

Lactação de vacas da raça Pantaneira no alto Pantanal Sul-Mato-Grossense/Brasil: composição do leite, características da curva de lactação e ajuste de modelos

Paloma Maria Leite Franciscatti  Franscine Kelli Quinhones Bonatti¹  Marcus Vinicius Morais de Oliveira 

Dirce Ferreira Luz²  Gustavo Eduardo Marcatti³ 

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Lactation of cows of the Pantaneira breed in the high Pantanal Sul-Mato-Grossense/Brazil: milk composition, characteristics of the lactation curve and model adjustment

Abstract. The objective was to observe the production, physical-chemical composition of milk and characteristics of the lactation curve of Pantaneira cows, and select mathematical models of lactation curve found in the literature. For the production data, physical-chemical composition of the milk and characteristics of the lactation curve, ten multiparous cows were used, under rotational grazing conditions, with the grass *Megathyrsus maximum* cv. Mombaça. Data collection started shortly after calving and lasted until the natural closure of lactogenesis. The milking was performed manually, twice a day, with the presence of the calf, and the milk was weighed daily. The individual lactation curves were estimated using a linear regression model. For the selection of mathematical models, a database of 3 960 measures of milk production was used. Eight models were been compared that have been used in the literature to represent lactation curves. The lactation period was 180 days with an average daily milk production of 4.93 kg. The peak of lactation occurred from the 35 to 50th day. Milk had an average of 5.2 % fat and 3.2 % protein. The model that showed the best fit of the lactation curve was the Pollot model.

Key-words: animal genetic resource, conservation, mathematical models, milk production, naturalized cattle

Resumo. Objetivou-se observar a produção, composição físico-química do leite e características da curva de lactação de vacas da raça Pantaneira, e selecionar modelos matemáticos de curva de lactação encontrados na literatura. Para os dados de produção, composição físico-química do leite e características da curva de lactação foram utilizados 10 vacas múltiparas, em condição de pastoreio rotacionado, com a gramínea *Megathyrsus maximum* cv. Mombaça. A coleta de dados iniciou-se logo após o parto e durou até o encerramento natural da lactogênese. A ordenha foi realizada manualmente, duas vezes ao dia, com a presença do bezerro, e a pesagem do leite efetuada diariamente. As curvas de lactação individuais foram estimadas utilizando-se um modelo de regressão linear. Para a seleção de modelos matemáticos foi utilizado uma base de dados de 3 960 medidas de produção de leite. Foram comparados oito modelos encontrados na literatura para representar curvas de lactação. O período de lactação foi de 180 dias, com média diária de produção de leite de 4.93 kg. O pico de lactação ocorreu do 35º ao 50º dia. O leite apresentou em média 5.2 % de gordura e 3.2 % de proteína. O modelo que apresentou o melhor ajuste de curva de lactação foi o modelo de Pollot.

Palavras-chave: bovinos naturalizados, conservação, modelos matemáticos, produção de leite, recurso genético animal

Introdução

O bovino Pantaneiro (*Bos taurus taurus*) pertence a um grupo genético oriundo da miscigenação de bovinos europeus trazidos para a região do Pantanal brasileiro durante a colonização da América do Sul pelos Espanhóis e Portugueses. São animais que se adaptaram às condições climáticas e nutricionais da planície alagada, reproduzindo-se sem interferência direta do homem (Mazza et al., 1992). A seleção

natural resultou em um grupo genético rústico, prolífico e apto para sobreviver em condições de estresse hídrico e alimentar (Mazza et al., 1994; Abreu e McMannus, 2000).

No passado, o bovino Pantaneiro foi à base da economia do Pantanal. No entanto, a introdução de animais zebrinos e taurinos e a consequente

Recibido: 2020-10-29. Aceptado: 2021-04-09.

¹Autor da correspondência: franbonatti@gmail.com

²Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil.

³Universidade Federal de São João Del Rei. Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil.

miscigenação fizeram com que o bovino Pantaneiro perdesse o esplendor do passado. Devido ao reduzido número de animais, pouco menos de 500 indivíduos puros (Dani e Oliveira, 2013), esta raça altamente especializada e adaptada às condições ambientais do Pantanal encontra-se às margens da extinção.

Embora os bovinos Pantaneiros sejam menos produtivos que os animais normalmente utilizados na criação comercial, eles detêm o benefício de serem perfeitamente adaptados às condições climáticas e ambientais do Pantanal, e resistentes a doenças e parasitas. Assim, a necessidade de preservar raças com maior rusticidade vem recebendo maior atenção nos últimos anos, uma vez que pode se constituir em um instrumento para melhorar a adaptabilidade das raças modernas com maior produtividade, mas com baixa capacidade de adaptação ao bioma Pantanal.

A literatura sobre estudos relativos à raça Pantaneira é escassa. Portanto há a necessidade de caracterização das populações dessa raça naturalizada para se conhecer melhor as relações entre características de produção e adaptação, que possam assegurar o registro de informações sobre o bovino Pantaneiro. Assim será enfatizada a importância de sua conservação e o reconhecimento de que possui características únicas que devem ser preservadas, com intuito de manter características genotípicas e fenotípicas que possam atender a futuras demandas da pecuária.

Desta forma, estudos ligados a produção de leite e curva de lactação de vacas da raça Pantaneira em pastagens cultivadas são importantes para subsidiar, no futuro, programas que permitam a criação de

nichos de mercado para tal raça e/ou a criação de compostos, através da transferência de suas características para raças comerciais, que são utilizadas em larga escala por produtores da região.

