(c00)~db[[8]]$nmin, xlab="valores ajustados",
ylab="valores preditos")

##-----
## Gráfico dos resíduos padronizados.

residuos <- data.frame(modelo=c(rep("Michaelis-Menten",72),
rep("Zeviani",72)))
residuos$respad <- c(residuals(n0, type="p"),
residuals(n00, type="p"), residuals(c0, type="p"),
residuals(c00, type="p"))

qqmath(~respad|modelo, data=residuos, col=1,

```

```
xlab="Quantis teóricos esperados da distribuição normal padrão",  
ylab="Resíduos padronizados",  
strip=strip.custom(bg="gray90"),  
layout=c(2,1), cex=0.8)
```

```
##-----
```

ANEXO C – Tabela com os dados considerados no código R

Tabela 6: Dados referentes a liberação de nitrogênio (N) usado nos modelos Michaelis-Menten Extendido (Q) e Zeviani (E) em cada cenário de solo-esterco.

incubação	fonte	tempo	N acumulado	repetição	cenário
LVA	Esterco Suíno	30	6.76	1	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	30	6.61	2	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	30	6.65	3	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	45	9.16	1	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	45	9.59	2	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	45	9.73	3	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	60	12.54	1	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	60	14.07	2	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	60	13.49	3	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	75	14.35	1	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	75	15.67	2	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	75	15.28	3	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	90	15.70	1	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	90	17.12	2	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	90	16.73	3	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	105	17.23	1	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	105	18.75	2	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	105	18.43	3	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	120	20.59	1	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	120	20.33	2	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	120	19.27	3	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	150	21.66	1	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	150	19.73	2	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	150	21.65	3	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	180	25.25	1	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	180	22.86	2	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	180	25.53	3	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	210	31.33	1	Esterco suíno.LVA

Continua na próxima página

incubção	fonte	tempo	N acumulado	repetição	cenário
LVA	Esterco Suíno	210	31.24	2	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	210	28.28	3	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	240	35.90	1	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	240	35.64	2	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	240	32.66	3	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	270	42.51	1	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	270	42.81	2	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Suíno	270	38.89	3	Esterco suíno.LVA
LVA	Esterco Bovino	30	4.54	1	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	30	3.96	2	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	30	5.17	3	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	45	9.03	1	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	45	8.89	2	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	45	8.86	3	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	60	13.48	1	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	60	13.04	2	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	60	12.79	3	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	75	13.49	1	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	75	14.05	2	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	75	13.91	3	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	90	15.05	1	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	90	16.26	2	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	90	16.83	3	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	105	19.69	1	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	105	17.78	2	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	105	16.46	3	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	120	25.28	1	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	120	22.37	2	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	120	20.96	3	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	150	29.46	1	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	150	23.78	2	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	150	23.39	3	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	180	35.46	1	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	180	29.39	2	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	180	31.66	3	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	210	37.03	1	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	210	42.36	2	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	210	38.15	3	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	240	43.18	1	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	240	43.54	2	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	240	47.41	3	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	270	50.02	1	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	270	52.76	2	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Bovino	270	49.62	3	Esterco bovino.LVA
LVA	Esterco Equino	30	7.21	1	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	30	6.82	2	Esterco equino.LVA

Continua na próxima página

incubção	fonte	tempo	N acumulado	repetição	cenário
LVA	Esterco Equino	30	6.74	3	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	45	9.82	1	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	45	9.71	2	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	45	9.60	3	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	60	11.81	1	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	60	12.00	2	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	60	11.82	3	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	75	13.64	1	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	75	13.79	2	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	75	12.99	3	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	90	17.40	1	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	90	17.30	2	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	90	17.39	3	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	105	19.39	1	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	105	19.35	2	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	105	19.52	3	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	120	24.38	1	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	120	25.17	2	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	120	24.43	3	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	150	27.63	1	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	150	28.38	2	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	150	28.17	3	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	180	42.88	1	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	180	43.80	2	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	180	41.72	3	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	210	52.86	1	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	210	53.60	2	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	210	51.60	3	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	240	61.10	1	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	240	61.76	2	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	240	58.64	3	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	270	66.52	1	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	270	69.04	2	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco Equino	270	69.42	3	Esterco equino.LVA
LVA	Esterco de Codorna	30	10.26	1	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	30	10.66	2	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	30	10.46	3	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	45	12.20	1	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	45	11.85	2	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	45	11.95	3	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	60	14.69	1	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	60	16.30	2	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	60	15.58	3	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	75	19.94	1	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	75	15.84	2	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	75	17.93	3	Esterco de codorna.LVA

