

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**CURVA DE LACTAÇÃO DE VACAS PRIMÍPARAS DA
RAÇA JERSEY**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Marinês Lazzari

Santa Maria, RS, Brasil

2013

CURVA DE LACTAÇÃO DE VACAS PRIMÍPARAS DA RAÇA JERSEY

por

Marinês Lazzari

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

Orientador: Prof. Dr. Paulo Santana Pacheco

Santa Maria, RS, Brasil

2013

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Lazzari, Marinês
Curva de lactação de vacas primíparas da raça jersey /
Marinês Lazzari.-2013.
53 p.; 30cm

Orientador: Paulo Santana Pacheco
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, RS, 2013

1. Curva de lactação 2. Funções matemáticas 3. Produção
de leite 4. Pico de produção 5. Raça Jersey I. Pacheco,
Paulo Santana II. Título.

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

CURVA DE LACTAÇÃO DE VACAS PRIMÍPARAS DA RAÇA JERSEY

elaborada por
Marinês Lazzari

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

Comissão Examinadora:

Paulo Santana Pacheco, Dr. (Presidente/Orientador)

Janete Pereira Amador, Dr. (UFSM)

Dioneia Magda Everling, Dr.(IFRS/Ibirubá)

Santa Maria, 22 de fevereiro de 2013.

Agradecimentos

A Deus e Nossa Senhora pelo dom da vida e amparo nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais Dirceu e Inês pela vida que me deram e por todo ensinamento e carinho mesmo na distância, obrigado mãe!

Aos meus irmãos, Alessandra, Alessandro e Marcia e meu cunhado Jackson, por sempre me apoiarem, com telefonemas e incentivos os quais sempre me deram força e em nenhum momento desacreditaram em meu potencial.

A minha Vó Aurora, a Tia Maria Luíza (dinda) a Tia Ignes, minha mãe de coração, pelas rezas e carinho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS, pela oportunidade da realização do mestrado.

Ao meu orientador Paulo Santana Pacheco, pelo carinho, compreensão e principalmente ensinamentos. Exemplo de educador e pessoa.

Aos professores Paulo Rorato Nogara, Fernanda Cristina Breda de Mello e Olirta pela força, apoio, inúmeras dicas e ensinamentos. Ao professor Jaime Araujo Cobuci pelo fornecimento dos dados.

Ao Laboratório de Melhoramento Animal, por ter me acolhido como membro da equipe. Tomás, Dionéia, Mariana, Alan, Lucas, Thiago, Vanessa e Denise sem vocês seria impossível a realização deste trabalho.

Aos meus colegas de mestrado, por todos os momentos de convivência, que com certeza foram de grande aprendizagem.

Aos colegas da veterinária Turma 82 que nunca se afastaram de mim, sempre me deram muita força e apoio mesmo a distância, em especial a Ana Paula Dullius minha irmã de coração.

Aos colegas da Prefeitura de Lajeado, juntamente com o Secretário da Agricultura, que compreenderam minha ausência em alguns momentos, e sempre me apoiaram.

Aos amigos que para mim são meu maior regalo, Ju, Fê, Graziela, Bruna, Ana Maria, Antonello, Camilão, Paula, Renata, Grazi e Rê, o meu muito obrigado.

A todos que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade Federal de Santa Maria

CURVA DE LACTAÇÃO DE VACAS PRIMÍPARAS DA RAÇA JERSEY

AUTOR: MARINÉS LAZZARI

ORIENTADOR: PAULO SANTANA PACHECO

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 22 de fevereiro de 2013

O objetivo deste estudo foi analisar o formato da curva de lactação e suas implicações sobre a média de produção de leite de vacas primíparas da raça Jersey. Foram utilizados 3.531 registros de produção de 620 vacas, com partos entre 1986 e 2002 e idade ao primeiro parto entre 20 e 48 meses. Eliminaram-se registros de produção de leite inferiores a 2,0 kg/dia ou superiores a 38,0 kg/dia, o período de produção coletado iniciou ao 3º dia após o parto e finalizou-se no 305º dia perfazendo as 43 semanas de lactação. Os parâmetros dos 15 modelos testados que convergiram foram estimados por meio de regressão não-linear (método de *Gauss Newton*). Os critérios para a escolha do melhor modelo foram: quadrado médio do resíduo (QMR); média dos desvios absolutos (DMA); índice de melhor ajuste; avaliação visual comparada entre as curvas estimada e observada e o gráfico de distribuição dos resíduos. O modelo de Wood (1967) foi o que mais satisfez a curva de lactação das vacas primíparas da raça Jersey, apresentando comportamento curvilíneo com DMA de 0,49, QMR de 24,93, índice de 5,48, menores amplitudes dos resíduos (entre 0,3 e -0,5 Litros) e curva estimada mais condizente com a observada. Além de ser possível calcular a partir de seus parâmetros a produção de leite no pico de lactação, tempo de pico e persistência, sendo 16,6 kg/dia, 45 dias, 61,11%, respectivamente. O estudo também permitiu auxiliar o produtor na detecção precoce de falhas ou vantagens no manejo, seleção ou doenças que acometam o rebanho leiteiro.

Palavras chave: curva de lactação, funções matemáticas, produção de leite, pico de produção, raça Jersey

ABSTRACT

Dissertation
Graduate Program in Animal Science
Universidade Federal de Santa Maria

LACTATION CURVE OF PRIMIPAROUS JERSEY BREED COWS

AUTHOR: MARINÊS LAZZARI

SUPERVISOR: PAULO SANTANA PACHECO

Place and Date of Defence: Santa Maria, February 22, 2013

Abstract: The study aimed to analyze the format of the lactation curve and the implications on the average production of primiparous Jersey breed cows. Were used 3,531 registers of production from 620 cows, production registrations of cows with calving between 1986 and 2002 and first calving age between 20 and 48 months were used. Production records inferior of 2.0 Kg/day and superior of 38.0 Kg/day were eliminated, the collected production period started on the 3^o day after calving and ended on the 305^o totalizing 43 weeks of lactation. The parameters of the 15 tested models were estimated throughout non-linear regression (Gauss Newton method). The criteria to elect the best model were: medium square waste (QMR); absolute average deviation (DMA); best adjustment index; visual evaluation comparing the estimated and observed curves and graphs of the distribution of residuals. The model of Wood (1967) has satisfied the most the lactation curve of primiparous Jersey breed cows, presenting a curvilinear behavior with DMA of 0.49 and QMR of 24.93, index of 5.48, lower residual amplitude (between 0.3 and -0.5 Liters) and estimated curve suitable with the observed. Beyond being possible to calculate from its parameters the milk production at the lactation peak, the period of lactation peak and persistence, with 16.6 kg/day, 45 days, 61.11% respectively. The study also allowed the previous detection of errors or vantages on the management, selection or diseases that affects the dairy herd.

Keywords: lactation curve, mathematical functions, milk production, peak production, Jersey breed

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 – Modelos matemáticos utilizados para o ajuste das curvas de lactação.	19
--	----

CAPÍTULO 2

Tabela 1 – Parâmetros estimados e critérios para comparação de modelos matemáticos para ajuste da curva de lactação média	40
---	----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1 – Importância da curva de lactação em relação aos fatores que acometem a produção de leite..... 12

CAPÍTULO 2

Figura 1 –Curvas de lactação obtidas pelas médias das produções de leite observadas e preditas pelos melhores modelos.41

Figura 2 –Gráfico de dispersão dos resíduos padronizados dos melhores modelos matemáticos.....42

LISTA DE ANEXOS

ANEXOS	43
ANEXO A – Normas para Publicação na Revista Ciência Rural.....	44
ANEXO B – Exemplo de análise de regressão não-linear do modelo WOOD (1967): comandos utilizados no software SAS®.....	46
ANEXO C – Resultados da análise do ANEXO B.....	48
ANEXO D – Modelos matemáticos utilizados para o ajuste das curvas de lactação no software SAS®.....	51

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	110
CAPÍTULO 1	121
ESTUDO BIBLIOGRÁFICO.....	121
1.1 Aplicação geral das curvas de lactação	11
1.2 Formato da curva de lactação e efeitos ambientais	143
1.3 Curva de lactação e manejo, sanidade e reprodução	165
1.4 Curva de lactação e seleção	187
1.5 Modelos matemáticos para curvas de lactação	198
Referências bibliográficas	22
CAPÍTULO 2	27
Resumo	28
Introdução	29
Material e Métodos.....	30
Resultados e Discussão.....	33
Conclusão	36
Referências bibliográficas	36

INTRODUÇÃO

O setor lácteo tem grande importância para o segmento agropecuário brasileiro, pois, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2008, existem 1,34 milhões de propriedades de leite no país com mais de 4 milhões de pessoas vivendo diretamente da atividade. Além disso, o país apresenta um alto potencial de crescimento por ser o quinto com maior extensão territorial e ter a quinta maior população, garantindo-lhe um grande mercado consumidor (ALVIM et al., 2009).

O Brasil ocupa a sexta posição entre os maiores produtores de leite do mundo. Mesmo com essa colocação, a realidade está muito aquém da comparada, por exemplo, ao primeiro maior produtor, União Européia (ANULPEC, 2012). Dentro desse contexto, pesquisadores e produtores de leite buscam novas metodologias em termos de manejo, nutrição, sanidade, infra-estrutura e genética, sendo a curva de lactação um dos pontos relevantes a contribuir para o avanço da produtividade.

A curva de lactação pode ser descrita através de uma função matemática que procura modelar um processo biológico complexo e sujeito a influências tanto genética como ambientais (QUINTERO et al., 2007). Permite estimar a produção total a partir de produções parciais, possibilitando o descarte precoce e a avaliação de reprodutores a partir de lactações incompletas de suas filhas, bem como para o planejamento estratégico da atividade, em particular quanto à disponibilidade de forragens e ao manejo alimentar (GLÓRIA et al., 2010). Estudos desta natureza foram realizados na raça Holandesa (MOLENTO, 1995; GONÇALVES et al., 2002; SCALEZ et al., 2009), todavia, trabalhos científicos com a raça Jersey ainda são escassos.

CAPÍTULO 1

1. ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

1.1 APLICAÇÃO GERAL DAS CURVAS DE LACTAÇÃO

As curvas de lactação e os parâmetros calculados a partir delas tais como produção inicial, pico e persistência da lactação vêm sendo utilizados há muito tempo para auxiliar o manejo de fazendas leiteiras de diversas espécies. Devido a isto, estudos foram conduzidos para identificar modelos matemáticos visando descrever a curva de lactação em bovinos (EL FARO et al., 1999; COBUCI et al., 2000; GONÇALVES et al., 2002; GLÓRIA et al., 2010; CANKAYA et al., 2011), caprinos (MCMANUS et al., 2003 e GUIMARÃES et al., 2006), ovinos (SAKUL & BOYLAN, 1992 e SARMENTO et al., 2006) e bubalinos (DAVE, 1971).

O objetivo quando se utiliza a curva de lactação é prever o rendimento em cada dia de lactação, com erro mínimo na presença de variação como resultado do ambiente e outros fatores, a fim de determinar o padrão subjacente da produção de leite. A extensão da utilidade de um modelo de lactação depende de quão bem ele consegue imitar o processo biológico de lactação e como ele se ajusta para fatores ambientais e outros que poderiam influenciar na produção (OLORI et al., 1999).

LAMBAARD (2006) adverte que o uso de curvas de lactação em pesquisa e gestão deve ser abordado com cautela. A ideia não é de que um rebanho deva seguir o predeterminado pela curva, mas que uma vez que essa curva tenha sido criada a partir de informações de um rebanho, esta seja um ponto de referência em que os desvios podem ser observados e as causas dos mesmos sejam investigadas e explicadas.

Para compreender todo o processo que envolve a produção leiteira e a curva de lactação, elaborou-se a Figura 1, onde se esquematizou a importância das fases da curva de lactação (ascensão, pico e declínio) relacionadas com os diferentes fatores ambientais e genéticos envolvidos.