A importância da curva de lactação está na caracterização da produção do animal durante toda a lactação, podendo ser obtidas, dentre outras estimativas, o tempo de ascensão ao pico de produção, o dia de ocorrência do pico de produção, a produção de leite no pico de produção, a persistência e a duração da lactação (Ferreira e Bearzoti, 2003).

As primeiras tentativas de representação matemática da curva de lactação foram realizadas por Brody et al. (1923) e Brody et al. (1924). Entretanto, foi somente após o desenvolvimento do modelo de Wood (1967) que o uso de funções de lactação se tornou mais popularizado. Desde então, muitos pesquisadores tem tentado desenvolver funções de lactação, a partir de concepções empíricas ou mecanicistas.

Equações que descrevam a produção de leite em função do tempo podem ter grande utilidade em programas de melhoramento genético, no manejo nutricional dos rebanhos, em decisões sobre o descarte de vacas e em modelos de simulação de sistemas de produção de leite.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi de observar a produção e a composição físico-química do leite e as características da curva de lactação de vacas da raça Pantaneira; e selecionar modelos matemáticos de curva de lactação encontrados na literatura que melhor representem a raça Pantaneira.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido no Núcleo de Conservação de Bovinos Pantaneiros de Aquidauana/MS (NUBOPAN), pertencente à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) / Unidade Universitária de Aquidauana, região do Alto Pantanal Sul-Mato-Grossense, Brasil.

Para o estudo da produção, composição físico-química do leite e características da curva de lactação, foram utilizadas 10 vacas da raça Pantaneira, entre a terceira e décima ordem de lactação.

A coleta de dados iniciou-se logo após o parto e durou até o encerramento natural da lactogênese, período que compreendeu-se do mês de outubro a março, que corresponde ao período de chuvas na região. O tipo de ordenha utilizado foi a manual, duas vezes ao dia, às 7:00 e às 16:00 horas, com a presença do bezerro para efetuar o apoio.

Os animais foram pesados a cada 14 dias, após a ordenha da manhã, e manejados em sistema de pastoreio rotacionado em capim-mombaça (*Megathyrus maximus*), suplementados individualmente com concentrado (2 kg/dia) (Tabela 1), ofertado em duas porções equitativas, após as ordenhas.

Tabela 1. Ingredientes e teores nutricionais do concentrado.

Ingredientes	% na Matéria Seca
Grão de milho triturado	50.50
Farelo de soja	46.80
Ureia	0.80
Calcário	1.40
Sal mineral ¹	0.50
Teores Nutricionais	
Proteína Bruta (%)	22.79
Nutrientes Digestíveis Totais (%)	71.42
Energia Digestível – Mcal kg ⁻¹ MS ⁻¹	3.40

¹Cálcio: 120 g; Fósforo: 88 g; Sódio: 132 g; Enxofre: 12 g; Cobalto: 55 mg; Cobre: 1 530 mg; Cobre: 1 800 mg; Iodo: 75 mg; Manganês: 1 300 mg; Selênio: 15 mg; Zinco: 3 630 mg; Cromo: 10 mg; Flúor: 880 mg e Fosforilato base: 100g.

Os bezerros foram acondicionados nas proximidades dos piquetes em baias metálicas e teladas lateralmente, de modo a manterem o vínculo afetivo com a mãe, porém sem que pudessem ter acesso à glândula mamária.

Ao término da ordenha, os bezerros foram soltos com suas respectivas mães por um período equivalente a 30 minutos, para que pudessem consumir o leite residual. O leite ingerido foi estimado por meio de pesagens do bezerro antes e após a amamentação, sendo as fezes e urina excretadas ocasionalmente durante o período de amamentação, coletadas e inclusas no peso dos mesmos. Posteriormente, os bezerros receberam uma suplementação com leite integral em mamadeira, a fim de suprir suas exigências nutricionais.

A produção de leite foi aferida diariamente nas duas ordenhas, através da pesagem. Amostras de leite foram coletadas a cada 14 dias, armazenadas em recipientes plásticos esterilizados e mantidos refrigerados a 4 °C, em seguida analisada a sua qualidade nutricional, por meio de teores de gordura, sólidos não gordurosos, proteína e lactose, bem como da densidade, pH e da contagem de células somáticas, pelo método de espectrofotometria de infravermelho através de aparelho analisador. Semanalmente foram realizadas análises quanto a mastite sub-clínica através do procedimento Califórnia Mastite Teste (CMT).

As curvas de lactação individuais das 10 vacas em lactação, foram estimadas utilizando-se regressão linear e, em seguida realizou-se a análise de identidade de modelos de regressão linear com decomposição polinomial, conforme Regazzi (1996). Foram testados os modelos de regressão linear, quadrático e cúbico, e as variáveis significativas

foram comparadas através do teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Essas análises foram realizadas utilizando-se o Proc GLM do programa estatístico SAS (Statistical Analysis System, 1995).

Para a comparação de modelos de curva de lactação foi utilizado uma base de dados de 3.960 medidas de produção de leite de vacas Pantaneiras a partir de controles leiteiros diários de três experimentos realizados com animais de várias ordens de lactação. Foram comparados oito modelos que têm sido utilizados na literatura para representar curvas de lactação (Tabela 2).

Tabela 2. Modelos Utilizados.

