



CURVAS DE CRESCIMENTO DE BOVINOS DE DIFERENTES GÊNEROS EM AQUIDAUANA, MS

Victor Simonetti Siqueira¹; Henrique Jorge Fernandes²; Luísa Melville Paiva³

¹ Estudante do Curso de Zootecnia da UEMS, Unidade Universitária de Aquidauana; E-mail: vitao_zootecnia@yahoo.com.br. **Bolsista PIBIC**

² Professor do curso de Zootecnia da UEMS, Unidade Universitária de Aquidauana; E-mail: henrique.uems@hotmail.com

³ Professor do curso de Zootecnia da UEMS, Unidade Universitária de Aquidauana; E-mail: luisapaiva@uems.br

Resumo

A avaliação dos bovinos de corte através de curvas de crescimento é importante no aporte ao incremento da rentabilidade do sistema de produção. Para avaliar as curvas de crescimento do corpo de bovinos de corte sob pastejo, nas condições de Aquidauana, MS, foram utilizados 20 bezerros nelorados, sendo 10 machos castrados e 10 fêmeas, com idade média de 20 meses. Os animais foram alojados em piquete de *Brachiaria decumbens* Stapf. (em lote único) e receberam suplementação com sal mineral *ad libitum*. A cada 28 dias realizou-se a pesagem sem jejum para acompanhamento das curvas de crescimento dos animais. Foram avaliados seis modelos matemáticos para descrever o crescimento animal: Multifásico, Linear, Quadrático, Exponencial, Monomolecular e Richards. O modelo Multifásico foi o que melhor caracterizou a curva de crescimento observada nas condições deste trabalho. As curvas de crescimento de machos castrados e fêmeas apresentaram pequena diferença, que pode ter sido influenciada por fatores pré-experimentais.

Palavras-chave: bovinocultura de corte, crescimento, gênero, pastejo

Introdução

No Brasil, assim como em muitos outros países, os criadores de bovinos de corte estão cada vez mais conscientes da importância da avaliação do crescimento dos animais para se obter uma melhor rentabilidade na atividade. Neste enfoque, uma das formas de se avaliar o crescimento animal é através de curvas de crescimento (FREITAS, 2005).

O crescimento do animal pode ser avaliado como a medida das alterações em peso ou tamanho das partes do corpo, que acompanham o processo de amadurecimento como um fator



quantitativo. Torna-se fácil perceber, então, que não pode ser considerado um fenômeno homogêneo durante a vida do animal.

Observando os estudos dos padrões de crescimento, evidencia-se a necessidade da utilização de modelos matemáticos capazes de descrevê-los. Thornley e France (2007) definem modelo como a representação matemática do comportamento de um sistema. Estes autores ainda descrevem os modelos de crescimento como aqueles que provêm uma representação matemática do curso de crescimento do todo ou de parte de um organismo.

O objetivo com esse projeto foi avaliar as curvas de crescimento do corpo de bovinos de corte, machos castrados e fêmeas, sob pastejo, nas condições de Aquidauana, MS.

Material e Métodos

O experimento de campo foi conduzido no Setor de Bovinocultura de Corte da Unidade de Aquidauana da UEMS, no período de fevereiro de 2010 a Junho de 2011.

Foram utilizados 20 bezerros nelorados, sendo 10 machos castrados e 10 fêmeas, com idade média de 20 meses.

Os animais foram alojados em piquete de *B. decumbens* Stapf. (em lote único) de acordo com o sistema de manejo de pastagens da fazenda e receberam suplementação com sal mineral *ad libitum*. A cada 28 dias realizou-se a pesagem sem jejum para acompanhamento das curvas de crescimento dos animais.