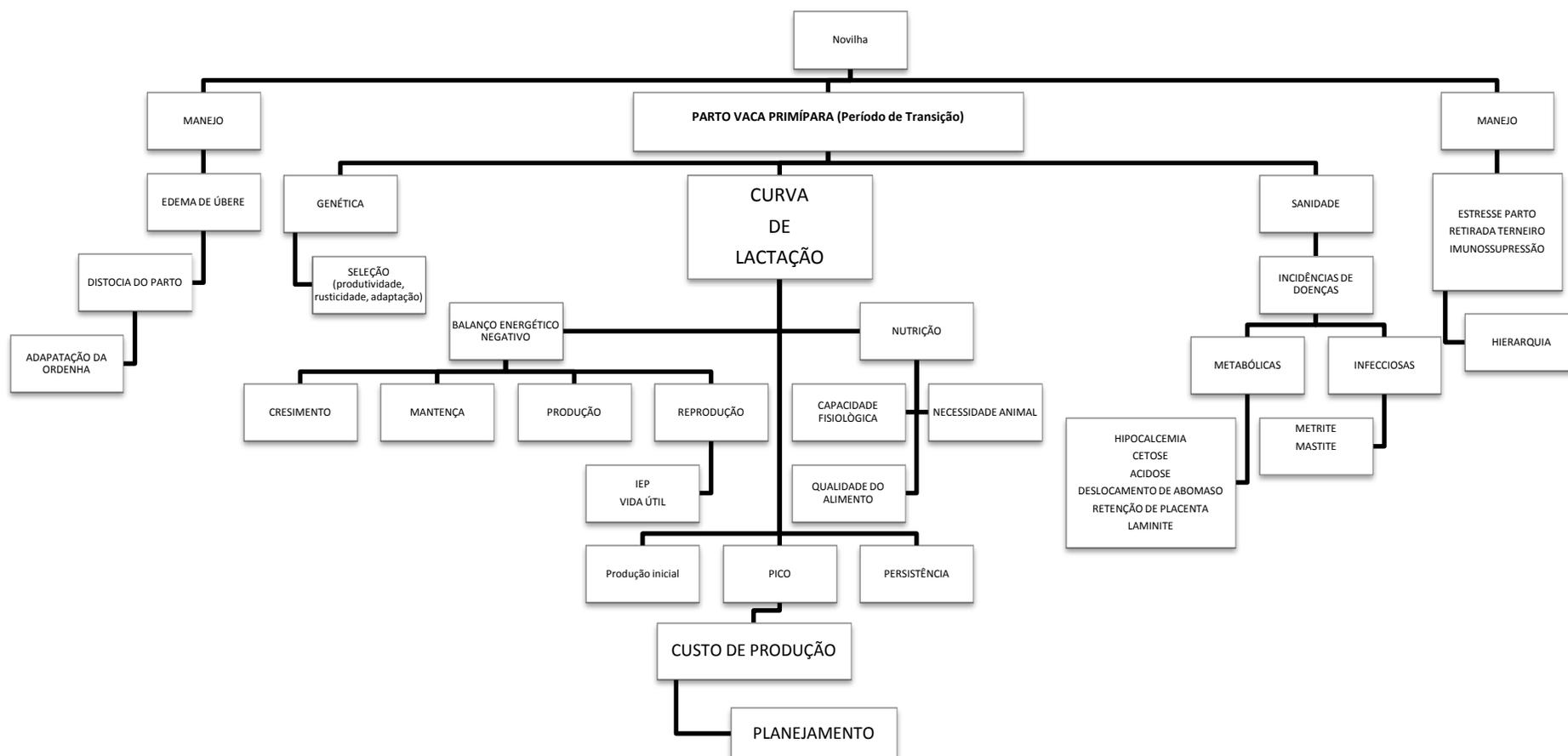


Figura 1 - Importância da curva de lactação em relação aos fatores que acometem a produção de leite.

Ao iniciar o preparo da novilha 60 dias antes da data prevista do parto há de se observar que essa categoria possui uma diferenciação das vacas pluríparas por ainda estar em fase de crescimento e que há fatores desconhecidos para ela nesse período, como parto, ordenha e a hierarquia do grupo, além da grande mudança nutricional e ambiental que varia na fase de lactação envolvida.

Outro ponto que deve ser considerado no início da fase lactacional é o fator de estresse gerado pelo parto e a mudança de manejo. Verifica-se nesse período uma imunossupressão nos animais, aumentando a probabilidade de incidências de doenças, tanto metabólicas quanto infecciosas (CASTRO et al., 2009). Não menos importante é a condição de balanço energético negativo em que as vacas primíparas apresentam no terço inicial de produção, por haver uma grande demanda de nutrientes para o crescimento, manutenção, produção e reprodução. Este último item é o que mais vem sendo discutido entre os pesquisadores, por culminar em um atraso muito grande do primeiro ao segundo parto, por falta da apresentação de cio devido à condição corporal dos animais estar muito baixa.

A prevenção e controle desses fatores citados pode ser realizada a partir do conhecimento da curva de lactação do rebanho leiteiro, pois isso implica diretamente na possibilidade de fazer um planejamento nutricional, genético e de manejo para que ocorra a diminuição desses entraves que impedem o desenvolvimento do setor leiteiro, minimizando custos e aumentando lucros.

1.2 FORMATO DA CURVA DE LACTAÇÃO E EFEITOS AMBIENTAIS

Na literatura disponível há muita discussão com relação ao formato das curvas de lactação. Para as raças européias, a curva de lactação é composta de uma fase inicial em que a produção aumenta gradativamente do parto até a fase de pico, aproximadamente na oitava semana, no qual se mantêm constante por algumas semanas, caracterizada pela produção máxima observada e por fim uma fase de declínio contínuo até o período seco (CUNHA FILHO, 2002), havendo uma queda de 8% ao mês nessa última fase após o pico de lactação (OLIVEIRA et al., 2007). No entanto, estudos apresentam variações quanto a estes resultados. Gonçalves et al. (2002), estudando vacas Holandesas no Estado de

Minas Gerais, observaram que tal pico de produção ocorreu, aproximadamente, 38 dias após o parto. Já Cobuci et al. (2004), também trabalhando com lactações de animais da raça Holandesa, relataram que o pico de lactação ocorre entre 60 e 90 dias, parecendo, portanto, haver dentro da mesma raça considerável variação.

Nas raças zebuínas constatou-se que a curva de lactação tende a não apresentar pico ou, quando apresenta, ele ocorre nas primeiras semanas (EL FARO et al., 1999), sendo composta em dois segmentos: produção inicial e taxa de declínio da produção, os quais são influenciados por fatores genéticos e ambientais (COBUCI et al., 2000). Segundo Cruz et al. (2009), para vacas da raça Guzerá e Sindi, o formato da curva geral apresenta tendência linear, com pico de produção no início da lactação e propensão de queda contínua na produção diária.

Tekerli et al. (2000) acrescentam que em vacas primíparas se observa pico de produção mais tardio e maior persistência de lactação, tendo como possível causa o fato do tecido secretor de leite levar mais tempo para atingir o seu pico de atividade, comparado às vacas pluríparas. Oliveira et al. (2007) destacam ainda que além da imaturidade fisiológica das vacas de primeira cria, outra causa da menor produção de leite é a dificuldade de manejo devido ao temperamento.

Deve-se levar em consideração que nem todas as vacas ou grupo de vacas têm curvas de lactação iguais, pois, além do componente genético, a magnitude dos parâmetros que determinam sua forma varia segundo a influência de diferentes fatores como rebanho, ano de parto, a ordem de parição, a idade da vaca e a estação de parição. Oliveira et al. (2007) relataram que a ordem de lactação e época de parição influenciaram o formato de expressão da curva de lactação em vacas mestiças F1 Holandês-Gir.

Tekerli et al. (2000) em estudo com vacas da raça Holandesa, verificaram maior pico de lactação e maiores rendimentos em lactações de vacas que pariram no outono e inverno, enquanto que a persistência foi maior para vacas que pariram no verão e outono. No estudo de Cobuci et al. (2001), trabalhando com vacas da raça Guzerá, variações na produção inicial e no declínio da produção de leite ocorreram pelas diferenças com relação aos fatores ambientais (alimentação, manejo, temperatura e precipitação pluviométrica) e não aos fatores genéticos. Além disso, os últimos dois autores verificaram que a persistência em vacas primíparas foi maior que em vacas múltiparas de 3^a e 4^a lactação.

Contudo, Mcmanus et al. (2003) e Cobuci et al. (2000) verificaram que nas diferentes estações do ano, pode não haver alterações nas características de produção total, produção inicial e taxa de declínio, em virtude de semelhante manejo alimentar.

1.3 CURVA DE LACTAÇÃO E MANEJO, SANIDADE E REPRODUÇÃO

A partir do conhecimento da curva de lactação o produtor pode tomar algumas decisões baseadas em produções durante a lactação, tal como, identificar problemas de mastite precocemente, podendo, assim, minimizar perdas de produção, descarte do leite, custos de tratamentos, redução da qualidade e descarte de animais (SANTOS, 2007). Yamazaki, et al. (2009) ao estudarem o comportamento da curva em vacas primíparas relacionado a problemas de mastite, constataram que os animais sadios tenderam a ter uma curva de lactação mais uniforme, enquanto as vacas que apresentaram mastite produziram mais leite no início da lactação, mas sofreram redução mais acentuada da produção de leite depois do pico, resultando em menor persistência.

O conhecimento do comportamento da curva de lactação pode proporcionar a melhora do manejo reprodutivo dos animais em lactação (WOOD, 1967), uma vez que podem ser estipuladas épocas de acasalamento para aumentar a produção (GUIMARÃES, 2006), contribuindo, assim, para a diminuição do intervalo entre partos dos animais e aumento da vida útil dos mesmos.

Ao se tratar de vacas primíparas, a atenção requerida é dobrada, visto que essa categoria se encontra ainda em fase de crescimento ativo até os quatro anos de idade (FREELY, 1999). Quando exposta à reprodução dos 13 aos 15 meses de idade apresenta maiores exigências nutricionais, sendo que o planejamento alimentar desta categoria entre a parição e o final do segundo período reprodutivo está condicionado ao peso e à condição corporal ao parto, sendo importantes determinantes para a prenhez no segundo período reprodutivo (PILAU & LOBATO, 2008). A vaca de leite ideal é aquela que possui um início do primeiro parto por volta dos 24 meses e repete prenhez no início do período reprodutivo subsequente, por volta dos 60 dias pós-parto. Para que isso ocorra o rebanho deve ser muito bem

manejado e condicionado em um escore corporal entre 3,0 e 3,5 (escala de 1 a 5), havendo um controle alimentar equilibrado, proporcionando o mínimo de perda nas reservas corporais durante o início da lactação (SANTOS et al., 2010).

Ao relacionar nutrição com a saúde das vacas leiteiras, Ortolani (2008) destaca que em torno de 75% das enfermidades ocorrem no período de transição (três semanas antes e três semanas após o parto), pois é nesse período que os animais apresentam alta mobilização de reservas lipídicas e essa é associada ao balanço energético negativo (BEN). O grau de BEN nas primeiras semanas do pós-parto pode ocasionar doenças metabólicas, perdas na produção e pobres comportamentos reprodutivos, sendo detectadas menores afecções em animais que mantêm uma produção mais constante. Tekerli et al. (2000) acrescentam ainda que vacas com curvas de lactação mais planas estão sujeitas a menor estresse fisiológico, devido à ausência de produções elevadas no pico de lactação, o que minimiza a incidência de problemas reprodutivos e doenças de origem metabólica, contribuindo, conseqüentemente, para a diminuição de custos no sistema.

Sabe-se ainda, que as exigências nutricionais de vacas leiteiras variam consideravelmente em função da categoria animal, estágio fisiológico e nível de produção. Por exemplo, uma vaca de 600 kg de peso corporal pode apresentar variação de grande magnitude em suas exigências quanto à energia e proteína ao longo do período de lactação. Sendo assim, se dividirmos o período de lactação em três fases, supondo-se que o referido animal esteja produzindo cerca de 30 kg de leite/dia na fase inicial e intermediária e cerca de 20 kg/dia na fase final, as dietas teriam as seguintes características ao longo da lactação: fase inicial 73% de Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) e 19% de Proteína Bruta (PB) na Matéria Seca (MS), tendo em vista que neste período o ritmo de incremento na produção de leite é superior à capacidade de ingestão de alimentos, resultando em BEN, ou seja, perda de peso pelo animal. Desta forma, uma vaca ao parto deverá ter reserva em torno de 10% de seu peso a fim de fazer face ao déficit nutricional comum no início da lactação. Já na fase intermediária as necessidades seriam de 71% de NDT e 16% de PB na MS e na fase final 67% de NDT e 15% de PB na MS (NRC, 2001; DAMASCENO et al., 2011).