Modelos	Equação
Brody et al. (1923)	$y_t = a * e^{-b*t}$
Brody et al. (1924)	$y_t = a * e^{-b*t} - a * e^{-c*t}$
Wood (1967)	$y_t = a * t^b * e^{-c*t}$
Cobby e Le Du (1978)	$y_t = a - b * t - a * e^{-c*t}$
Wilmink (1987)	$y_t = a - b * e^{-c*t} - d * t$
Rook et al. (1993)	$y_t = a * \left(\frac{1}{1 + \frac{b}{c+t}} \right) * e^{-d*t}$
Dijkstra et al. (1993)	$y_t = a * e^{b * \frac{1-e^{-c*t}}{c}} - d*t$
Pollott (2000)	$y_t = a * \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{1-b}{b} \right) * e^{-c*t}} - \frac{1}{1 + \left(\frac{1-d}{d} \right) * e^{-g*t}} \right) * (1 - e^{-h*t})$

y_t = Produção de leite (L/dia); t = tempo de lactação (dias); a, b, c, d, f, g, h = parâmetros que definem a posição, escala e forma das equações; e = exponencial.

Os oito modelos foram avaliados pelo critério de informação de Akaike corrigido (AICc) proposto por Hurvich e Tsai (1989). E para auxiliar no processo inferência algumas medidas derivadas do AICc foram calculadas, como as diferenças entre os valores de AICc (Δ_i), os pesos de Akaike ou verossimilhança da probabilidade (W_i), e a relação entre a probabilidade relativa ou evidência da verossimilhança (ER_i).

Também foram realizadas a análise gráfica do comportamento das variáveis e tendência das curvas ajustadas através de gráficos de dispersão, e análise

dos resíduos, apresentados na forma de histograma de frequência. Nos gráficos foram plotados os intervalos de confiança ao nível de 95 % de probabilidade (IC 95 %) e o intervalo de predição ao nível de 95 % de probabilidade (IP 95 %).

Resultados e Discussão

O período de lactação das vacas Pantaneiras foi de 180 dias, momento em que ocorreu o encerramento natural da lactogênese. O mesmo foi observado por Oliveira-Brochado et al. (2018) ao estudarem o período de lactação de vacas Pantaneiras de segunda ordem de lactação. Já Biazolli (2014), observaram um período de lactação menor, de 150 dias. No entanto, as vacas Pantaneiras eram de primeira ordem de lactação.

A curva de lactação completa de cada animal, e sua respectiva equação de regressão pode ser visualizada na Figura 1. O modelo de regressão linear que melhor se ajustou aos dados de produção foi o modelo de regressão linear quadrático.

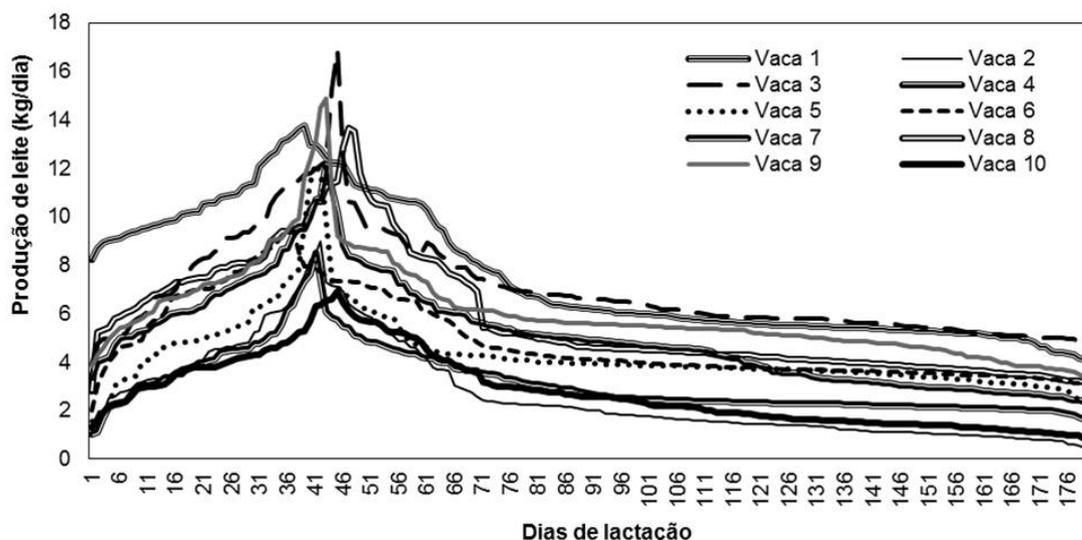
Verificou-se, que houve uma ampla variação entre os animais, com o animal mais produtivo produzindo 1 368.3 kg de leite durante toda a lactação, sendo este valor 64.5 % superior ao produzido pela vaca menos produtiva (485.6 kg). Nos primeiros 60 dias da lactação as vacas produziram em média 7.0 kg/vaca/dia. Nesta fase houve um aumento contínuo da produção de leite, e foi nesse período em que os animais atingiram o pico de lactação, que ocorreu entre o 35º e o 50º dia.

Para o cálculo do AICc e suas medidas derivadas foi utilizado o pacote AICcmodavg disponível no software R (R Development Core Team, 2016).

Ao estudar curvas de lactação de vacas holandesas, Cobucci et al. (2004), observaram que o pico de produção ocorre entre 60 e 90 dias após a parição. Biazolli (2014) observou em vacas primíparas da raça Pantaneira, que o ponto máximo de produção de leite ocorreu entre o 30º e 40º dia da lactação. Já os animais de segunda ordem de lactação da raça Pantaneira avaliados por Oliveira-Brochado et al. (2018), atingiram o pico de lactação do 51º ao 60º dia após o parto, corroborando com os dados deste estudo.