Foram avaliados seis modelos matemáticos para descrever o crescimento animal. O primeiro foi um modelo Multifásico que dividiu o crescimento dos animais em três fases. A primeira, de crescimento rápido, correspondeu ao período de transição águas-seca até o momento em que o animal reduziu sua taxa de crescimento devido às limitações de disponibilidade de forragem na época seca. A segunda fase do modelo correspondeu à fase de crescimento restrito devido à escassez alimentar. Finalmente, a terceira fase do modelo correspondeu ao crescimento na fase de realimentação, associada ao final da transição seca-águas, à estação das águas e à transição águas-seca do ano seguinte. Dois parâmetros (“Idade1” e “Idade2”) estimaram o momento de transição entre as fases. Este modelo pode ser descrito pelas Eq. [1], [2] e [3].

$$PV = a + b * T \quad \text{enquanto } T \leq \text{Idade1}, \quad \text{Eq. [1]}$$

$$PV = a + b * \text{Idade1} + c * (T - \text{Idade1}) \quad \text{enquanto } \text{Idade1} < T \leq \text{Idade2}, \quad \text{Eq. [2]}$$

$$PV = a + b * \text{Idade1} + c * (\text{Idade2} - \text{Idade1}) + d * (1 - e^{(-k * (T - \text{Idade2}))}) \quad \text{se } T > \text{Idade2}; \quad \text{Eq. [3]}$$



Onde: PV é o peso vivo sem jejum dos animais (kg); T é o tempo no experimento (dias); “e” é a base do logaritmo neperiano; e “a”, “b”, “c”, “d”, “k”, “Idade1” e “Idade2” são os parâmetros do modelo. Neste estudo, o peso médio inicial dos animais foi utilizado como parâmetro “a”, para se reduzir o número de parâmetros a serem estimados.

Dois outros modelos avaliados foram modelos lineares. O primeiro foi um modelo linear de primeira ordem (Linear) (Eq. [4]) e o segundo um modelo linear de segunda ordem (Quadrático) (Eq. [5]).

$$PV = a + b * T \quad \text{Eq. [4]}$$

$$PV = a + b * T + c * T^2 \quad \text{Eq. [5]}$$

Onde: PV é o peso vivo sem jejum dos animais (kg); T é o tempo no experimento (dias); e “a”, “b” e “c” são os parâmetros dos modelos.

Avaliaram-se ainda três modelos não lineares: Exponencial (Eq. [6]), Monomolecular (Eq. [7]) e Richards (Eq. [8]). Segundo López (2008), estes tipos de modelo seriam os que melhor representam o crescimento quando nenhuma limitação é imposta ao mesmo.

$$PV = a * e^{(-k * T)} \quad \text{Eq. [6]}$$

$$PV = a * (1 - e^{(-k * T)}) \quad \text{Eq. [7]}$$

$$PV = a + b * (1 - c * e^{(-k * T)})^m \quad \text{Eq. [8]}$$

Onde: PV é o peso vivo sem jejum dos animais (kg); T é o tempo no experimento (dias); “e” é a base do logaritmo neperiano; e “a”, “b”, “k” e “m” são os parâmetros do modelo. No modelo de Richards, o peso médio inicial dos animais foi utilizado como parâmetro “a”, para se reduzir o número de parâmetros a serem estimados.

Foi realizada a avaliação da adequação dos modelos como sugerido por Tedeschi (2006). Utilizou-se a análise do quadrado médio do erro da predição pareado e o Critério Delta de Informação de Akaike para comparação entre os modelos quanto à acurácia e à precisão das predições, respectivamente.

Os modelos foram ajustados utilizando-se o SAS (SAS Institute Inc., Cary, CA) e os cálculos das estatísticas de avaliação e comparação de modelos foram realizados utilizando-se o MES (<http://nutritionmodels.tamu.edu/mes.htm>; Tedeschi, 2006).

Uma vez escolhido o modelo que melhor descreve o crescimento dos animais, as curvas de crescimento de machos e fêmeas foram comparadas utilizando-se uma variável “Dummy”, conforme sugestão de Regazzi (2003).



Resultados e Discussão

Analisando-se os resultados de avaliação dos modelos (Tabela 1), apenas os modelos Monomolecular e Richards produziram valores de peso preditos significativamente ($p < 0,05$) diferentes dos valores observados.