A estimação do adequado balanço energético apresenta dificuldades ao ajustar a predição teórica da dieta e na avaliação do consumo, isto é, existe um desequilíbrio entre a formulação teórica da dieta e o verdadeiro estado nutricional.

Isso acontece principalmente em decorrência de fatores associados à determinação do consumo efetivo, ao conhecimento do conteúdo nutricional do alimento, à variação nas condições climáticas e a outros fatores inerentes ao manejo do alimento, sua conservação e fornecimento (CAMPOS et al., 2007).

As curvas são ferramentas importantes para o controle nutricional, pois, possibilita definir qual seria a estratégia de alimentação a ser adotada, além de reduzir os custos de produção na medida em que satisfaçam as exigências do animal durante as várias etapas da lactação, otimizando, assim, o sistema leiteiro (LAMBAARD, 2006).

1.4 CURVA DE LACTAÇÃO E SELEÇÃO

A utilização de modelos matemáticos que descrevem a curva de lactação fornece subsídio para detectar os animais potencialmente superiores, descartar os animais de menor aptidão e selecionar touros através das lactações parciais de suas filhas. Além disso, é possível verificar a variação da produção em determinado estágio de lactação e avaliar o desempenho individual ou coletivo pelo valor de produção esperado (MOLENTO, 1995; EL FARO et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2007).

Logo, o conhecimento da curva de lactação pode contribuir para o melhor entendimento e manipulação do sistema, auxiliando o produtor na identificação de quedas bruscas de produção, respostas a dietas e manejo. Acima de tudo, pode identificar precocemente vacas potencialmente superiores com vistas ao melhoramento do rebanho leiteiro (RODRIQUEZ, 2010).

Vacas com curvas de lactação mais persistentes têm necessidades energéticas mais constantes em toda a lactação, permitindo a utilização de alimentos mais baratos, por haver um consumo menor de concentrado (DEKKERS et al., 1998). Neste sentido, uma curva de lactação desejável do ponto de vista bioeconômico requer produções moderadas no pico, aliadas a maior persistência da lactação que pode ser alcançada via seleção genética e ou manipulação de condições ambientais (GROOSMAN & KOOPS, 2003).

1.5 MODELOS MATEMÁTICOS PARA CURVAS DE LACTAÇÃO

Estudos com curvas de lactação em bovinos tiveram início em 1923 (BRODY et al., 1923), sendo que atualmente, existem na literatura muitas funções matemáticas utilizadas para descrever a curva de lactação de bovinos. As mais utilizadas são as intrinsecamente lineares. Dentre os modelos matemáticos podemos verificar na literatura diversos estudos em diferentes raças, alguns dos mais conhecidos e estudados podem ser verificados na Tabela 1.

Nelder (1966) propôs a função polinomial inversa. Este modelo foi linearizado por BIANCHINI SOBRINHO (1984) e seus parâmetros estimados pelo método dos quadrados mínimos. El faro et al. (1999) também utilizaram esse modelo para estimativas de curvas de lactação o qual apresentou bastante flexibilidade no ajuste das mesmas.

A função gama incompleta foi proposta por WOOD (1967). Este modelo, intrinsecamente linear, é bastante utilizado em estudos de lactação. Os maiores problemas no ajuste deste modelo são as superestimações de produção tanto no início como no final da lactação (COBBY & LE DU, 1978).

No intuito de corrigir falhas da função gama incompleta na representação da curva de lactação, GROSSMAN & KOOPS (1988) usaram a função multifásica, a qual é um somatório de funções logísticas que melhor descrevem a curva de lactação.

Alternativas ao modelo de Wood, como os propostos por ALI & SCHAEFFER (1987), WILMINK (1987) e GUO & SWALVE (1995) têm provado ter um ajuste melhor do que o modelo gama incompleta, conforme demonstrado no estudo de Quinn et al., (2005).

BIANCHINI SOBRINHO (1984) propôs a função linear hiperbólica e a função quadrática logarítmica. A função quadrática logarítmica tem sido testada por alguns autores apresentado bons resultados no ajuste (BIANCHINI SOBRINHO, 1988).

Tabela 1 - Modelos matemáticos utilizados para o ajuste das curvas de lactação.

Modelos matemáticos	Referência
$y = aexp^{-cn}$	BRODY et al., 1923
$y = aexp^{-bn} - aexp^{-cn}$	BRODY et al., 1924
$y = aexp^{(bn-cn^2)}$	SIKKA, 1950
$y = n/a + bn + cn^2$	NELDER, 1966
$y = anexp^{b-cn}$	WOOD, 1967
$y = a + bn - cn^2$	DAVE, 1971
$y = a - bn - aexp^{-cn}$	COBBY & LE DU, 1978
$y = a - cn$	MADALENA et al., 1979
$y = a - b n - c $	MOLINA & BOSCHINI, 1979
$y = a - bn + c \ln(n)$	SINGH & GOPAL, 1982
$y = a + bn + cn^2 + d \ln(n)$	SINGH & GOPAL, 1982
$y = a + b^n + c \frac{1}{n}$	BIANCHINI SOBRINHO, 1984
$y = a + bf + cf^2 + dw + gw^2$	ALI & SCHAEFFER, 1987
$y = a + b^{-kn} + cn$	WILMINK, 1987
$y = an^b / \cosh(cn)$	PAPAJCSIK & BODERO, 1988
$y = a \ln(bn)exp^{-cn}$	PAPAJCSIK & BODERO, 1988
$y = a (1 - exp^{-bn}) / \cosh(cn)$	PAPAJCSIK & BODERO, 1988
$y = a \arctan(bn)exp^{-cn}$	PAPAJCSIK & BODERO, 1988
$y = a \ln(bn) / \cosh(cn)$	PAPAJCSIK & BODERO, 1988
$y = a \arctan(bn) / \cosh(cn)$	PAPAJCSIK & BODERO, 1988
$y = anexp^{-cn}$	PAPAJCSIK & BODERO, 1988
$y = \sum_{i=1}^2 \{a_i b_i [1 - \tanh^2(b_i(n - c_i))]\}$	GROSSMAN & KOOPS, 1988
$y = \sum_{i=1}^2 \{a_i b_i [1 - \tanh^2(b_i(n - c_i))]\}$	GROSSMAN & KOOPS, 1988
$y = a + b\sqrt{n} + c \ln(n)$	GUO & SWALVE, 1995
$y = a - cn + \ln(n)$	COBUCCI et al., 2000
$y = a + cg^2 + dw + fw^2$	QUINN et al., 2005

y = produção de leite; a , b , c , d , f , g = parâmetros estimados pelos modelos; n = período de tempo após o parto em que foi medida a produção de leite; exp = exponencial; \ln = logaritmo

ALI & SCHAEFFER (1987) estudaram um modelo de regressão múltipla, o qual levou em consideração parâmetros relacionados à produção em 305 dias, ao pico de produção e ao formato da curva.

Alguns parâmetros práticos são calculados a partir do modelo utilizado para estimar a curva de lactação de um rebanho. Estes parâmetros são: tempo de pico, produção no pico e persistência. O tempo de pico pode ser definido como a duração da produção inicial até o rendimento máximo, já o pico de produção é considerado como a produção máxima em uma lactação e a persistência como a taxa de declínio após o pico de produção (BIANCHINI SOBRINHO, 1984).

Quanto aos modelos matemáticos testados, Cobuci et al. (2000) observaram que as funções descritas por BRODY et al. (1923), BIANCHINI SOBRINHO (1984), PAPAJSIK & BODERO (1988), e a proposta pelos autores em seu trabalho foram as que melhor se ajustaram a curva de lactação de vacas da raça Guzerá. Segundo WOOD (1967), o modelo de BRODY et al. (1923) não proporciona um ajuste adequado, pois não considera o pico da lactação.

Gonçalves et al. (2002) ao estudarem curvas de lactações em rebanhos da raça Holandesa no estado de Minas Gerais, utilizaram os modelos de WOOD (1967), BIANCHINI SOBRINHO (1984), ALI & SCHAEFFER (1987) e GROSSMAN & KOOPS (1988) com as funções monofásica e difásica, sendo que, os três primeiros, subestimaram a produção de leite no início da lactação e a função monofásica superestimou. Já com a função difásica obtiveram resíduos menores, mais simétricos e menos correlacionados que os demais, ajustando-se adequadamente aos dados de produção de leite.

Na tentativa de encontrar um modelo de curvas bem ajustado para produção de leite semanal e o rendimento total de vacas, na Irlanda, Quinn et al. (2005) propuseram quatorze modelos sendo que o modelo de Ali-B, uma versão modificada de ALI & SCHAEFFER (1987), foi o que melhor se ajustou aos dados.

Oliveira et al. (2007) ao estudarem o padrão da curva da lactação de vacas mestiças F1 Holandês-Gir, pela função gama incompleta de WOOD (1967), visualizaram um padrão curvilíneo da curva, com queda da produção a partir do início da lactação. Os autores descreveram que o modelo utilizado não resultou em um bom ajuste para o grupo analisado. A função gama incompleta superestimou, em todas as modalidades estudadas, os valores para produção total de leite na lactação

em relação às produções não ajustadas, exceto para a primeira lactação, que foi subestimada.

Cruz et al. (2009), ao utilizarem seis modelos, concluíram que a função de NELDER (1966) e WOOD (1967) foram as que melhor se ajustaram para parâmetros da curva média e individual para as raças Guzerá e Sindi, as que proporcionaram melhores estimativas dos componentes da curva de lactação de vacas destas raças exploradas na região semi-árida do estado da Paraíba.

Em estudo realizado com vacas com percentual de alelos da raça Holandesa acima de $\frac{3}{4}$ em Mato Grosso, Scaletz et al. (2009), utilizaram cinco modelos matemáticos, sendo que, o modelo de WOOD (1967) e Polinômios segmentados proposto pelos autores, foram os que mais se ajustaram a curva de lactação média, quando os dados das lactações completas foram utilizados.

A função Gama Incompleta de Wood (1967) ajusta-se adequadamente a dados de curvas de lactação de vacas mestiças Holandês-Gir, Holandês-Guzerá, Holandês-Nelore e Holandês-azebuadas em várias ordens de lactação para controles leiteiros no estudo de Glória et al. (2010), o que permitiu a estimação dos picos de lactação destas curvas.

Cankaya et al. (2011) em estudo na Turquia com vacas da raça Jersey a partir de cinco modelos: Brody (1923), Sikka (1950), Wood (1967), Cobby & Le Du (1978), Wilmink (1987), concluíram que o modelo de Wood (1967) foi o de melhor escolha por possibilitar seu uso nas decisões de manejo e evolução do rebanho.

Em estudo no Irã com vacas primíparas da raça Holandesa Torshiziet al. (2011), testaram cinco modelos matemáticos, sendo que a função de Wood (1967) foi a que melhor descreveu a curva por ter apresentado o menor resíduo comparado a outros 4 modelos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, T. E.; SCHAEFFER, L. R. Accounting for covariance among test day milk yields in dairy cows. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 67, p. 637–644. 1987.

ALVIM, R.; LUCCHI, B.; MARTINS, M. Cenário para o agronegócio do leite no Brasil: a visão do setor primário In: XII FÓRUM DE PRODUÇÃO PECUÁRIA-LEITE, 2009, Santa Cruz. **Anais...** Santa Cruz: UNICRUZ, 2009.

ANUALPEC. Anuário da Pecuária Brasileira. AgraFNP/Instituto FNP. São Paulo, 2012. 248 p.

BIANCHINI SOBRINHO, E. **Estudo da curva de lactação de vacas da raça Gir**. 1984. Tese (Doutorado em Genética) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 88 p. 1984.

BIANCHINI SOBRINHO, E. **Estimativa de produção total de leite de vacas da raça Gir, baseada em controles semanais, quinzenais, mensais e bimestrais, obtenção de fatores multiplicativos**. 1988. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal. 90 p, 1988.