Também foi observado que do 61º ao 120º dia, a produção de leite dos animais apresentou uma diminuição em relação ao pico de lactação, sendo este declínio constante. A partir do 121º dia de lactação, a produção decaiu bruscamente até cessar-se por completo, por volta do 180º dia. A partir destas observações a curva de lactação destes animais foi dividida em três períodos: inicial (1º a 60º dia), intermediário (61º a 120º dia) e final (121º a 180º).

Com a observação dos dados de produção da curva de lactação, é possível inferir que há uma grande variação entre as vacas da raça Pantaneira, e como a seleção de animais melhorados podem contribuir para a formação de uma linhagem com maior aptidão leiteira da raça.



Vaca	Equação de Regressão	R ²	Vaca	Equação de Regressão	R ²
Vaca 1	$y = -0.0005x^2 - 0.0504x + 11.790$	0.7404	Vaca 6	$y = -0.005x^2 - 0.0197x + 6.938$	0.5465
Vaca 2	$y = -0.0005x^2 - 0.0149x + 4.809$	0.5585	Vaca 7	$y = -0.0001x^2 + 0.0021x + 4.063$	0.4319
Vaca 3	$y = -0.0002x^2 + 0.0146x + 8.052$	0.4195	Vaca 8	$y = -0.0001x^2 - 0.0142x + 8.321$	0.5404
Vaca 4	$y = -0.0002x^2 + 0.0054x + 6.752$	0.6415	Vaca 9	$y = -0.0002x^2 + 0.0079x + 7.307$	0.4813
Vaca 5	$y = -0.0001x^2 + 0.0091x + 5.010$	0.3117	Vaca 10	$y = -0.0002x^2 + 0.0070x + 3.876$	0.6045

Figura 1. Curva de lactação de vacas Pantaneiras com período lactacional de 180 dias.

A média de produção de leite foi de 4.93 kg/vaca/dia, em 180 dias de produção de leite (Tabela 3). Valores menores aos encontrados por Oliveira-Brochado et al. (2018), com produção de leite de 5.34 kg/vaca/dia. Biazolli (2014) verificaram uma produção média maior, de 6.27 kg/vaca/dia para vacas Pantaneiras primíparas, todavia com um período de lactação menor.

Tabela 3. Média da produção de leite diária, em kg/dia, das ordenhas matinal e vespertina e do leite ingerido pelos bezerros após a ordenha, nos períodos inicial (1 a 60º dia), intermediário (61 a 120º dia) e final (121 a 180º) da lactação.

Período	Ordenha (kg/dia)			Ingerido Bezerro (kg/dia)			Produção Total (kg/dia) *
	Manhã	Tarde	Total	Manhã	Tarde	Total	
Inicial	2.60	1.48	4.08	1.94	0.95	2.89	6.97 a
Intermediário	2.01	0.84	2.85	0.99	0.69	1.68	4.52 b
Final	1.48	0.56	2.04	0.72	0.55	1.27	3.30 c
Média	2.03	0.96	2.99	1.22	0.73	1.95	4.93

*Letras diferentes na coluna diferem entre si (P > 0.05)

A composição físico-química do leite de vacas Pantaneiras apresentou média de 5.2 % de gordura, 3.2 % de proteína, 4.2 % de lactose e 9.2 % de extrato seco desengordurado (ESD), com um pH de 5.1. Valores próximos aos encontrados por Oliveira-Brochado et al. (2018) e Biazolli (2014), que também avaliaram animais da raça Pantaneira. No entanto, Silva Junior (2013), avaliando animais da raça Girolando encontrou valores menores aos encontrados nesse experimento (4.1 % de gordura, 3.4 % de proteína e 5.7 % de lactose). Assim como Botaro et al. (2011) que ao avaliarem o leite de animais das raças Holandesa (3.5 % de gordura, 4.4 % de lactose e 8.48 % de ESD), Jersey (3.97 % de gordura, 4.3 % de lactose e 8.6 % de ESD) e Girolando (3.4 % de gordura, 4.4 % de lactose e 8.51 % de ESD) encontraram valores mais baixos, principalmente de gordura, quando comparado com o presente experimento.

A gordura do leite é o componente mais variável entre as raças, sendo também influenciada pela alimentação e a idade do animal. Além disso, o conteúdo em gordura é inversamente proporcional à quantidade de leite produzido (Venturini et al. 2007). Desta forma, como a raça Pantaneira produz menores quantidades de leite, essa pode ser a razão da composição físico-química mais rica, em especial da gordura, quando comparado com outras raças especializadas para a produção de leite.

A média de ganho de peso dos animais da raça Pantaneira, em 180 dias, foi de 38.8 kg, sendo 0.216 kg/animal/dia (Tabela 4). A grande diversidade na produção de leite observada neste trabalho pode ser ainda correlacionada com o tamanho dos animais. Foi possível observar que vacas com peso corpóreo acima de 420 kg foram as que produziram maiores quantidades de leite. Resultados semelhantes foram

No período inicial da lactação as vacas produziram uma maior quantidade de leite, com média de 6.97 kg/vaca/dia. Sequencialmente houve uma redução gradativa da produção no período intermediário, com média de 4.52 kg/vaca/dia. No período final ocorreu uma queda acentuada da produção com média de 3.30 kg/vaca/dia de leite e conseqüentemente, o encerramento da lactação (Tabela 3).

também observados por Biazolli (2014) e Oliveira-Brochado et al. (2018). Reforçando o efeito de relação entre a maior capacidade torácica-abdominal, maior potencial para ingestão de alimentos e a melhor eficiência na conversão dos nutrientes absorvidos em leite.

