

VINÍCIUS PEREIRA GUIMARÃES

Curva de Lactação, Efeitos Ambientais e Genéticos
sobre o Desempenho Produtivo de Cabras Leiteiras

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-graduação
em Zootecnia, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2004

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

G963c
2004

Guimarães, Vinícius Pereira, 1980-

Curva de lactação, efeitos ambientais e genéticos sobre o desempenho produtivo de cabras leiteiras / Vinícius Pereira Guimarães. – Viçosa : UFV, 2004.
xiv, 87f. : il. ; 29cm.

Orientador: Marcelo Teixeira Rodrigues
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Cabra - Lactação - Modelos estatísticos. 2. Cabra - Lactação - Fatores ambientais. 3. Leite - Composição. 4. Cabra - Melhoramento genético - Métodos estatísticos.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

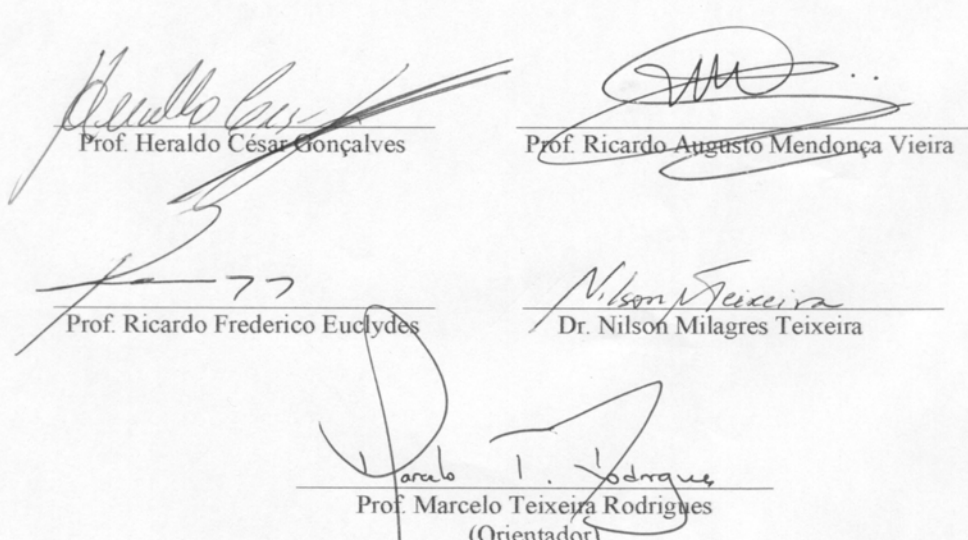
CDD 20.ed. 636.390824

VINÍCIUS PEREIRA GUIMARÃES

Curva de Lactação, Efeitos Ambientais e Genéticos sobre o Desempenho Produtivo de Cabras Leiteiras

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-graduação
em Zootecnia, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

Aprovada em 27 de julho de 2004



Prof. Heraldo César Gonçalves

Prof. Ricardo Augusto Mendonça Vieira

Prof. Ricardo Frederico Euclides

Dr. Nilson Milagres Teixeira

Prof. Marcelo Teixeira Rodrigues
(Orientador)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Arivaldo e Cleuza, pelo amor, pela dedicação e pelo carinho que sempre tiveram.

À minha irmã Fernanda, pelo apoio, pelo incentivo e por acreditar sempre em meus sonhos.

À minha avó Alzira, e à minha madrinha Maria das Graças, pela força, pelos conselhos e pelo exemplo de vida (*in memoriam*).

À minha namorada Patrícia, por me apoiar e sempre torcer pelo meu sucesso.

A Deus, pela minha vida.

“Dentre todos os conhecimentos, os sábios e bons buscam acima de tudo conhecerem-se a si mesmos”.

Shakespeare

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela oportunidade de realização do curso.

Ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da UFV, pelo apoio.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

Aos meus pais e à minha irmã.

À minha querida companheira Patrícia.

Aos meus parentes, pelo positivismo e pelos conselhos.

Ao professor Marcelo Teixeira Rodrigues, pelo incentivo profissional e apoio.

Aos membros da banca examinadora, Nilson Milagres Teixeira, Heraldo César Gonçalves, Ricardo Frederico Euclides e Ricardo Augusto Mendonça Vieira, pelas contribuições na melhoria do trabalho.

Ao amigo José Lindenberg Sarmiento, sem o qual não seria possível a realização do trabalho, minha sincera gratidão e admiração.

Ao Antônio, Fred e Wilkson, pela experiência da amizade verdadeira.

Ao Sérgio, pelos anos de república, pelo crescimento pessoal, pela união e amizade.

Ao amigo Denis, pela ajuda no trabalho e pelo companheirismo.

A Clarice, Joaquina e Arnaldo, por me acolherem em sua família.