Continua na próxima página

incubção	fonte	tempo	N acumulado	repetição	cenário
LVA	Esterco de Codorna	90	19.66	1	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	90	23.92	2	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	90	19.44	3	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	105	27.59	1	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	105	24.24	2	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	105	24.31	3	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	120	31.74	1	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	120	32.62	2	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	120	36.67	3	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	150	34.80	1	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	150	42.54	2	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	150	36.34	3	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	180	41.80	1	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	180	51.67	2	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	180	45.03	3	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	210	56.48	1	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	210	52.59	2	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	210	60.44	3	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	240	68.26	1	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	240	66.49	2	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	240	60.80	3	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	270	72.05	1	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	270	78.10	2	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Codorna	270	78.00	3	Esterco de codorna.LVA
LVA	Esterco de Galinha	30	23.48	1	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	30	25.42	2	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	30	23.07	3	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	45	30.05	1	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	45	29.35	2	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	45	30.45	3	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	60	35.23	1	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	60	39.51	2	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	60	36.33	3	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	75	38.68	1	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	75	37.17	2	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	75	41.94	3	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	90	43.29	1	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	90	40.41	2	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	90	47.43	3	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	105	45.91	1	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	105	48.91	2	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	105	52.33	3	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	120	52.11	1	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	120	57.55	2	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	120	59.33	3	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	150	58.26	1	Esterco de galinha.LVA

Continua na próxima página

incubção	fonte	tempo	N acumulado	repetição	cenário
LVA	Esterco de Galinha	150	57.42	2	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	150	64.40	3	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	180	65.89	1	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	180	70.10	2	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	180	66.44	3	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	210	74.47	1	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	210	76.13	2	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	210	73.90	3	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	240	80.26	1	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	240	80.76	2	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	240	79.74	3	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	270	86.63	1	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	270	87.29	2	Esterco de galinha.LVA
LVA	Esterco de Galinha	270	87.07	3	Esterco de galinha.LVA
Lvdf	Esterco Suíno	30	24.16	1	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	30	29.08	2	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	30	25.56	3	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	45	51.75	1	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	45	49.22	2	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	45	48.39	3	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	60	62.12	1	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	60	61.61	2	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	60	65.25	3	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	75	73.75	1	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	75	70.62	2	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	75	70.29	3	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	90	80.56	1	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	90	77.58	2	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	90	77.34	3	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	105	84.31	1	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	105	83.58	2	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	105	87.27	3	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	120	93.07	1	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	120	97.16	2	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	120	94.67	3	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	150	86.19	1	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	150	90.72	2	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	150	98.66	3	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	180	115.23	1	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	180	101.19	2	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	180	105.84	3	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	210	119.09	1	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	210	114.69	2	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	210	129.01	3	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	240	142.11	1	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	240	130.20	2	Esterco suíno.Lvdf

Continua na próxima página

incubção	fonte	tempo	N acumulado	repetição	cenário
Lvdf	Esterco Suíno	240	126.79	3	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	270	152.83	1	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	270	140.31	2	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Suíno	270	136.79	3	Esterco suíno.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	30	36.14	1	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	30	35.33	2	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	30	34.46	3	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	45	52.08	1	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	45	56.87	2	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	45	53.72	3	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	60	67.87	1	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	60	65.72	2	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	60	63.78	3	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	75	78.65	1	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	75	74.03	2	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	75	76.22	3	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	90	88.96	1	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	90	82.07	2	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	90	91.21	3	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	105	95.14	1	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	105	86.53	2	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	105	100.25	3	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	120	91.19	1	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	120	102.21	2	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	120	110.60	3	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	150	111.62	1	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	