A produção média máxima de leite foi 11.7 kg de leite/dia e a mínima foi de 2.2 kg de leite/dia (Tabela 4). Além disso, um dos animais chegou a produzir 16.9 kg de leite/dia. Pode-se também observar que vacas com o maior ganho de peso produziram menores quantidades de leite dia, como as vacas 2 e 10, indicando sua menor aptidão leiteira. O contrário também foi verdadeiro onde as vacas 1 e 3 foram as que produziram maiores quantidade de leite, indicando que os nutrientes ingeridos foram convertidos mais eficientemente na lactogênese.

Os modelos de curva de lactação encontrados na literatura foram classificados (melhor pior) de acordo com o Critério de Akaike (AICc) e suas medidas derivadas (Tabela 5). De acordo com essa avaliação, o modelo de Pollott (2000) foi o melhor modelo segundo os pesos de Akaike ().

Segundo Vieira et al. (2012), os valores de $\Delta AICc$ devem estar entre 0 e 2 para que os modelos sejam considerados semelhantes em reproduzir o comportamento dos dados observados e reduzir a perda de informação (nesse caso o modelo com o menor número de parâmetros deve ser preferido). Valores de $\Delta AICc$ maiores que 2 e menores ou iguais a 10 significam que o desempenho do modelo não foi tão bom e valores maiores que 10 indicam que o modelo falhou em reproduzir os dados e minimizar a perda de informação.

O modelo de Pollott (2000) representa 99 % de probabilidade de verossimilhança (W). Em relação a esse parâmetro, quando seu valor for superior a 0,8, considera-se que o modelo é uma representação verossímil da realidade (Vieira et al., 2012).

A escolha do modelo foi baseada na probabilidade de verossimilhança relativa (ER), onde o modelo que

possuir o valor de ER =1 será a melhor escolha. Os modelos cujos valores de ER forem maiores que 1 e menores ou iguais a 20 serão considerados modelos menos prováveis e aqueles cujo ER for superior a 20 serão as piores escolhas (Vieira et al., 2012). Sendo assim o modelo de Pollott (2000) foi a melhor escolha, pois apresentou ER=1.

Tabela 4- Médias de peso corporal das vacas no período inicial (1° ao 60° dia), intermediário (61° ao 120° dia) e final (121° ao 180°) da lactação e produção de leite máxima e mínima, em kg/dia.

Animal	Peso Corporal (kg)			Ganho de Peso (kg) Total	Produção de leite mínima/máxima
	Inicial	Intermediário	Final		
V01	463.0	477.0	496.7	33.7	4.01 / 13.76
V02	336.0	352.1	374.9	38.9	0.44 / 8.99
V03	454.5	467.5	486.6	32.6	3.92 / 16.92
V04	454.1	470.0	494.7	38.0	1.80 / 12.18
V05	482.0	498.2	518.4	38.0	1.55 / 12.20
V06	469.3	485.3	507.0	38.0	2.00 / 9.46
V07	455.0	475.4	502.4	47.4	1.04 / 8.50
V08	446.2	459.5	478.5	32.5	2.80 / 13.69
V09	523.9	539.4	561.3	38.3	3.37 / 14.53
V10	359.0	381.0	409.7	50.7	0.81 / 6.93
Média	444.3	460.54	483.02	38.81	2.17 / 11.71

Tabela 5. AICc e suas medidas derivadas calculados para os modelos de curva de lactação em Vacas Pantaneiras.

Modelo	K	AICc	W	ER	LL	
Pollott	7	10 585.61	0.00	0.9934	1	-5 285.79
Dijkstra	5	10 595.64	10.03	0.0066	150.5152	-5 292.81
Rook	5	10 636.91	51.29	0	Inf	-5 313.44
Wilmlink	5	10 682.30	96.69	0	Inf	-5 336.14
Wood	4	10 760.19	174.58	0	Inf	-5 376.09
Cobby-Le Du	4	11 000.11	414.50	0	Inf	-5 496.05
Brody-1924	4	11 937.62	1 352.01	0	Inf	-5 964.80
Brody-1923	3	12 176.57	1 590.96	0	Inf	-6 085.28

K= número de parâmetros; AICc= Critério de Akaike; W= pesos de Akaike; W=probabilidade de verossimilhança; ER= probabilidade de verossimilhança relativa; LL= logaritmo de verossimilhança.

As estimativas dos parâmetros do modelo selecionado e seus intervalos de confiança são apresentados na Tabela 6. Observa-se que o zero está fora do intervalo de confiança (limite inferior e

superior) para todas as estimativas dos parâmetros, indicando que estes são significativos ao nível de 95 % de probabilidade.

Tabela 6. Estimativas dos parâmetros e intervalos de confiança de 95 % para os modelos selecionados de curva de lactação de

Modelo	Parâmetro	Estimativa	Limite inferior	Limite superior
Pollott (2000)	a	55.3100	29.8386	160.7136
	b	4.3940	1.7631	13.5643
	c	0.2713	0.2231	0.3327
	d	0.7336	0.5475	0.9014
	f	0.0401	0.0347	0.0459
	g	55.3100	29.8386	160.7136
	h	4.3940	1.7631	13.5643

O ajuste dos modelos de curva de lactação para vacas Pantaneiras é apresentado na Figura 2. Observa-se que o modelo de Pollott (2000) estima o pico de lactação entre o 30º e 60º dia de lactação, o que é próximo ao encontrado neste estudo, e nos estudos de Biazolli (2014) e Oliveira-Brochado et al. (2018).