A Rogério, Conceição, Ronan e Vanessa, pelo carinho e pela atenção.

A Fernando, Judite, Custódio, Eva, Maurício, Dalva, Geraldo, Conceição, Deco e Paranhos, por tornarem minha estadia em Viçosa tão agradável e proveitosa.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, Venâncio, Adilson e Celeste e do capril, José Maria, Ronaldo, Arlindo, Madruga, Corujinha, Caiu e Manel, por todos os anos de trabalho, ajuda e companheirismo.

Aos amigos da Zootecnia 98, Mário, Fernanda, Jane, Ricardo, Cristina, Rafael, Poliana, Mônica, Lidson, Léo, George, Tigrão, Jaqueline, Bruno, Valquíria e Fabrício, pela amizade e união.

Aos amigos da pós-graduação, Márcia, Marcos, Carla, Renata, Larissa, Sérgio, Karla e Amélia e os demais, pela amizade e ajuda na formação profissional.

Aos amigos Felipe, Rafael, Bia e Lucas, pelo apoio.

Ao Thales, Vitor e principalmente ao Bruno que, com paciência e disposição, ajudaram na obtenção dos dados.

À turma de Sete Lagoas, pela grande amizade e pelo carinho.

Aos companheiros da peteca, Josias, Clever, Caio, Gustavo, Lucas, Marcelo, Eder, Zevaldir, Silvio e os demais, pelos momentos de alegria e descontração.

Aos colegas da Faculdade de Viçosa (FDV) por acreditarem no meu sucesso.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

VINÍCIUS PEREIRA GUIMARÃES, filho de Arivaldo Alves Guimarães e Cleuza de Fátima Pereira Guimarães, nasceu em Curvelo-MG, em 19 de fevereiro de 1980.

Em março de 1998, iniciou na Universidade Federal de Viçosa o curso de graduação em Zootecnia, que foi concluído em setembro de 2002.

Em setembro de 2002, ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, na área de Produção e Nutrição de Ruminantes, na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em Julho de 2004.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO-----	xi
ABSTRACT-----	xiii
1. INTRODUÇÃO GERAL-----	1
2. REVISÃO DE LITERATURA-----	4
2.1. Modelos estatísticos usados no ajuste de curvas de lactação-----	4
2.2. Fatores de ambiente que influenciam a produção de leite-----	7
2.2.1. Ano de parto-----	7
2.2.2. Estação de parto-----	8
2.2.3. Idade da cabra ao parto ou ordem de parto-----	9
2.2.4. Número de crias-----	11
2.3. Fatores de ambiente que influenciam a composição de leite-----	12
2.3.1. Ano e estação de parto-----	13
2.3.2. Idade da cabra ou ordem de lactação-----	13
2.2.3. Número de crias-----	14
2.2.4. Estádio da lactação-----	15
2.4. Fatores de ambiente que influenciam os parâmetros da curva de lactação-----	16
2.5. Rebanho-----	16
2.6. Raça-----	17
2.7. Parâmetros Genéticos-----	18
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	23
 MODELOS ESTATÍSTICOS USADOS NO AJUSTE DE CURVAS DE LACTAÇÃO-----	 30
1. INTRODUÇÃO-----	30
2. MATERIAL E MÉTODOS-----	33
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO-----	37
4. CONCLUSÕES-----	44
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	45

FATORES DE AMBIENTE QUE INFLUENCIAM A FORMA DA CURVA DE LACTAÇÃO E A COMPOSIÇÃO DE LEITE -----	49
1. INTRODUÇÃO-----	49
2. MATERIAL E MÉTODOS -----	51
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	53
3.1. Produção de leite-----	56
3.1.1. Ano de parto -----	56
3.1.2. Mês de parto -----	56
3.1.3. Idade ao parto-----	60
3.1.4. Raça -----	61
3.1.5. Número de crias (tipo de parto) -----	61
3.1.6. Duração da lactação-----	62
3.2. Composição do leite -----	63
3.2.1. Ano de parto -----	64
3.2.2. Mês de parto ou estação de parto-----	65
3.2.3. Idade ao parto-----	68
3.2.4. Raça -----	69
3.2.5. Número de crias (tipo de parto) -----	70
4. CONCLUSÕES -----	71
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	72
PARÂMETROS GENÉTICOS -----	76
1. INTRODUÇÃO-----	76
2. MATERIAL E MÉTODOS -----	78
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	82
4. CONCLUSÕES -----	85
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativas de herdabilidade (h^2) para produção de leite, porcentagem de gordura e proteína, em caprinos, segundo a raça e o autor	21
Tabela 2 – Estimativas de repetibilidade (t) para produção de leite e porcentagem de gordura, segundo a raça e o autor	22
Tabela 3 – Modelos utilizados por alguns autores no ajuste da curva de lactação para bovinos, caprinos e ovinos	34
Tabela 4 – Modelos utilizados no ajuste da curva de lactação e respectivos coeficientes de determinação, desvio médio do resíduo (DMA) e quadrado médio do resíduo (QMR)	37
Tabela 5 – Valores encontrados para os parâmetros das equações 1, 3, 6, 11 e 12... 38	
Tabela 6 – Resumo do teste de igualdade de parâmetros e identidade de modelos para curva de lactação de cabras, combinando a ordem de lactação aplicada ao modelo de Nelder (1966)	42
Tabela 7 – Correlações de Pearson entre os parâmetros da curva de lactação do modelo 3 e produção de leite	43
Tabela 8 – Resumo da análise de variância para produção de leite (PL) e constituintes do leite.....	54
Tabela 9 – Estimativas dos parâmetros do modelo 3 (Nelder, 1966) e da produção total (PLT) para os diferentes anos avaliados	56
Tabela 10 – Médias da produção de leite total (PLT) na lactação, de acordo com o mês de parto	57
Tabela 11 – Estimativas dos parâmetros do modelo 3 (Nelder, 1966) para os diferentes meses avaliados	59