BRODY, S.; TURNER, C. W.; RAGSDALE, A. C. The rate of decline of milk secretion with the advance of the period lactation. **The Journal of General Physiology**, n.5, p.441, 1923.

BRODY, S.; RAGSDALE, A. C.; TURNER, C. W. 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, 1924.

CAMPOS, W. E. et al. Digestibilidade da proteína de alimentos utilizados na alimentação de ruminantes pelo método das três etapas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.8, n. 4, p.138-146, 2007.

CANKAYA, S.; UNALAN, A.; SOYDAN, E. Selection of a mathematical model to describe the lactation curves of Jersey cattle. **Archiv Tierzucht**, p. 27-35, 2011.

COBBY, J. M.; LE DU, Y. L. P. On fitting curves to lactation data. **Animal Production**, v. 26, n. 2, p.127-133, 1978.

COBUCI, J. A. et al. Curva de lactação na raça Guzerá. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 29, n. 5, p.1332-1339, 2000.

COBUCI, J. A. et al. Aspectos Genéticos e Ambientais da Curva de Lactação de Vacas da Raça Guzerá. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1204-1211, 2001.

COBUCI, J. A. et al. 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, 2004.

CRUZ, G. R. B.; RIBEIRO, M. N.; PIMENTA FILHO, E. C. Estimativas de Parâmetros de Curvas de Lactação de Bovinos. **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.224, p.695-704, 2009.

CUNHA FILHO, M. **Curvas de lactação e de gordura em vacas da raça Sindi, no estado da Paraíba**. Dissertação (Mestrado em Biometria). Departamento de Física e Matemática, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 57 p., 2002.

DAMASCENO, J. C. et al. **Aspectos da alimentação da vaca leiteira**. Disponível em: <http://www.nupel.uem.br/pos-ppz/aspecto-08-03.pdf> Acesso em: 09 jan. 2013.

DAVE, B. K. First lactation curve of Indian water buffalo. Jawaharlal Nehru Krishi Vishwa Vidyalaya. **Research Journal**, v.5, p.93, 1971.

DEKKERS, J. C. M.; TEM HAG, J. H.; WEERSINK, A. Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. **Livestock Production Science**, v.53, n.3, p.237- 252, 1998.

EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L. G.; FRIES, L. A. Comparação de alguns modelos matemáticos para ajuste à curva de lactação média de um rebanho da raça Caracu. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.28, n.5, p.987-992, 1999.

FREETLY, H.C. The replacement heifer and the primiparous cow. In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. p.241-249.

GLÓRIA, J. R. et al. Curvas de lactação de quatro grupos genéticos de mestiças Holandês-Zebu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.10, p.2160-2165, 2010.

GONÇALVES, T. M. et al. Curvas de lactação em rebanhos da raça Holandesa no Estado de Minas Gerais. Escolha do Modelo de Melhor Ajuste. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.31, n.4, p.1689-1694, 2002.

GROSSMAN, M.; KOOPS, W. J. Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.6, p.1598-1608, 1988.

GROSSMAN, M.; KOOPS, W. J. Modeling extended lactation curves of dairy cattle: a biological basis for the multiphasic approach. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.86, p.988-998, 2003.

GUIMARÃES, V. P. et al. Utilização de funções matemáticas no estudo da curva de lactação em caprinos. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.35, n.2, p.535-543, 2006.

GUO, Z.; SWALVE, H. H. Modelling of lactation curve as a sub-model in the evaluation of test day records. Bulletin - **International Bull Evaluation Service**, n.11, Uppsala, Sweden, 1995.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>>. Acesso em: 02 dez. 2012.

LOMBAARD, C. S. **Hierarchical bayesian modelling for the analysis of the lactation of dairy animals**. Tese (Doutorado). The Faculty of Economic and Management Sciences. Department of Mathematical Statistics University of the Free State Bloemfontein, 2006.

MCMANUS, C. et al. Fatores que influenciam os parâmetros das curvas de lactação em cabras no Distrito Federal. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.32, n.6, p.1614-1623, 2003.

MADALENA, F. E.; MARTINEZ, M. L.; FREITAS, A. F. Lactation curves of Holstein-Friesian and Holstein-Friesian x Gir cows. **Animal Production**, v.29, p.101-107, 1979.

MOLENTO, C. F. M. **Estudo das curvas de lactação de vacas da raça Holandesa no Estado do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 98 p., 1995.

MOLINA, J. R.; BOSCHINI, C. Adjustment of the dairy curve of a Holstein herd with a linear modal model. **Agronomía Costarricense**, v.3, n.2, p.167, 1979.

NRC. **NATIONAL RESEARCH COUNCIL**. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Washington, D.C.: National Academy Press., p.157, 2001.

NELDER, J. A. Inverse polynomials a useful group of multi-factor response functions. **Biometrics**, v.22, p.128-141, 1966.

OLIVEIRA, H. T. V. et al. Curvas de lactação de vacas F1 Holandês-Gir ajustadas pela função gama incompleta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.1, p.233-238, 2007.

OLORI, V. E.; GALESLOOT, P. J. B. Projection of records in progress and calculation of 305-day yields for dairy cattle in the Republic of Ireland. Proceeding of the 1999 **Interbull Meeting**, Zurich, Switzerland, p.149-154, 1999.

ORTOLANI, E. L. Nutrição e saúde em vacas leiteiras. In: XXXV SEMANA CAPIXABA DO MÉDICO VETERINÁRIO E III ENCONTRO REGIONAL DE SAÚDE PÚBLICA EM MEDICINA VETERINÁRIA, 2008, Guarapari. **Anais...** GUARAPARI, ES, 2008.

PAPAJCSIK, I. A.; BODERO, J. Modeling lactation curves of Friesian cow in a subtropical climate. **Animal Production**, v.47, n.2, p.201-207, 1988.

PILAU, A. & LOBATO, J. F. P. Manejo de novilhas prenhes aos 13/15 meses de idade em sistemas a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1271-1279, 2008.

QUINN, N.; L. KILLEN, L.; BUCKLEY, F. Empirical algebraic modelling of lactation curves using Irish data. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, v.44, p.1–13, 2005.

QUINTERO, J. C. et al. Modelos matemáticos para curvas de lactancia en ganado lechero. **Revista Colombiana Ciencias Pecuarias**, v.20, p.149-156, 2007.

RODRIGUEZ, M. A. P. **Curvas de lactação em vacas leiteiras**. Milkpoint - postado em 18/03/2010 Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/artigos-tecnicos/melhoramento-genetico/curvas-de-lactacao-em-vacas-leiteiras-61359n.aspx> Acesso em: 25 jan. 2013.

SANTOS, M. V. **Perdas de produção leiteira causadas pela mastite clínica**. Milkpoint - postado em 21/11/2007. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/artigos-tecnicos/qualidade-do-leite/perdas-de-producao-leiteira-causadas-pela-mastite-clinica-40855n.aspx> Acesso em: 8 jan. 2013.

SARMENTO, J. L. R. et al. Comparação de modelos de regressão não-linear no ajuste da curva de crescimento de ovinos santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.435-442, 2006.

SAKUL, H.; BOYLAN, W. J. Lactation curves for several US sheep breeds. **Animal Production**, v. 54, p.229-233, 1992.

SCALEZ, D. C. B. et al. Modelos para ajuste da curva de lactação de vacas leiteiras. **Anais... ZOOTEC**, 2009. Águas de Lindoia – SP, 2009.

SINGH, R. P.; GOPAL, R. Lactation curves analysis of buffaloes maintained under village conditions. **Indian Journal of Animal Sciences**, v.52, n.12, p.1157-1160, 1982.

SIKKA, L. C. A study of lactation as effected by buredity and environment. **Journal Dairy Research**, v.17, n.3, p.231-252, 1950.

TEKERLI, M. et al. Factors Affecting the Shape of Lactation Curves of Holstein Cows from the Balikesir Province of Turkey. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1381-1386, 2000.

TORSHIZI, M. E. et al. Comparison and evaluation of mathematical lactation curve functions of Iranian primiparous Holsteins. **Sul Africano Jornal da Ciência Animal**, v. 41, 2011.

WILMINK, J. N. M. Adjustment of test day milk, fat and protein yield for age, season and stage of lactation. **Livestock Production Science**, v.16, p.335–348, 1987.

WOOD, P. D. P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. **Nature**, v.216, p.164- 165, 1967.

YAMAZAKI, T. et al. Relationship between the lactation curve and udder disease incidence in different lactation stages in first-lactation Holstein cows. **Animal Science Journal**, Tokyo, v.80, p.636-643, 2009.

CAPÍTULO 2

ELABORAÇÃO DE ARTIGO CIENTÍFICO

CURVA DE LACTAÇÃO DE VACAS PRIMÍPARAS DA RAÇA JERSEY

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas para publicação do periódico

Ciência Rural (Anexo A)

Curva de lactação de vacas primíparas da raça Jersey

Lactation curve of primiparous Jersey breed cows

Marinês Lazzari

Resumo: O trabalho objetivou testar o melhor modelo da curva de lactação e suas implicações sobre a média de produção de leite de vacas primíparas da raça Jersey. Foram utilizados 3.531 registros de produção de 620 vacas, com partos entre 1986 e 2002. Os parâmetros dos 15 modelos testados que convergiram foram estimados por meio de regressão não-linear (método de Gauss Newton). Os critérios para a escolha do melhor modelo foram: quadrado médio do resíduo (QMR); média dos desvios absolutos (DMA); índice de melhor ajuste; avaliação visual comparada entre as curvas estimada e observada e o gráfico de distribuição dos resíduos. Os modelos de WOOD (1967), SINGH & GOPAL 2 (1982) e GUO & SWALVE (1995) foram os de melhor ajuste para a curva de lactação média. No entanto, sugere-se o modelo de WOOD (1967) pela possibilidade de estimar o início da lactação, a produção de leite no pico de lactação, tempo de pico e persistência, sendo 16,6 Kg/dia, 45 dias e 61,1%, respectivamente.

Palavras-chave: modelos não-lineares, pico de lactação, produção de leite, projeção de lactação

Abstract: The study aimed to test the best model of the lactation curve and the implications on the average of the milk production of primiparous Jersey breed cows. Were used 3,531 registers of production from 620 cows with calving between 1986 and 2002. The parameters

1 of the 15 tested models that converged were estimated throughout a non linear regression
2 (Gauss Newton method). The criteria to elect the best model were: medium square waste
3 (QMR); absolute average deviation (DMA); index of best adjustment; visual evaluation
4 comparing the estimated and observed curve and the graphs of the distribution of residuals.
5 The models of WOOD (1967), SINGH & GOPAL 2 (1982) e GUO & SWALVE (1995) were
6 the best fit for the average lactation curve. However, it is suggested model of Wood (1967)
7 for possibility of estimate the parameters the milk production at the lactation peak, period of
8 lactation peak and persistence, with 16.6 kg/day, 45 days, 61.1%, respectively.

9
10 **Key Words:** nonlinear models, peak milk production, milk production, projection of lactation

11 12 **Introdução**

13
14 A produção leiteira é um dos setores que mais cresceu nos últimos anos. Segundo
15 ANUALPEC (2012), no ano de 2003 a quantidade de leite produzida nacionalmente era de
16 19.655.725 litros, passou em 2011 para 24.090.595 litros, tornando-se uma excelente fonte de
17 renda para as propriedades rurais.

18 Dessa forma, a busca de informações e investimentos nos rebanhos tem aumentando
19 cada vez mais, dando-se ênfase para a criação de vacas da raça Jersey, por possuírem maior
20 percentagem de sólidos no leite e serem consideradas mais rústicas e precoces (OHI et al.,
21 2010). A representação gráfica da variação da produção de leite de uma fêmea em função do
22 tempo de duração da lactação é uma forma de auxiliar os produtores, pois pode ser utilizada
23 para estimar a produção de leite em qualquer período da lactação, descrita por meio de uma
24 função matemática que estima o processo fisiológico do animal (QUINTERO et al., 2007).
25 Profissionais que atuam na área devem ter este conhecimento como aliado na detecção

1 precoce de falhas ou vantagens no manejo ou afecções que possam acometer o rebanho
2 leiteiro e principalmente na seleção de animais superiores (MOLENTO et al., 2004).