150	99.19	2	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	150	117.73	3	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	180	129.24	1	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	180	132.20	2	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	180	108.68	3	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	210	147.57	1	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	210	119.44	2	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	210	147.49	3	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	240	159.13	1	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	240	128.35	2	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	240	163.32	3	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	270	135.52	1	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	270	177.07	2	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Bovino	270	170.25	3	Esterco bovino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	30	34.96	1	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	30	31.45	2	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	30	36.42	3	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	45	58.13	1	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	45	56.54	2	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	45	65.90	3	Esterco equino.Lvdf

Continua na próxima página

incubção	fonte	tempo	N acumulado	repetição	cenário
Lvdf	Esterco Equino	60	79.14	1	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	60	90.22	2	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	60	79.99	3	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	75	85.65	1	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	75	99.05	2	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	75	83.68	3	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	90	92.29	1	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	90	101.94	2	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	90	113.66	3	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	105	119.66	1	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	105	98.51	2	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	105	108.43	3	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	120	107.23	1	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	120	134.63	2	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	120	119.73	3	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	150	112.87	1	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	150	139.81	2	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	150	124.20	3	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	180	129.50	1	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	180	162.19	2	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	180	134.62	3	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	210	141.17	1	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	210	172.19	2	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	210	133.39	3	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	240	136.50	1	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	240	182.19	2	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	240	147.25	3	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	270	187.19	1	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	270	139.65	2	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco Equino	270	152.31	3	Esterco equino.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	30	26.88	1	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	30	26.04	2	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	30	26.42	3	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	45	47.90	1	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	45	49.87	2	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	45	48.79	3	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	60	78.02	1	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	60	73.73	2	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	60	75.87	3	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	75	93.73	1	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	75	97.25	2	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	75	98.27	3	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	90	110.15	1	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	90	104.73	2	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	90	109.13	3	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	105	121.53	1	Esterco de codorna.Lvdf

Continua na próxima página

incubção	fonte	tempo	N acumulado	repetição	cenário
Lvdf	Esterco de Codorna	105	117.18	2	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	105	122.23	3	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	120	129.68	1	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	120	124.85	2	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	120	129.90	3	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	150	144.39	1	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	150	148.18	2	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	150	138.53	3	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	180	158.60	1	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	180	161.00	2	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	180	151.53	3	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	210	176.55	1	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	210	166.81	2	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	210	174.48	3	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	240	188.99	1	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	240	179.72	2	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	240	187.46	3	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	270	190.81	1	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	270	200.76	2	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Codorna	270	198.85	3	Esterco de codorna.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	30	34.99	1	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	30	34.47	2	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	30	33.71	3	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	45	61.59	1	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	45	63.81	2	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	45	63.91	3	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	60	80.56	1	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	60	76.56	2	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	60	79.79	3	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	75	106.56	1	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	75	104.80	2	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	75	104.10	3	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	90	119.10	1	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	90	116.10	2	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	90	116.79	3	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	105	131.28	1	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	105	129.50	2	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	105	131.17	3	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	120	145.16	1	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	120	140.55	2	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	120	145.18	3	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	150	153.52	1	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	150	161.61	2	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	150	154.46	3	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	180	175.52	1	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	180	183.36	2	Esterco de galinha.Lvdf

Continua na próxima página

incubção	fonte	tempo	N acumulado	repetição	cenário
Lvdf	Esterco de Galinha	180	177.50	3	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	210	182.45	1	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	210	190.56	2	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	210	185.14	3	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	240	192.49	1	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	240	192.20	2	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	240	197.61	3	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	270	199.09	1	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	270	204.15	2	Esterco de galinha.Lvdf
Lvdf	Esterco de Galinha	270	198.95	3	Esterco de galinha.Lvdf

Fonte: Oliveira (2008).