Apesar do r^2 dos modelos Linear e Exponencial não serem altos (em torno de 50%), os valores preditos por estes modelos ainda puderam ser aceitos como semelhantes aos observados. Os valores do coeficiente de correlação e concordância (CCC) abaixo de 0,800 e a raiz do quadrado médio do erro da predição (RQMEP) acima de 25 kg reforçam que as estimativas desses modelos não foram adequadas.

De modo geral, o modelo quadrático apresentou resultados medianos e razoáveis de ajuste, com r^2 em torno de 70%, CCC acima de 0,800 e RQMEP em torno de 20 kg. A decomposição do quadrado médio do erro de predição (QMEP) mostrou ainda que a maior parte do erro nas predições deste modelo é de origem aleatória, o que vem reforçar a indicação deste como o segundo melhor modelo entre os avaliados.

O modelo Multifásico destacou-se como o de melhor ajuste dos dados preditos aos observados. Os valores de r^2 (acima de 80%), CCC (acima de 0,900), RQMEP (próximo a 15 kg) e de cerca de 99,5% do erro de origem aleatória, indicam que esse modelo foi capaz de prever adequadamente o crescimento de machos e fêmeas nas condições aqui avaliadas.

O melhor desempenho desse modelo pode ser atribuído ao fato do mesmo ser capaz de separar o crescimento dos animais em três fases que descreveram com mais exatidão as variações ambientais a que animais em pastejo estão sujeitos (Fernandes, 2009).

Na comparação entre modelos (dados não apresentados), o modelo Multifásico mostrou-se significativamente ($p < 0,05$) ainda mais acurado e preciso que os demais.

Tabela 1 Avaliação¹ da adequação dos modelos de predição do crescimento

Modelos ²	Nº de Parâmetros	r^2	Valor – p	CCC	RQM EP	Decomposição do QMEP (%)		
						Vício Médio	Vício Sistemático	Erro Aleatório
Linear	2	0.493	0.797	0.669	26.28	0.049	0.099	99.85
Quadrático	3	0.700	0.837	0.826	20.19	0.083	0.033	99.88
Exponencial	2	0.526	0.503	0.702	25.45	0.069	0.376	99.55
Mono	2	0.042	<0.001	0.179	67.24	5.009	66.17	28.82
Richards	4	0.723	<0.001	0.844	19.91	3.034	2.078	94.88
Multifásico	7	0.825	0.472	0.906	15.44	0.306	0.179	99.51



¹ r^2 = coeficiente de determinação, **Valor - p** = probabilidade associada ao Teste F para a identidade dos parâmetros, da regressão dos dados observados pelos preditos, **CCC** = coeficiente de concordância de correlação, **RQMEP** = raiz quadrada do quadrado médio do erro de predição e **QMEP** = quadrado médio do erro da predição.

² **Multifásico**, do tipo $PV = a + b * T$, enquanto $T \leq Idade1$, $PV = a + b * Idade1 + c * (T - Idade1)$, enquanto $Idade1 < T \leq Idade2$, e, $PV = a + b * Idade1 + c * (Idade2 - Idade1) + d * (1 - e^{(-k * (T - Idade2))})$, se $T > Idade2$; **Linear**, do tipo $PV = a + b * T$; **Gompertz**, do tipo $PV = a * e^{(-e^{(-k * T)})}$; **Logarítmico**, do tipo $\text{Log PV} = a + b * \text{Log T}$; e, **Logístico**, do tipo $PV = a / (1 + e^{(-k * T)})$.

Outro aspecto a ser destacado é o maior número de parâmetros com interpretação biológica conhecida do modelo multifásico. Graças a esta característica, esse modelo permite avaliar maior número de aspectos da resposta animal a condições experimentais específicas (Fernandes, 2009).

Após a determinação do modelo que melhor descreveu o crescimento dos animais, procedeu-se a comparação das curvas de crescimento para cada gênero (Tabela 2). A análise mostrou diferenças ($p < 0,05$) entre o crescimento de machos castrados e fêmeas.