3 Segundo WOOD (1967), o conhecimento da curva de lactação é necessário para
4 determinar o manejo nutricional e reprodutivo de animais em lactação, pois consegue estimar
5 a produção, o pico de produção e a persistência de lactação. Além disso, TEKERLI et al.
6 (2000) e HATUNGUMUKAMA et al. (2008) acrescentam que deve-se levar em
7 consideração que nem todas as vacas ou grupo de vacas têm curvas de lactação iguais, pois
8 além do componente genético, a magnitude dos parâmetros que determinam sua forma varia
9 segundo a influência de diferentes fatores, como rebanho, ano de parto, ordem de parição,
10 idade da vaca e a estação de parição.

11 Para caracterizar as curvas de lactação é necessário conhecer os modelos que melhor
12 as definem. Estudos em bovinos tiveram início em 1923 (BRODY et al., 1923), e com o
13 passar dos anos, muitas funções matemáticas foram propostas e comparadas na expectativa de
14 melhor predizer o formato das curvas de lactação e suas implicações. Atualmente, existem na
15 literatura muitos trabalhos (COBUCI et al. 2000; GONÇALVES et al. 2002; OLIVEIRA et al.
16 2007; GLÓRIA et al. 2010), porém, estimativas de curvas de lactação em vacas primíparas e
17 da raça Jersey (CANKAYA et al., 2011) ainda são escassos.

18 O objetivo deste trabalho foi testar o melhor modelo da curva de lactação e suas
19 implicações sobre a produção média de leite de vacas primíparas da raça Jersey.

20

21

Material e Métodos

22

23 O estudo foi realizado no Laboratório de Melhoramento Animal do Departamento de
24 Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria. Entre os critérios de consistência da base
25 de dados, optou-se pelo uso exclusivo dos registros de vacas com idade ao primeiro parto

1 entre 20 e 48 meses; eliminação dos registros de produção de leite inferiores a 2,0 kg/dia ou
 2 superiores a 38,0 kg/dia; e período de produção do terceiro dia após o parto (por ser
 3 descartando o leite de colostro) até o 305º dia, perfazendo 43 semanas de lactação. Foram
 4 utilizados para análise 3.531 registros de produção de leite de 620 vacas, filhas de 175
 5 reprodutores, com partos entre 1986 e 2002, distribuídos em 44 rebanhos.

6 Para o ajuste da curva de lactação média, foram testados dezoito modelos
 7 matemáticos, sendo que destes, quinze convergiram, sendo: $y = aexp^{-cn}$ (BRODY et al. 1923);
 8 $y = aexp^{-bn} - aexp^{-cn}$ (BRODY et al. 1924); $y = aexp(bn - cn^2)$ (SIKKA et al. 1950); $y =$
 9 $n/a + bn + cn^2$ (NELDER, 1966); $y = an^b exp^{-cn}$ (WOOD, 1967); $y = a + bn - cn^2$ (DAVE,
 10 1971); $y = a - bn - aexp^{-cn}$ (COBBY & LE DU, 1978); $y = a - cn$ (MADALENA et al.,
 11 1979); $y = a - bn + c \ln(n)$ (SINGH & GOPAL, 1982); $y = a + bn + cn^2 + d \ln(n)$ (SINGH &
 12 GOPAL, 1982); $y = a + b^n + c^{1/n}$ (BIANCHINI SOBRINHO, 1984); $y = a + b^{-kn} + cn$
 13 (WILMINK, 1987); $y = anexp^{-cn}$ (PAPAJCSIK & BODERO, 1988); $y = a + b\sqrt{n} + c \ln(n)$
 14 (GUO & SWALVE, 1995) e $y = a - cn + \ln(n)$ (COBUCI et al., 2000). Em que: Y representa a
 15 produção de leite; 'a', 'b', 'c' e 'd' são parâmetros a serem estimados; 'exp' é o exponencial;
 16 'n' é o período de tempo (semanas) após o parto em que foi medida a produção de leite.
 17 Embora os símbolos usados para representar os parâmetros das diferentes funções sejam os
 18 mesmos, eles não têm necessariamente a mesma interpretação matemática ou biológica
 19 (COBUCI et al., 2000; GUIMARÃES et al., 2006).

20 Assim, nos modelos sugeridos, existem variações quanto ao significado de seus
 21 parâmetros e da representação de informações sobre a produção inicial, pico de produção,
 22 tempo do pico e persistência (GUIMARÃES et al., 2006). Porém, a maioria dos modelos
 23 segue o exemplo de WOOD (1967), sendo que 'a' é o parâmetro relacionado à produção
 24 inicial de leite; 'b' define a taxa de ascensão média na fase pré-pico de produção; e 'c' indica
 25 a taxa média de declínio da produção após o pico.

1 Os parâmetros das funções matemáticas foram estimados pelo método de Gauss
2 Newton modificado por meio da regressão não-linear, em função do número de semanas do
3 controle, através do procedimento NLIN do software estatístico SAS (2001).

4 Após o ajuste das funções, foram feitas análises para a escolha dos melhores modelos
5 de acordo com os seguintes critérios: quadrado médio do resíduo (QMR), desvio médio
6 absoluto dos resíduos (DMA), índice de melhor ajuste, a comparação das curvas estimada e
7 observada por avaliação visual e o gráfico de distribuição de resíduo.

8 O QMR foi calculado dividindo-se a soma de quadrados do resíduo, obtida pelo SAS,
9 pelo número de observações, que é o estimador de máxima verossimilhança da variância
10 residual. Este procedimento foi realizado para comparar o QMR dos diferentes modelos, pois
11 possuem diferentes números de parâmetros a serem estimados (SOUZA et al., 1998).

12 O DMA foi obtido através da fórmula: $DMA = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n}$ em que: Y_i é o valor observado;
13 \hat{Y}_i , o valor estimado por cada modelo e n o tamanho da amostra. Posteriormente foi estimado
14 o Índice de ajuste proposto por RATKOWSKY (1990), no entanto, adaptado resultando na
15 seguinte fórmula: $DMA + \sqrt{QMR}$.

16 De acordo com os resultados de cada critério de seleção de modelos, os mesmos foram
17 comparados entre si, onde menores valores de QMR, DMA e Índice de ajuste indicam melhor
18 qualidade de ajuste (SOUZA et al., 1998).

19

20 **Resultados e Discussão**

21

22

23 Os valores obtidos para o DMA variaram de 0,13 a 2,53 (Tabela 1), revelando a
24 ocorrência de pequenas variações, sendo os menores valores para os modelos BRODY
25 (1923), WOOD (1964) E SINGH & GOPAL (2) (1982) e o maior para o modelo PAPAJSIK
26 & BODERO (1988), enquanto que as estimativas do QMR variaram de 24,92 a 33,21. Assim

1 como verificado para o DMA, o maior valor de QMR foi estimado pelo modelo PAPAJCSIK
2 & BODERO (33,21) e os menores para os demais modelos, com valores muito próximos
3 (24,92 a 28,01).

4 A partir dos resultados dos critérios de escolha do melhor modelo apresentados na
5 Tabela 1, são apresentadas na Figura 1 as curvas estimadas pelos melhores modelos
6 matemáticos em relação às observadas e na Figura 2 as estimativas dos resíduos padronizados
7 para os mesmos.

8 De modo geral, o formato da curva divide-se em três fases distintas: a primeira em
9 ascendência até atingir a produção máxima de leite; após caracteriza-se a segunda fase como
10 o pico de lactação, onde nesta etapa a produção se mantém por um período, ocorrendo
11 pequenas oscilações até atingir a terceira fase, onde a produção cai gradativamente até o
12 período seco do animal. Essa caracterização foi relatada por MOLENTO et al. (2004) em
13 estudo com vacas da raça Holandesa no Paraná. Em raças zebuínas, constatou-se que a curva
14 de lactação tende a não apresentar pico ou, quando apresenta, ele ocorre logo nas primeiras
15 semanas (EL FARO et al., 1999; COBUCI et al., 2000), havendo tendência linear decrescente
16 com o avanço das semanas de lactação (CRUZ et al., 2009).

17 Graficamente, entre os quatro melhores modelos apontados pelo índice, o de WOOD
18 (1967) foi o mais adequado, pois conseguiu estimar as três fases da curva de lactação com
19 maior precisão. O modelo de BRODY (1923) apresentou uma tendência linear, assim como
20 em seu estudo com as vacas da raça Guernsey (BRODY et al., 1923). O modelo de SINGH &
21 GOPAL 2 (1982) e GUO & SWALVE (1995) subestimaram a curvano início da lactação,
22 justamente esta fase que é considerada a mais crítica para o sistema de produção de bovinos
23 de leite devido a diversos fatores que afetam a produção de leite nesse período. Após o parto,
24 as vacas primíparas se encontram num período de alta produção de leite, tendo como base
25 uma ascensão da curva até chegar à produção máxima, conhecido como o pico de lactação.

1 De acordo com o modelo de WOOD (1967) foi possível calcular a produção de leite no pico
2 de lactação (PL): $a(b/c)^{b \exp -b}$, tempo de pico (Tp): $\frac{b}{c}$, sendo o pico aos 45 dias (16,06 L/dia).
3 Em estudo na Turquia, CANKAYA et al. (2011) estimaram produção de 12,66 kg/dia aos 66
4 dias, no pico de lactação. Também, os animais neste período encontram-se em condição de
5 balanço energético negativo, pois a capacidade física de ingestão de matéria seca não é
6 suficiente para atender as necessidades nutricionais para a demanda de produção, manutenção,
7 crescimento e reprodução, mesmo fornecido o alimento gradativamente e em alta
8 concentração (CAMPOS et al., 2007). Sendo assim, a reprodução é a primeira a sofrer ação
9 direta, culminado num ciclo estral mais tardio e um intervalo entre partos prolongado,
10 consequentemente, menor vida útil do animal e diminuição no número de partos
11 (INGVARTSEN et al., 2003), ocasionando um maior custo para o produtor. Nesse período
12 inicial há maior grau de estresse para esta categoria em especial, por ser seu primeiro parto,
13 passar a ser ordenhada e ter uma intensa mudança tanto de categoria quanto de manejo, pois
14 da fase de vaca seca passa a estar na fase de lactação. Ao mesmo tempo, é realizada a retirada
15 do bezerro e ainda há influência da hierarquia do grupo, pois as vacas mais velhas dominam
16 as mais novas, ocorrendo disputas para alimentação, água e local. Além disso, enfrentam o
17 período de puerpério, onde ocorre a involução do útero e as mudanças hormonais para uma
18 nova gestação. Concomitantes a todos esses fatores, ocorre baixa na imunidade, deixando os
19 animais mais vulneráveis a doenças e distúrbios metabólicos (CASTRO et al., 2009). É nessa
20 fase que se observa em torno de 75% das enfermidades (ORTOLANI, 2008), como por
21 exemplo, retenção de placenta, metrites, mastites, cetose, acidose, deslocamento de abomaso,
22 dentre outras.

23 Os fatores discutidos anteriormente culminam diretamente com a produção de leite de
24 uma vaca primípara e o comportamento da curva de lactação, visto que, as vacas que possuem
25 uma maior facilidade de resistir ou se adaptar a essas alterações, apresentam lactação mais

1 constante, produtiva e persistente. No presente estudo, a persistência foi 61,1% (segundo
2 modelo WOOD(1967) calcula-se $(P):-(b + 1) \log c$). A partir do conhecimento do
3 comportamento da curva é possível identificar precocemente essas vacas potencialmente
4 superiores para os diferentes sistemas de produção, com vista ao melhoramento do rebanho
5 leiteiro (RODRIGUEZ, 2010).

6 O comportamento dos resíduos padronizados em função das semanas de produção de
7 leite também demonstrou a qualidade do ajuste, pois quanto menor a dispersão em torno do
8 eixo zero, melhor ajustado está o modelo. Nota-se que as estimativas dos resíduos dos três
9 modelos se distribuíram de forma homogênea entre -0,7 e 0,4 Litros em torno do valor zero
10 (Figura 2). No trabalho realizado por SCALEZ et al. (2009) a distribuição dos resíduos foram
11 mais altos, entre -5 e 5 Litros, enquanto que no estudo de CRUZ et al. (2009) os desvios
12 médios entre as produções totais observadas e estimadas foram -2,72 para vacas da raça
13 Guzerá e -2,16 para vacas da raça Sindi.