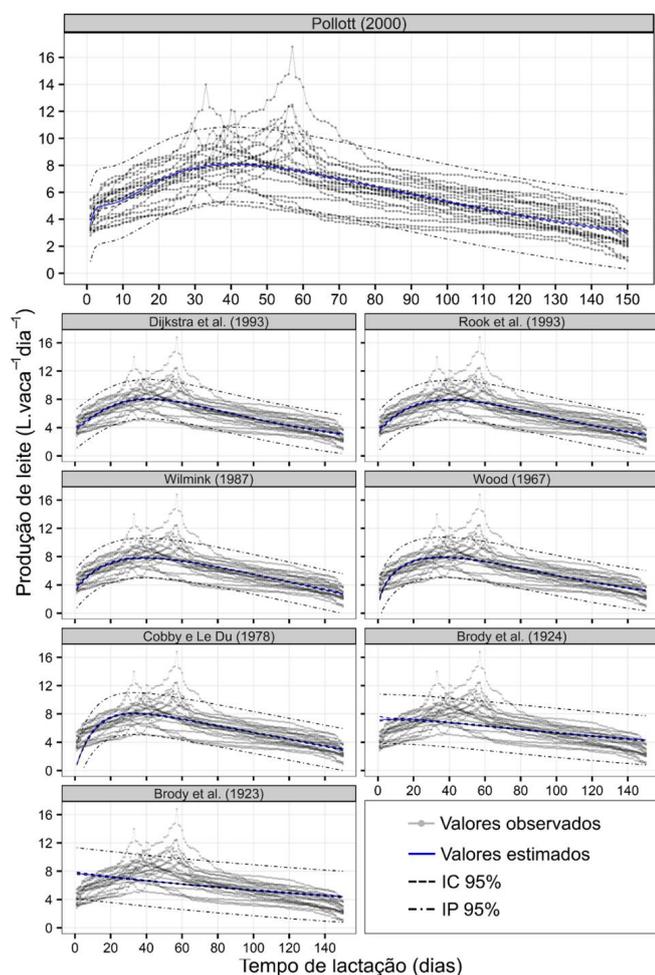


Figura 2. Ajuste dos modelos de curva de lactação para Vacas Pantaneiras.

A análise gráfica dos resíduos dos modelos de curva de lactação para vacas Pantaneiras é apresentada na Figura 3. Pode-se observar que, todos os modelos apresentam distribuição de frequência de resíduos aproximadamente normal, principalmente o modelo de Pollott (2000).

De acordo com Cunha et al. (2010), o modelo de Wood (1967) tem sido largamente utilizado em diversos tipos de estudos de avaliação de novos modelos (Cobby e Le Du, 1978; Rook et al., 1993), de melhoramento genético (Schneeberger, 1981; Grossman et al., 1988; Ferris et al., 1985; Faro e Albuquerque, 2002), de simulação de sistemas de produção (Rotz et al., 1999) e de nutrição (CNCPS 5.0), em virtude de sua reconhecida capacidade de ajuste aliada ao baixo número de parâmetros. No entanto, no presente estudo o modelo de Wood (1967) não foi classificado como um bom modelo para representar a

curva de lactação de vacas Pantaneira, ficando em 5º lugar (Tabela 5).

Segundo Thornley e France, (2007), o modelo de Brody et al. (1923) não é capaz de representar o aumento de produção no início da lactação, o que pode ser observado neste estudo (Figura 2). Embora esta característica não permita ao modelo descrever uma curva de lactação característica de rebanhos especializados para produção de leite, os autores consideram que o modelo pode se ajustar adequadamente para animais mestiços de baixa produção criados em condições tropicais. No entanto, isso não foi observado neste estudo, pois o modelo de Brody et al. (1923) foi o que apresentou o pior ajuste (Tabela 5).

O primeiro modelo da curva de lactação com parâmetros que possuem explicação fisiológica direta e cuja estimativa de seus valores numéricos pode ser feita com dados obtidos a campo foi proposto por Dijkstra et al., (1997). Este modelo, classificado como mecanicista, foi desenvolvido com o objetivo de descrever o padrão de crescimento da glândula mamária de mamíferos durante a gestação e a lactação.

Outro modelo, mais recente, que possui características fortemente mecanicistas foi proposto por Pollott (2000) e baseia-se no ajuste de duas curvas logísticas para representar os principais processos biológicos envolvidos na lactação como a proliferação das células do parênquima do tecido mamário e sua diferenciação em células com capacidade de secretar leite. Segundo Pollott (2000), além da vantagem em possuir significado biológico para os parâmetros, este modelo pode ser modificado por meio de termos aditivos que permitem prever o efeito de fatores que alteram o curso da produção de leite durante o período de lactação como melhorias na nutrição ou o início de uma gestação. Entretanto, o modelo de Pollot é mais complexo e possui maior número de parâmetros.

Cunha et al. (2010), ajustaram oito tipos de modelos de curva de lactação aos dados de produção de vacas mestiças holandês-zebu separadas por ordem de parto (1ª, 2ª e 3ª acima) originárias de propriedades classificadas como baixa, média e alta produção. Estes autores obtiveram bons ajustes com o modelo de Wood para vacas dos grupos de baixa e média produção leiteira e para o grupo de alta produção o modelo de Dijkstra et al. (1997) foi o que melhor se ajustou. O modelo de Pollott (2000) não se destacou em qualquer um dos grupos estudados e teve problemas de ajuste nos grupos de 1ª e 2ª cria de baixo e alto níveis de produção. Os autores ponderaram

sobre a possibilidade de modelos mecanicistas como o de Pollott e de Dijkstra não se ajustarem bem às curvas de animais de baixa produção. Esse fato não corrobora com o observado no presente estudo, pois as vacas Pantaneiras são classificadas como de baixa produção, no entanto, o modelo de Pollott (2000) foi o que melhor se ajustou aos dados.