A análise dos parâmetros estimados para o crescimento de cada gênero, no entanto, indica que a grande diferença observada seria na fase inicial do experimento. Apenas os valores dos parâmetros “b”, que representa o ganho de peso no início do experimento, e de “Idade1”, que representa a idade em que os animais reduziram a velocidade de crescimento devido ao período seco do ano, apresentam divergências entre os animais machos castrados e fêmeas.

O maior ganho de peso no início do experimento pode ser influenciado por algum tipo de ganho compensatório realizado pelas fêmeas. Neste caso, algum fator pré-experimental pode ter influenciado o desempenho destes animais no início do experimento.

A ocorrência deste efeito de “ganho compensatório” pode ainda explicar a alteração na “Idade1”. Caso isto tenha ocorrido, o modelo não identificou o momento em que o crescimento desacelerou devido ao período seco do ano, mas o momento em que cessou o ganho compensatório realizado pelos animais. Isto é coerente com a menor “Idade1” das fêmeas. O valor de ganho médio diário ligeiramente maior das fêmeas no período seco do ano (parâmetro “c”, Tabela 2) reforça essa hipótese, pois encontraria-se “contaminado” com parte do ganho do período de alto ganho anterior à seca, mas que foi computado conjuntamente a essa devido à menor “Idade1”.

É importante destacar ainda que a “Idade1” aqui identificada é bem semelhante à observada por Fernandes (2009).

**Tabela 2** – Médias e erros-padrão dos parâmetros do modelo de crescimento multifásico estimados para cada tratamento.

Tratamentos	n	Parâmetros ¹					Valor – p para efeito de gênero
		b (kg/d)	Idade1 (d)	c (kg/d)	Idade2 (d)	d (kg)	
Machos		0.252	98.09	-0.302	237.9	119.6	0.012
Fêmeas		0.438	72.41	-0.319	238.6	120.0	0.012

¹ Modelo: $P = a + b * dE$ enquanto $\leq Idade1$, $P = a + b * idade 1 + c * (dE - Idade1)$, enquanto $idade1 < dE \leq idade 2$, e, $P = a + b * idade 1 + c * (idade 2 - idade 1) + f * (1 - e^{(g * (dE - idade 2))})$, se $dE > idade 2$, onde: "P" é o peso observado na dE; "a" é o peso inicial médio dos animais; "b" é a taxa de crescimento diária na primeira fase de crescimento; dE é a idade no experimento em dias; Idade1 é a idade no experimento quando os animais reduzem a taxa de crescimento devido ao período seco; "c" é a taxa de crescimento diário no período seco; idade2 é a idade em experimento quando o animal recupera as altas taxas de crescimento após o período seco; "d" é o incremento de peso da idade2 até a maturidade; "e" é a base do logaritmo natural, e "f" é a taxa de crescimento relativo na fase final da vida.

Conclusões

O modelo Multifásico foi o que melhor caracterizou a curva de crescimento nas condições deste trabalho. As curvas de crescimento de machos castrados e fêmeas apresentaram pequena diferença, que podem ter sido influenciadas por fatores pré-experimentais.

Referências

- FERNANDES, H.J. Estudo do crescimento de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfís protéicos. **Tese** (Doutorado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 301 p, 2009.
- Freitas, A. R. Curvas de Crescimento na Produção Animal. **R. Bras. Zootec.**, v.34, n.3, p.786-795, 2005.
- LÓPEZ, S. Non-Linear functions in animal nutrition. In: **Mathematical modelling in animal nutrition**. Ed: France, J. e Kebreab, E. Oxfordshire, UK: CABI, 2008. 574p.
- REGAZZI, A. J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista Ceres**, v.50, n.287, p.9-26, 2003.
- TEDESCHI, L. O. Assessment of the adequacy of mathematical models. **Agricultural Systems**. V. 89, p.225–247, 2006.
- THORNLEY, J. H. M.; FRANCE, J. **Mathematical models in agriculture: quantitative methods for the plant, animal and ecological sciences**. 2 ed. Oxon, UK: CABI. 2007. 906p.