14 Diante dos critérios estabelecidos para a escolha do melhor modelo, o ajuste apontado
15 pelo modelo WOOD (1967) para a curva de lactação de vacas primíparas da raça Jersey foi
16 semelhante ao estudo de GLÓRIA et al. (2010) em ajuste para dados com vacas mestiças
17 Holandês-Gir, Holandês-Guzerá, Holandês-Nelore e Holandês-azebuadas, ELAHI TORSHIZI
18 et al. (2011) para vacas primíparas da raça Holandesa no Irã e CANKAYA et al. (2011) em
19 trabalho na Turquia com vacas da raça Jersey. Além disso, outros autores testaram a equação
20 de WOOD (1967) em outras raças como, EL FARO et al. (1999) em vacas da raça Caracu e
21 CRUZ et al. (2009) para as raças Guzerá e Sindi na região semi-árida do estado da Paraíba, os
22 quais obtiveram ajustes satisfatórios. Entretanto, os resultados obtidos neste estudo diferem-se
23 daqueles reportados por COBUCI et al. (2000), em trabalho com animais da raça Guzerá e
24 OLIVEIRA et al. (2007) para a curva de lactação de vacas mestiças F1 Holandês-Gir.

25

Conclusão

Os modelos de WOOD (1967), SINGH & GOPAL 2 (1982) e GUO & SWALVE (1995) foram os de melhor ajuste para a curva de lactação média de vacas primíparas da raça Jersey criadas no Brasil, sendo capazes de se adequar às curvas de lactação individuais a partir de lactações incompletas ou com reduzido número de controles por animal. No entanto, sugere-se o modelo de WOOD (1967) pela possibilidade de estimar o início da lactação, a produção de leite no pico de lactação, tempo de pico e persistência.

Referências Bibliográficas

- ANUALPEC. **Anuário da Pecuária Brasileira**. AgraFNP/Instituto FNP. São Paulo, 2012. 242 p.
- BRODY, S. et al. The rate of decline of milk secretion with the advance of the period lactation. **The Journal of General Physiology**, n.5, p.441, 1923.
- CAMPOS, W. E. et al. Digestibilidade da proteína de alimentos utilizados na alimentação de ruminantes pelo método das três etapas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.8, n.4, p.138-146, 2007. Disponível em : <http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/viewArticle/783> Acesso em: 25 jan. 2013.
- CANKAYA, S.; UNALAN, A.; SOYDAN, E. Selection of a mathematical model to describe the lactation curves of Jersey cattle. **Archiv Tierzucht**, p. 27-35, 2011.
- CASTRO, D. et al. Medicina de produção : incidência e distribuição de doenças metabólicas em explorações de bovinos de elevada produção leiteira na região de Aveiro, Portugal. **PUBVET**, Londrina, v.3, n.2, 2009. Disponível em: http://www.pubvet.com.br/artigos_det.asp?artigo=243 Acesso em: 20 jan. 2013.

- 1 COBUCCI, J. A. et al. Curva de lactação na raça Guzerá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.
2 29, n.5, p.1332-1339, 2000. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1590/S1516-](http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982000000500011)
3 [35982000000500011](http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982000000500011)>. Acesso em: 18 jan. 2013. doi: 10.1590/S1516-35982000000500011.
- 4 CRUZ, G. R. B. et al. Estimativas de Parâmetros de Curvas de Lactação de Bovinos.
5 **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.224, p.695-704, 2009. Disponível em:
6 <<http://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922009000400007>>. Acesso em: 18 jan. 2013. doi:
7 [10.4321/S0004-05922009000400007](http://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922009000400007).
- 8 EL FARO, L. et al. Comparação de alguns modelos matemáticos para ajuste à curva de
9 lactação média de um rebanho da raça Caracu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5,
10 p.987-992, 1999. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352002000300013> >.
11 Acesso em: 12 jan. 2013. doi: 10.1590/S0102-09352002000300013.
- 12 ELAHI TORSHIZI, M. et al. Comparison and evaluation of mathematical lactation curve
13 functions of Iranian primiparous Holsteins. **South African Journal of Animal Science**, v. 41,
14 n. 02, 2011.
- 15 GLÓRIA, J. R. et al. Curvas de lactação de quatro grupos genéticos de mestiças Holandês-
16 Zebu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.10, p.2160-2165, 2010. Disponível em:
17 <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001000009>>. Acesso em: 12 jan. 2013. doi:
18 [10.1590/S1516-35982010001000009](http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001000009).
- 19 GONÇALVES, T. M. et al. Curvas de lactação em rebanhos da raça Holandesa no Estado de
20 Minas Gerais. Escolha do Modelo de Melhor Ajuste. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31,
21 n.4, p.1689-1694, 2002. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1590/S1516-](http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000700011)
22 [35982002000700011](http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000700011)>. Acesso em: 12 jan. 2013. doi: 10.1590/S1516-35982002000700011.
- 23 GUIMARÃES, V. P. et al. Utilização de funções matemáticas no estudo da curva de lactação
24 em caprinos. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.35, n.2, p.535-543, 2006.

- 1 HATUNGUMUKAMA, G., LEROY, P. I.; DETILLEUX, J. Effects of non-genetic factors on
2 daily milk yield of Friesian cows in mahwa station (South Burundi). **Revue Elev. Med. Vet.**
3 **Pays Trop.**, v. 61, n. 1, p. 45-49, 2008.
- 4 INGVARTSEN, K. L.; DEWHURST, R. J.; FRIGGEN, N. C. On the relationship between
5 lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance that cause production
6 diseases in dairy cattle: a position paper. **Livestock Production Science**, v. 83, p. 227-308,
7 2003.
- 8 MOLENTO, C. F. M. et al. Curvas de lactação de vacas holandesas do Estado do Paraná,
9 Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1585-1591, 2004. Disponível em:
10 <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000500040>>. Acesso em: 20 jan. 2013. doi:
11 10.1590/S0103-84782004000500040.
- 12 OHI, M.; KNOPKI et al. **Princípios básicos para a produção de leite bovino**. Curitiba:
13 UFPR, p. 144, 2010.
- 14 OLIVEIRA, H. T. V. et al. Curvas de lactação de vacas F1 Holandês-Gir ajustadas pela
15 função gama incompleta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59,
16 n.1, p.233-238, 2007. Disponível em: < [http://dx.doi.org/10.1590/S0102-](http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352007000100037)
17 [09352007000100037](http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352007000100037)>. Acesso em: 12 jan. 2013. doi: 10.1590/S0102-09352007000100037.
- 18 ORTOLANI, E. L. Nutrição e saúde em vacas leiteiras. In: XXXV SEMANA CAPIXABA
19 DO MÉDICO VETERINÁRIO E III ENCONTRO REGIONAL DE SAÚDE PÚBLICA EM
20 MEDICINA VETERINÁRIA, 2008, Guarapari. **Anais...** GUARAPARI, ES, 2008.
- 21 PAPAJSIK, I.A.; BODERO, J. Modeling lactation curves of Friesian cow in a subtropical
22 climate. **Animal Production**, v. 47, n. 2, p. 201-207, 1988.
- 23 QUINTERO, J. C. et al. Modelos matemáticos para curvas de lactancia en ganado lechero.
24 **Revista Colombiana Ciencias Pecuarias**, v.20, p.149-156, 2007.

- 1 RATKOWSKY, D. A. **Handbook of nonlinear regression models**. New York: M. Dekker,
2 1990.
- 3 RODRIGUEZ, M. A. P. **Curvas de lactação em vacas leiteiras**. Milkpoint - postado em
4 18/03/2010 Disponível em: [http://www.milkpoint.com.br/artigos-tecnicos/melhoramento-](http://www.milkpoint.com.br/artigos-tecnicos/melhoramento-genetico/curvas-de-lactacao-em-vacas-leiteiras-61359n.aspx)
5 genetico/curvas-de-lactacao-em-vacas-leiteiras-61359n.aspx Acesso em: 25 jan. 2013.
- 6 SAS, **SAS user's guide**: Statistical Analysis System Institute, Inc., Cary, NC, 2001.
- 7 SCALEZ, D. C. B. et al. Modelos para ajuste da curva de lactação de vacas leiteiras. **Anais...**
8 ZOOTEC, 2009. Águas de Lindoia – SP, 2009.
- 9 SOUZA, G. S. **Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear**. Brasília: Serviço
10 de Produção de Informação, p.505, 1998.
- 11 TEKERLI, M. et al. Factors Affecting the Shape of Lactation Curves of Holstein Cows from
12 the Balikesir Province of Turkey. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1381-1386, 2000.
- 13 WOOD, P. D. P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. **Nature**, v.216, p.164- 165,
14 1967.
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24

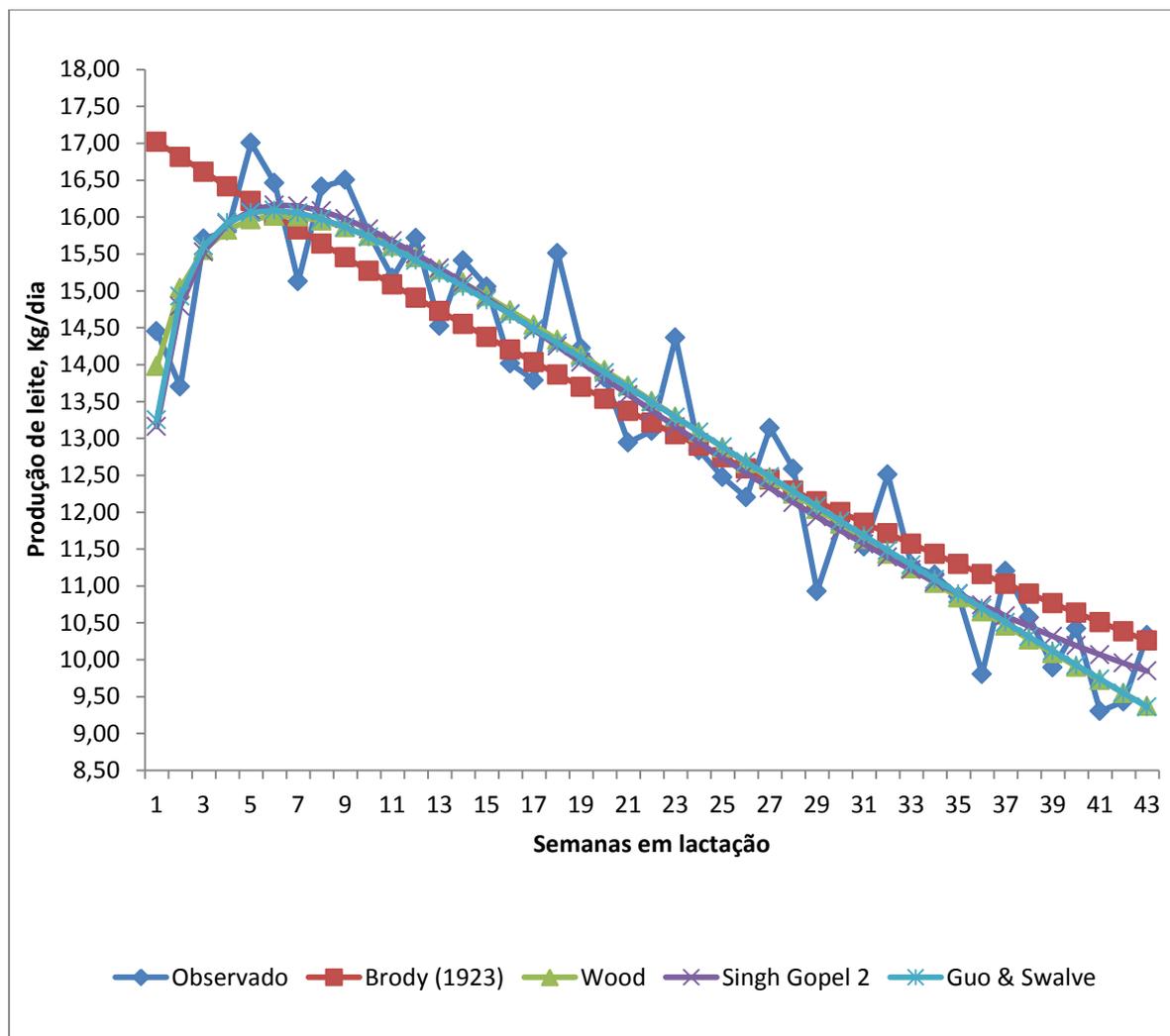
1 Tabela 1 – Parâmetros estimados e critérios para comparação de modelos matemáticos para
 2 ajuste da curva de lactação média