Ferreira et al. (2015) analisando quatro modelos matemáticos quanto ao seu ajuste e poder de predição da curva de lactação de vacas Holandesas pertencentes a rebanhos da Região Sudoeste do Paraná também não observaram ajuste ao modelo de Pollott (2000) nos grupos de menor ou maior

produção de leite.

Equações que descrevam a produção de leite em função do tempo podem ter grande utilidade em programas de melhoramento genético, no manejo nutricional dos rebanhos, em decisões sobre o descarte de vacas e em modelos de simulação de sistemas de produção de leite.

Todavia, os estudos da curva de lactação e de ajuste de modelos para tal, em vacas Pantaneiras precisam ainda de mais estudos, para um melhor entendimento e possíveis novos ajustes.

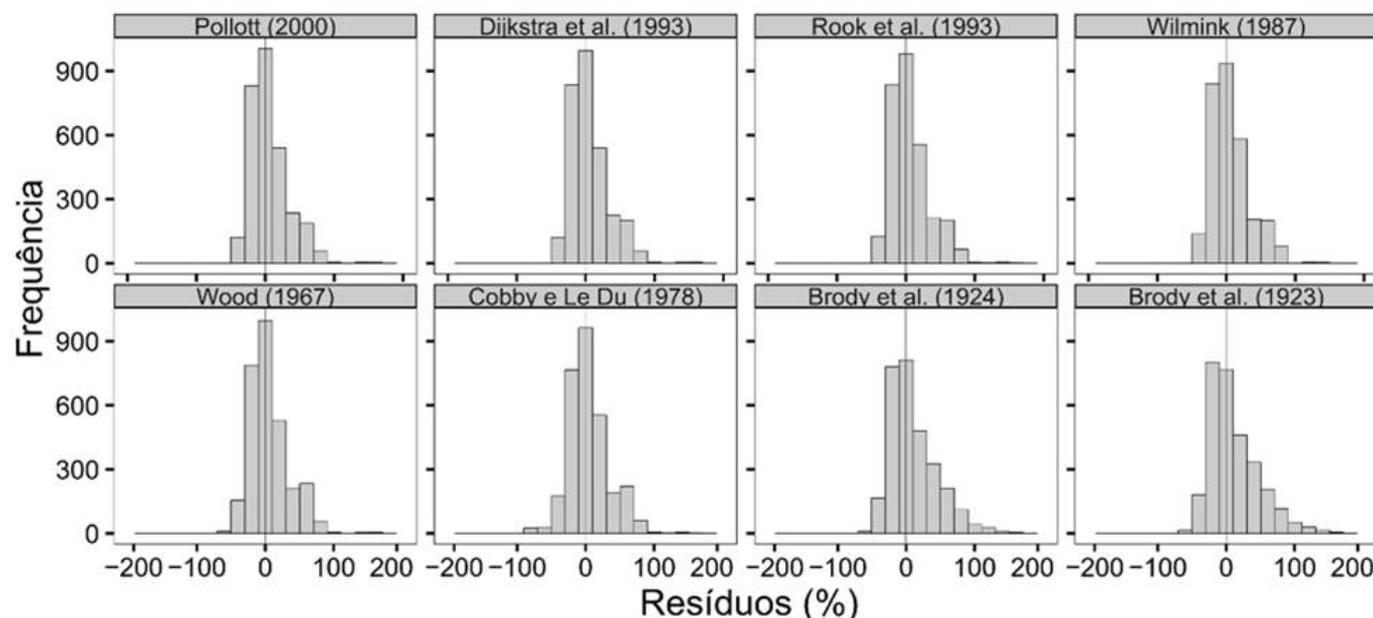


Figura 3. Análise gráfica dos resíduos dos modelos de curva de lactação para Vacas Pantaneiras.

Conclusão

A lactação de vacas multíparas da raça Pantaneira encerrou-se naturalmente aos 180 dias, com média de 4.93 kg de leite/vaca/dia, tendo o leite apresentado altos níveis de gordura, proteína e lactose. O pico de lactação ocorreu entre o 35º aos 50º dias de lactação. O

modelo de Pollott (2000) foi o que melhor representou o ajuste da curva de lactação de vacas Pantaneiras multíparas, segundo a avaliação de AICc e seus parâmetros.

Reconhecimentos

Esta pesquisa foi financiada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

(CNPq) e Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT).

Literatura Citada

Abreu, U.G.P., C. McMannus. 2000 Conservation of Pantaneiro Cattle. In: Global conference on Conservation of Domestic Animal Genetic Resources. Brasília: Proceedings..., Brasília: Embrapa Genetic Resources And Biotechnology, 2000 Cd Rom.

Biazolli, W. 2014. Potencial leiteiro de vacas primíparas da raça Pantaneira mantidas em regime de pastejo com diferentes níveis de concentrado 2014. 80f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.