Tabela 12 – Médias da produção de leite total (PLT) para as cinco classes de idade	60
Tabela 13 – Estimativas dos parâmetros do modelo 3 (Nelder, 1966) para as diferentes classes de idades avaliadas	61
Tabela 14 – Valores médios estimados para os parâmetros do modelo 3 (Nelder 1966), em relação ao tipo de parto	62
Tabela 15 – Correlações de Pearson entre os constituintes do leite e a produção total	63
Tabela 16 – Médias da produção e dos constituintes do leite em função do ano de parto	64
Tabela 17 – Médias encontradas para os constituintes do leite e contagem de células somáticas (CCS) em função do mês de parto	66
Tabela 18 – Médias encontradas para os constituintes do leite e CCS em função da idade ao parto	68
Tabela 19 – Médias encontradas para os constituintes do leite e CCS em função do tipo de parto	70
Tabela 20 – Componentes de variância genética aditiva (σ^2_a), de ambiente permanente (σ^2_p) e de ambiente temporário (σ^2_t), herdabilidade (h^2) e repetibilidade (t) para produção de leite total (PLT), porcentagem de gordura, proteína, extrato seco e lactose	82
Tabela 21 – Componentes de variância genética aditiva (σ^2_a), de ambiente permanente (σ^2_p) e de ambiente temporário (σ^2_t), herdabilidade (h^2) e repetibilidade (t) para os parâmetros do modelo 3 (Nelder, 1966)	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva de lactação estimada e observada e resíduo para o modelo 1 (Brody et. al. 1924).....	39
Figura 2. Curva de lactação estimada e observada e resíduo para o modelo 3 (Nelder, 1966).	39
Figura 3. Curva de lactação estimada e observada e resíduo para o modelo 4 (Wood, 1967).	39
Figura 4. Curva de lactação estimada e observada e resíduo para o modelo 6 (Dave, 1971).	40
Figura 5. Curva de lactação estimada e observada e resíduo para o modelo 11 (Morant & Gnanasakthy, 1989).	40
Figura 6. Curva de lactação estimada e observada e resíduo para o modelo 12 (Cappio-Borlino 1995).	40
Figura 7. Média de produção total de leite na lactação de acordo com o mês de parto.	57

RESUMO

GUIMARÃES, Vinícius Pereira, M.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2004. **Curva de lactação, efeitos ambientais e genéticos sobre o desempenho produtivo de cabras leiteiras.** Orientador: Marcelo Teixeira Rodrigues. Conselheiros: Maria Ignez Leão e Robledo de Almeida Torres.

Os dados deste estudo – provenientes do rebanho do setor de caprinocultura da Universidade Federal de Viçosa – foram utilizados com os objetivos de comparar modelos estatísticos que proporcionem ajuste para curva de lactação; determinar fatores de meio que interferem no formato da curva e, conseqüentemente, na produção; e estimar parâmetros genéticos, como herdabilidade e repetibilidade, da produção de leite. A consistência dos dados fundamentou-se na exclusão de lactações em que o primeiro controle só foi efetuado em tempo igual ou superior a 35 dias após o parto. Intervalos sem controle de leite foram permitidos em no máximo 21 dias, que corresponde a praticamente três ausências na pesagem do leite. Lactações muito curtas (abaixo de 80 dias) e superiores à quarta, por não representarem uma fração significativa no conjunto de dados, não foram consideradas. Após a triagem, foram utilizados 23.502 registros de produção de leite no estudo. Dentre os modelos estudados, o proposto por Nelder (1966) foi o que melhor se ajustou à curva de lactação para os animais avaliados. Este modelo obteve as menores estimativas de desvio residual médio (DMA) e a menor dispersão no gráfico de resíduos. A definição de pelo menos dois critérios na escolha dos modelos foi fundamental, tendo em vista a proximidade das estimativas para cada equação, com falsa indicação de ajuste para alguns modelos. Verificaram-se também diferenças nos parâmetros do modelo escolhido para as diferentes lactações e raças, porém a utilização de uma