Modelo matemático	Parâmetros estimados				DMA	QMR	Índice
	a	b	c	d			
BRODY et al., 1923	17,224	-	0,012		0,13	25,27	5,15
BRODY et al., 1924	18,031	0,013	0,874		0,56	24,99	5,55
SIKKA, 1950	16,103	0,0016	0,00027		0,59	25,09	5,59
NELDER, 1966	0,037	0,047	0,001		0,52	24,94	5,51
WOOD, 1967	14,286	0,136	0,021		0,49	24,93	5,48
DAVE, 1971	16,349	-0,077	0,002		0,61	25,12	5,62
COBBY & LE DU, 1978	17,507	0,186	0,96		0,56	24,97	5,55
MADALENA et al., 1979	16,999	-	0,167		0,63	25,18	5,64
SINGH & GOPAL, 1982 (1)	14,71	0,267	1,554		0,51	24,98	5,50
SINGH & GOPAL, 1982 (2)	13,705	-0,549	0,0043	3,124	0,49	24,92	5,48
BIANCHINI SOBRINHO, 1984	13,108	-0,215	7,374		1,81	28,01	7,10
WILMINK, 1987	21,62	-5,639	-0,277		0,59	25,09	5,59
PAPAJCSIK & BODERO, 1988	3,777	-	0,079		2,53	33,21	8,29
GUO & SWALVE, 1995	17,112	-3,918	4,754		0,50	24,92	5,49
COBUCI et al., 2000	15,527	-	0,232		0,54	25,00	5,54

3 DMA=Desvio médio absoluto dos resíduos; QMR=Quadrado médio do resíduo;

4 Índice= $DMA + \sqrt{QMR}$ (Adaptado de Ratkowsky, 1990).

5



1

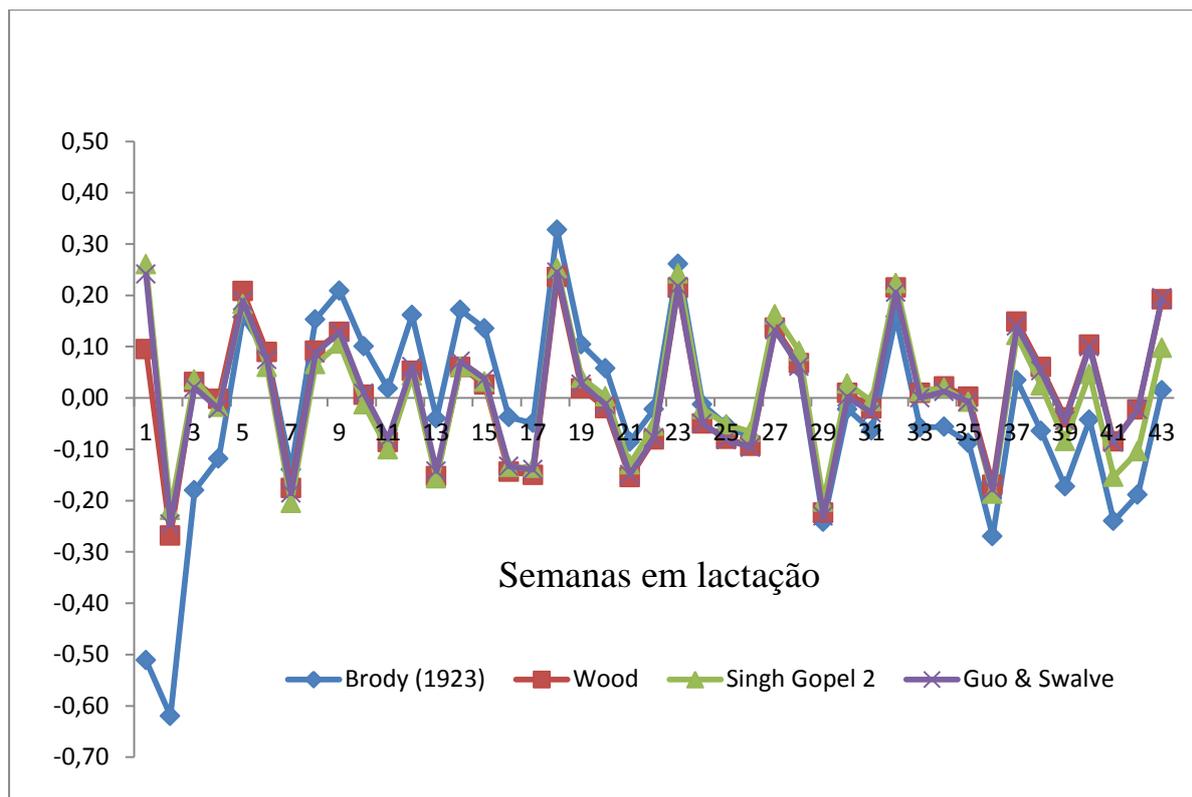
2

3 Figura 1 - Curvas de lactação obtidas pelas médias das produções de leite observadas e

4

5 preditas pelos melhores modelos.

6



1

2

3 Figura 2 - Gráfico de dispersão dos resíduos padronizados dos melhores modelos
4 matemáticos.

5

ANEXOS

ANEXO A – NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA CIÊNCIA RURAL



[Português](#) | [Eng](#)



Normas para publicação

1. **CIÊNCIA RURAL** - Revista Científica do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria publica artigos científicos, revisões bibliográficas e notas referentes à área de Ciências Agrárias, que deverão ser destinados com exclusividade.
2. Os **artigos científicos, revisões e notas** devem ser encaminhados via [eletrônica](#) e editados em idioma Português ou Inglês. Todas as linhas deverão ser numeradas e paginadas no lado inferior direito. O trabalho deverá ser digitado em tamanho A4 210 x 297mm com, no máximo, 25 linhas por página em espaço duplo, com margens superior, inferior, esquerda e direita em 2,5cm, fonte Times New Roman e tamanho 12. **O máximo de páginas será 15 para artigo científico, 20 para revisão bibliográfica e 8 para nota, incluindo tabelas, gráficos e figuras.** Figuras, gráficos e tabelas devem ser disponibilizados ao final do texto e individualmente por página, sendo que **não poderão ultrapassar as margens e nem estar com apresentação paisagem.**
3. **O artigo científico deverá conter os seguintes tópicos:** Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Introdução com Revisão de Literatura; Material e Métodos; Resultados e Discussão; Conclusão e Referências; Agradecimento(s) e Apresentação; Fontes de Aquisição; Informe Verbal; Comitê de Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. **Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de aprovação de um comitê de ética institucional já na submissão** (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)).
4. **A revisão bibliográfica deverá conter os seguintes tópicos:** Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Introdução; Desenvolvimento; Conclusão; e Referências. Agradecimento(s) e Apresentação; Fontes de Aquisição e Informe Verbal; Comitê de Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. **Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de aprovação de um comitê de ética institucional já na submissão** (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)).
5. **A nota deverá conter os seguintes tópicos:** Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Texto (sem subdivisão, porém com introdução; metodologia; resultados e discussão e conclusão; podendo conter tabelas ou figuras); Referências. Agradecimento(s) e Apresentação; Fontes de Aquisição e Informe Verbal; Comitê de Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. **Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de aprovação de um comitê de ética institucional já na submissão.** (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)).
6. Não serão fornecidas separatas. Os artigos encontram-se disponíveis no formato pdf no endereço eletrônico da revista www.scielo.br/cr.
7. Descrever o título em português e inglês (caso o artigo seja em português) - inglês e português (caso o artigo seja em inglês). Somente a primeira letra do título do artigo deve ser maiúscula exceto no caso de nomes próprios. Evitar abreviaturas e nomes científicos no título. O nome científico só deve ser empregado quando estritamente necessário. Esses devem aparecer nas palavras-chave, resumo e demais seções quando necessários.
8. As citações dos autores, no texto, deverão ser feitas com letras maiúsculas seguidas do ano de publicação, conforme exemplos: Esses resultados estão de acordo com os reportados por MILLER & KIPLINGER (1966) e LEE et al. (1996), como uma má formação congênita (MOULTON, 1978).
9. As Referências deverão ser efetuadas no estilo ABNT (NBR 6023/2000) conforme normas próprias da revista.
 - 9.1. Citação de livro:
JENNINGS, P.B. **The practice of large animal surgery**. Philadelphia : Saunders, 1985. 2v.
TOKARNIA, C.H. et al. (Mais de dois autores) **Plantas tóxicas da Amazônia a bovinos e outros herbívoros**. Manaus : INPA, 1979. 95p.
 - 9.2. Capítulo de livro com autoria:
GORBAMAN, A. A comparative pathology of thyroid. In: HAZARD, J.B.; SMITH, D.E. **The thyroid**. Baltimore : Williams & Wilkins, 1964. Cap.2, p.32-48.
 - 9.3. Capítulo de livro sem autoria:
COCHRAN, W.C. The estimation of sample size. In: _____. **Sampling techniques**. 3.ed. New York : John Willey, 1977. Cap.4, p.72-90.
TURNER, A.S.; McILWRAITH, C.W. Fluidoterapia. In: _____. **Técnicas cirúrgicas em animais de grande porte**. São Paulo : Roca, 1985. p.29-40.

ANEXO A – continuação...

9.4. Artigo completo:

O autor deverá acrescentar a url para o artigo referenciado e o número de identificação DOI (Digital Object Identifiers), conforme exemplos abaixo:

MEWIS, I.; ULRICH, CH. Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Product Research*, Amsterdam (Cidade opcional), v.37, p.153-164, 2001. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X\(00\)00016-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X(00)00016-3)>. Acesso em: 20 nov. 2008. doi: 10.1016/S0022-474X(00)00016-3.

PINTO JUNIOR, A.R. et al (Mais de 2 autores). Resposta de *Sitophilus oryzae* (L.), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) e *Oryzaephilus surinamensis* (L.) a diferentes concentrações de terra de diatomácea em trigo armazenado a granel. *Ciência Rural*, Santa Maria (Cidade opcional), v. 38, n. 8, p.2103-2108, nov. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000800002&lng=pt&nm=iso>. Acesso em: 25 nov. 2008. doi: 10.1590/S0103-84782008000800002.

9.5. Resumos:

RIZZARDI, M.A.; MILGIORANÇA, M.E. Avaliação de cultivares do ensaio nacional de girassol, Passo Fundo, RS, 1991/92. In: JORNADA DE PESQUISA DA UFSM, 1., 1992, Santa Maria, RS. *Anais...* Santa Maria : Pró-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa, 1992. V.1. 420p. p.236.

9.6. Tese, dissertação:

COSTA, J.M.B. **Estudo comparativo de algumas características digestivas entre bovinos (Charolês) e bubalinos (Jafarabad)**. 1986. 132f. Monografia/Dissertação/Tese (Especialização/ Mestrado/Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.

9.7. Boletim:

ROGIK, F.A. **Indústria da lactose**. São Paulo : Departamento de Produção Animal, 1942. 20p. (Boletim Técnico, 20).

9.8. Informação verbal:

Identificada no próprio texto logo após a informação, através da expressão entre parênteses. Exemplo: ... são achados descritos por Vieira (1991 - Informe verbal). Ao final do texto, antes das Referências Bibliográficas, citar o endereço completo do autor (incluir E-mail), e/ou local, evento, data e tipo de apresentação na qual foi emitida a informação.

9.9. Documentos eletrônicos:

MATERA, J.M. **Afecções cirúrgicas da coluna vertebral: análise sobre as possibilidades do tratamento cirúrgico**. São Paulo : Departamento de Cirurgia, FMVZ-USP, 1997. 1 CD.