- Botaro, B.G., C.S. Cortinhas, L. Mestieri, P.F. Machado, M.V. Santos. 2011. Composição e frações proteicas do leite de rebanhos bovinos comerciais. *Revista de Veterinária e Zootecnia*, v.18, n.1, p.81-91.
- Brody, S., A.C. Ragsdale, C.W. Turner. 1923. The rate of decline of milk secretion with the advance of the period of lactation. *The Journal of General Physiology*, v.5, p.442-444. <https://doi.org/10.1085/jgp.5.4.441>
- Brody, S., A.C. Ragsdale, C.W. Turner. 1924. The relation between the initial rise and the subsequent decline of milk secretion following parturition. *The Journal of General Physiology*, v.6, p.541-545. <https://doi.org/10.1085/jgp.6.5.541>
- Cobby, J.M., Y.L.P. Le Du. 1978. On fitting curves to lactation data. *Animal Production*, v.26, n.2, p.127-133. <https://doi.org/10.1017/S0003356100039532>
- Cobucci, J.A., R.F. Euclides, C.N. Costa, P.S. Lopes, R.A. Torres, C.S. Pereira. 2004. Análises da persistência na lactação de vacas da raça Holandesa, usando produção no dia do controle e modelo de regressão aleatória. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.3, p.546-554. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000300004>
- Cunha, D.N.F.V., J.C. Pereira, F.F. Silva, O.F. Campos, J.L. Braga, J.A. Martuscello. 2010. Selection of models lactation curves to use in milk production simulation systems. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.39, n.4, p.891-902, abr. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000400026>
- Dani, S.U., M.V.M. Oliveira. 2013. Cattle, Cheese and Conservation. *Nature*, v.502, p.448. <https://doi.org/10.1038/502448c>
- Dijkstra, J., J. France, M.S. Dhanoa, J. A. Maas, A. J. Hanigan, J. Rook, D.E. Beever. 1997. A model describe growth patterns of the mammary gland during pregnancy and lactation. *Journal of Dairy Science*, v.80, p.2340-2354. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76185-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76185-X)
- Faro, L.E., L.G. Albuquerque. 2002. Comparação de alguns modelos matemáticos para o ajuste às curvas de lactação individuais de vacas da raça Caracu. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 54(3):31-39. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352002000300013>
- Ferreira, A.G.T., D.S. Henrique, R.A.M. Vieira, E.M. Maeda, A.A. Valotto. 2015. Fitting mathematical models to lactation curves from holstein cows in the southwestern region of the state of Parana, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 87(1), 503-517. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520130514>
- Ferreira, E.B., E. Bearzoti. 2003. Comparação de métodos no ajustamento de curvas de lactação de bovinos por meio de simulação. *Ciência e Agrotecnologia*, 24 (5):865-872. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542003000400019>
- Ferris, T.A., I.L. Mao, C.R. Anderson. 1985. Selecting for lactation curve and milk yield in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 68:1438-1448. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)80981-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)80981-4)
- Grossman, M., W.J. Koops. 1988. Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 71(6):1598-1608. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79723-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79723-4)
- Hurvich, C.M., C.-L. Tsai. 1989. Regression and time series model selection in small samples. *Biometrika*, v.76, p.297-307. <https://doi.org/10.1093/biomet/76.2.297>
- Mazza, M.C.M., C.A. Mazza, J.R.B. Sereno, S.A.L. Santos, A.O. Pellegrin. 1992. Conservation of Pantaneiro cattle in Brazil. Historical origin. *Archivos de Zootecnia*, v.41, n.154 (extra), p.443-453.
- Mazza, M.C.M., C.A. Mazza, J.R.B. Sereno, S.A.L. Santos, A.O. Pellegrin. 1994. Etnobiologia e Conservação do Bovino Pantaneiro. Corumbá / MS: EMBRAPA-CPAP, 61p.
- Oliveira-Brochado, N.C., M.S., Chiodi, M.B. S. Cáceres, U.G.P. Abreu, D.F. Luz, L.E. Salla, M.V.M. Oliveira. 2018. Potencial leiteiro de animais da raça Pantaneira na região do Alto Pantanal do Mato Grosso do Sul. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 70(2):644-648. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9783>
- Pollott, G.E. 2000. A biological approach to lactation curve analysis for milk yield. *J. Dairy Sci.*, 83(11):2448-2458. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75136-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75136-8)
- R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing. Vienna, Austria, 2016.
- Regazzi, A.J. 1996. Teste para verificar a identidade de de modelos de regressão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 31(1):1-17.
- Rook, A.J., J. France, M.S. Dhanoa. 1993. On the mathematical description of lactation curves. *J. Agric. Sci.*, 121:97-102. <https://doi.org/10.1017/S002185960007684X>

- Rotz, C.A., D.R. Mertens, D.R. Buckmaster, M.S. Allen, J.H. Harrison. 1999. A dairy herd model for use in whole farm simulations. *J. Dairy Sci.*, 82:2826–2840. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75541-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75541-4)
- SAS Institute INC.SAS/STAT . SAS User's Guide. Version 6. Cary, NC: SAS Institute Inc., 11° ed., 1995.
- Schneeberger, M. 1981. Inheritance of lactation curve in swiss brown cattle. *J. Dairy Sci.*, v.64, p.475-483. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(81\)82596-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(81)82596-9)
- Silva Junior, B.A. 2013. Cana de açúcar associada à ureia e cal virgem na alimentação de bovinos leiteiros Dissertação (Mestrado em zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Aquidauana, p.95.
- Thornley, J.H.M., J. France. 2007. *Mathematical models in agriculture: a quantitative methods for the plant, animal and ecological sciences*. 2.ed. Wallingford: CABI. 906 p. <http://dx.doi.org/10.1079/9780851990101.0000>
- Venturini, K.S, M.F. Sarcinelli, L.S. Silva. 2007. Características do leite. UFES, Boletim técnico – PIES: 01007.