GRIFON, D.M. Arthroscopic diagnosis of elbow displasia. In: WORLD SMALL ANIMAL VETERINARY CONGRESS, 31., 2006, Prague, Czech Republic. **Proceedings...** Prague: WSAVA, 2006. p.630-636. Acessado em 12 fev. 2007. Online. Disponível em: <http://www.ivis.org/proceedings/wsava/2006/lecture22/Griffon1.pdf?LA=1>

UFRGS. **Transgênicos**. Zero Hora Digital, Porto Alegre, 23 mar. 2000. Especiais. Acessado em 23 mar. 2000. Online. Disponível em: <http://www.zh.com.br/especial/index.htm>

ONGPHIPHADHANAKUL, B. Prevention of postmenopausal bone loss by low and conventional doses of calcitriol or conjugated equine estrogen. **Maturitas**, (Ireland), v.34, n.2, p.179-184, Feb 15, 2000. Obtido via base de dados MEDLINE. 1994-2000. Acessado em 23 mar. 2000. Online. Disponível em: <http://www.Medscape.com/server-java/MedlineSearchForm>

MARCHIONATTI, A.; PIPPI, N.L. Análise comparativa entre duas técnicas de recuperação de úlcera de córnea não infectada em nível de estroma médio. In: SEMINARIO LATINOAMERICANO DE CIRURGIA VETERINÁRIA, 3., 1997, Corrientes, Argentina. **Anais...** Corrientes : Facultad de Ciencias Veterinarias - UNNE, 1997. Disquete. 1 disquete de 31/2. Para uso em PC.

10. Desenhos, gráficos e fotografias serão denominados figuras e terão o número de ordem em algarismos arábicos. A revista não usa a denominação quadro. As figuras devem ser disponibilizadas individualmente por página. Os desenhos figuras e gráficos (com largura de no máximo 16cm) devem ser feitos em editor gráfico sempre em qualidade máxima com pelo menos 300 dpi em extensão .tiff. As tabelas devem conter a palavra tabela, seguida do número de ordem em algarismo arábico e não devem exceder uma lauda.

11. Os conceitos e afirmações contidos nos artigos serão de inteira responsabilidade do(s) autor(es).

12. Será obrigatório o cadastro de todos autores nos metadados de submissão. O artigo não tramitará enquanto o referido item não for atendido. Excepcionalmente, mediante consulta prévia para a Comissão Editorial outro expediente poderá ser utilizado.

13. Lista de verificação (Checklist [.doc](#), [.pdf](#)).

14. Os artigos serão publicados em ordem de aprovação.

15. Os artigos não aprovados serão arquivados havendo, no entanto, o encaminhamento de uma justificativa pelo indeferimento.

16. Em caso de dúvida, consultar artigos de fascículos já publicados antes de dirigir-se à Comissão Editorial.

ANEXO B – Exemplo de análise de regressão não-linear do modelo WOOD (1967): comandos utilizados no software SAS®

```
dm 'output; clear; log; clear;';
options formdlim='*' pageno=001 ls=80;
```

```
DATA a1;
```

```
options ls=256 ps=390;
```

```
INPUT
```

```
Vaca dias pl;
```

```
Cards;
```

```
1 8 14.6
1 45 17.8
1 84 16.0
1 112 17.0
1 149 14.6
2 17 6.8
2 45 9.6
2 82 10.8
2 117 9.6
2 154 6.8
2 189 9.4
3 35 12.8
3 70 12.8
```

...

```
619 79 23.2
619 113 22.8
620 27 20.4
620 55 20.6
620 92 23.0
620 124 19.6
620 162 20.4
620 187 22.4
620 225 22.4
```

```
;
```

```
DATA a2; SET a1;
```

```
if dias<=07 then sem=1;
```

```
if dias>07 and dias<=14 then sem=2;
```

```
if dias>14 and dias<=21 then sem=3;
```

```
if dias>21 and dias<=28 then sem=4;
```

```
if dias>28 and dias<=35 then sem=5;
```

...

```
if dias>266 and dias<=273 then sem=39;
```

```
if dias>273 and dias<=280 then sem=40;
```

```
if dias>280 and dias<=287 then sem=41;
```

```
if dias>287 and dias<=294 then sem=42;
```

```
if dias>294 then sem=43;
```

```
run;
```

ANEXO B – continuação...

* comando para obter médias da PL (produção de leite) por semana de lactação;

```
data a3; set a2;
proc means;
  class sem;
  var pl;
run;
```

* comando para obter convergência do modelo Wood (1967) e seus respectivos parâmetros a partir do Método de *Gauss Newton* modificado por meio da regressão não-linear;

```
data Wood; set a2;
proc nlin method=Gauss data=a2;
  parms a=14 b=0.1 c=0.9;
  model pl=A*sem**b*exp(-c*sem);
  OUTPUT OUT=saida parms=a parms=b parms=c P=YHAT R=YRESID student=respad;
proc print data=saida;
run;
```

* comando para obter médias da PL estimadas pelo modelo por semana de lactação;

```
proc means;
  class sem;
  var YHAT;
run;
```

* comando para obter os resíduos padronizados do modelo Wood (1967);

```
proc means;
  class sem;
  var respad;
run;
```

* comando para obter os resíduos do modelo Wood (1967);

```
proc means;
  class sem;
  var Yresid;
run;
```

ANEXO C – Resultados da análise do ANEXO B

The SAS System

The NLIN Procedure
Dependent Variable pl
Method: Gauss-Newton

Iterative Phase

Iter	a	b	c	Sum of Squares
0	14.0000	0.1000	0.9000	762812
1	5.0115	-0.8679	0.2255	760613
2	3.6289	-1.3761	-0.0953	721722
3	3.7202	-0.3703	-0.0127	613131
4	5.5345	0.3927	0.0398	225574
5	12.1830	-0.00189	0.0122	150373
6	14.0116	0.1845	0.0250	89856.5
7	14.2816	0.1380	0.0219	87986.4
8	14.2864	0.1367	0.0218	87985.2
9	14.2861	0.1367	0.0218	87985.2

NOTE: Convergence criterion met.

Estimation Summary

Method	Gauss-Newton
Iterations	9
Subiterations	9
Average Subiterations	1
R	2.419E-7
PPC(b)	2.15E-6
RPC(b)	0.000064
Object	2.87E-10
Objective	87985.18
Observations Read	3531
Observations Used	3531
Observations Missing	0

NOTE: An intercept was not specified for this model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Approx Pr > F
Model	3	689144	229715	9211.02	<.0001
Error	3528	87985.2	24.9391		
Uncorrected Total	3531	777129			

Parameter	Estimate	Approx Std Error	Approximate 95% Confidence Limits	
a	14.2861	0.4407	13.4219	15.1502
b	0.1367	0.0205	0.0966	0.1769
c	0.0218	0.00155	0.0187	0.0248

Approximate Correlation Matrix

	a	b	c
a	1.0000000	-0.9316923	-0.7451076
b	-0.9316923	1.0000000	0.9248474
c	-0.7451076	0.9248474	1.0000000

ANEXO C– continuação...

The SAS System
The MEANS Procedure
Analysis Variable : p1

sem	N Obs	N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
1	20	20	14.4500000	5.8130072	4.6000000	28.6000000
2	85	85	13.7000000	4.4610750	4.1000000	25.6000000
3	109	109	15.7073394	4.7781468	6.8000000	30.8000000
4	120	120	15.8183333	5.2347736	5.4000000	33.0000000
5	139	139	17.0057554	5.1829957	7.0000000	33.0000000
...						
39	42	42	9.8976190	3.8021488	3.6000000	19.6000000
40	44	44	10.4227273	4.0198845	3.6000000	26.6000000
41	32	32	9.3031250	3.4302717	4.0000000	16.4000000
42	32	32	9.4343750	4.4262129	3.9000000	21.6000000
43	41	41	10.3317073	4.0217185	4.2000000	22.4000000

The MEANS Procedure
Analysis Variable : YHAT

sem	N Obs	N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
1	20	20	13.9785145	0	13.9785145	13.9785145
2	85	85	15.0373666	0	15.0373666	15.0373666
3	109	109	15.5524365	0	15.5524365	15.5524365
4	120	120	15.8281621	0	15.8281621	15.8281621
5	139	139	15.9672416	0	15.9672416	15.9672416
....						
39	42	42	10.0889189	0	10.0889189	10.0889189
40	44	44	9.9059486	0	9.9059486	9.9059486
41	32	32	9.7254653	0	9.7254653	9.7254653
42	32	32	9.5474933	0	9.5474933	9.5474933
43	41	41	9.3720515	0	9.3720515	9.3720515

ANEXO C – continuação...

The MEANS Procedure
Analysis Variable : respad

sem	N Obs	N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
1	20	20	0.0947938	1.1687251	-1.8855826	2.9396999
2	85	85	-0.2682960	0.8949592	-2.1942014	2.1190242
3	109	109	0.0310494	0.9577533	-1.7543779	3.0562905
4	120	120	-0.0019694	1.0488822	-2.0894722	3.4406905
5	139	139	0.2080488	1.0383262	-1.7964363	3.4122271
...						
39	42	42	-0.0383312	0.7618449	-1.3001989	1.9057561
40	44	44	0.1035528	0.8055099	-1.2635945	3.3451766
41	32	32	-0.0846331	0.6873945	-1.1473299	1.3375146
42	32	32	-0.0226689	0.8870137	-1.1317585	2.4153240
43	41	41	0.1923243	0.8059913	-1.0365292	2.6109269

The MEANS Procedure
Analysis Variable : YRESID

sem	N Obs	N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
1	20	20	0.4714855	5.8130072	-9.3785145	14.6214855
2	85	85	-1.3373666	4.4610750	-10.9373666	10.5626334
3	109	109	0.1549029	4.7781468	-8.7524365	15.2475635
4	120	120	-0.0098288	5.2347736	-10.4281621	17.1718379
5	139	139	1.0385138	5.1829957	-8.9672416	17.0327584
...						
39	42	42	-0.1912998	3.8021488	-6.4889189	9.5110811
40	44	44	0.5167786	4.0198845	-6.3059486	16.6940514
41	32	32	-0.4223403	3.4302717	-5.7254653	6.6745347
42	32	32	-0.1131183	4.4262129	-5.6474933	12.0525067
43	41	41	0.9596558	4.0217185	-5.1720515	13.0279485

ANEXO D – Modelos matemáticos utilizados para o ajuste das curvas de lactação no software SAS®

Modelo matemático no formato SAS®	Referência
$pl=A*EXP(-C*sem)$	BRODY et al., 1923
$pl=A*EXP(-B*sem)-A*EXP(-C*sem)$	BRODY et al., 1924
$pl=A*EXP(B*sem-C*sem**2)$	SIKKA, 1950
$pl=sem/(A+B*sem+C*sem**2)$	NELDER, 1966
$pl=A*sem**B*EXP(-C*sem)$	WOOD, 1967
$pl=A+B*sem-C*sem**2$	DAVE, 1971
$pl=A-B*sem-A*EXP(-C*sem)$	COBBY & LE DU, 1978
$pl=A-C*sem$	MADALENA et al., 1979
$pl=A-B*sem+C*log(sem)$	SINGH & GOPAL, 1982
$pl=A+B*sem+C*sem**2+D*log(sem)$	SINGH & GOPAL, 1982
$pl=A+B**sem+C*1/sem$	BIANCHINI SOBRINHO, 1984
$pl=A+B*EXP(-0.05*sem)+C*sem$	WILMINK, 1987
$pl=A*sem*EXP(B)/0.5*(EXP(C*sem)+EXP(-C*sem))$	PAPAJCSIK & BODERO, 1988
$pl=A*log(B*sem)*EXP(-C*sem)$	PAPAJCSIK & BODERO, 1988
$pl=A*log(B*sem)/0.5*(EXP(C*sem)+EXP(-C*sem))$	PAPAJCSIK & BODERO, 1988
$pl=A*sem*EXP(-C*sem)$	PAPAJCSIK & BODERO, 1988
$pl=A+B*SQRT(sem)+C*log(sem)$	GUO & SWALVE, 1995
$pl=A-C*sem+log(sem)$	COBUCI et al., 2000

pl= produção de leite; A, B, C, D = parâmetros estimados pelos modelos; sem = período de tempo após o parto em que foi medida a produção de leite; SQRT = raiz quadrada; exp = exponencial; log = logaritmo