única curva estimada garante maior facilidade na avaliação produtiva, apesar do erro decorrente dessa extrapolação. Não houve influência de raça sobre a produção de leite e seus constituintes, sugerindo igualdade produtiva entre os animais Saanen e Alpinos nas condições estudadas. A idade ao parto, o mês de parto, o ano de parto e o número de crias interferiram significativamente na produção total de leite e na maioria de seus constituintes. Houve tendência de maior produtividade para os primeiros meses do ano (Jan. – Jun.), tanto para produção quanto para porcentagem de gordura, proteína, extrato seco (ES) e lactose, possivelmente pelas condições de umidade e temperatura mais amenas nessa época do ano. Foi encontrada herdabilidade de 0,47 para produção total de leite, indicando a possibilidade da seleção individual para essa característica. O elevado valor para repetibilidade de 0,61 reforça a existência de alta correlação entre lactações do mesmo animal. Os constituintes do leite tiveram valores de herdabilidade muito baixos, demonstrando a necessidade de teste de progênie para incremento dessas características em seleções direcionadas.

ABSTRACT

GUIMARÃES, Vinícius Pereira, M.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2004. **Curva de lactação, efeitos ambientais e genéticos sobre o desempenho produtivo de cabras leiteiras.** Orientador: Marcelo Teixeira Rodrigues. Conselheiros: Maria Ignez Leão e Robledo de Almeida Torres.

The data of this study were used with the objectives of comparing thirteen statistical models to provide adjustment for lactation curve; to determine factors of environment that interfere in the format of the curve and, as a consequence, on milk yield; and to estimate genetic parameters such as heritability and repeatability of milk production. The consistency of data was based on the exclusion of lactations in which the first measurement was taken after 35 days post partum. A 21 day interval between registers, corresponding to three absence of milk yield, was accepted as normal, otherwise lactations was excluded. Two other criteria were used to exclude data that is lactation curve lower than 80 days or order of lactation greater than 4. A 23,502 registers of milk yield was considered from goat herd of the Federal University of Viçosa. To define the model of choice four criteria were used named the dispersion of graph of residue, the average of deviation of residues, the correlation coefficient and the visual appraisal of curve based on comparison between estimated and observed data. At least two of those cited criteria were used to define the model. Among models studied, that proposed by Nelder (1966) produced the best adjustment of lactation curve. Parameters of model used to describe lactation curve, were different for both breed and order of lactation. It is suggested that by using only one equation to define the lactation curve may facilitate data evaluation despite drawbacks cause by extrapolation. No difference was found between breed

for milk production and components, suggesting similar productive potential between the Saanen and Alpine breed used for this study. The variables, age, month, year and type of kidding (simple or multiple), had significant interference in both milk production and composition. It was observed a tendency of higher milk yield and composition for the months of January to June. It is suggested that the existence of more favorable environmental conditions at that time of year have caused better animal response. A heritability of 0.47 for total milk production, indicates the possibility of individual selection for the trait. The high value for repeatability of 0.61 showed the existence of high correlation among lactations for the same animal. Very low values for heritability were found for milk components, demonstrating the need of progenie test to increase those trait in directioning selection.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A redução do tamanho das propriedades rurais, em especial aquelas próximas aos centros urbanos, bem como da mão-de-obra disponível nas zonas rurais, e o custo da terra e dos insumos têm direcionado para a implantação de atividades agropecuárias intensivas que possam maximizar seu uso.

A caprinocultura leiteira tem sido considerada uma alternativa viável para essas condições. A possibilidade de criação intensiva, permitindo a maximização do uso do solo, a facilidade de manuseio dos animais, a prolificidade da espécie e o pequeno intervalo entre partos são fatores positivos que justificam a opção pelo produtor rural.

Nos últimos anos, tem-se percebido uma grande mudança no comportamento dos produtores de leite de cabra. Com a modificação do perfil de mercado, as criações de subsistência, ou de lazer, têm sido substituídas pela caprinocultura de caráter empresarial. O setor produtivo de leite de cabra tem-se adaptado ao novo mercado e às suas novas exigências.

Juntamente com a crescente urbanização e a presença de mercado potencial de maior poder aquisitivo, cerca de 2-5% das crianças apresentam algum tipo de intolerância ao leite de vaca, possibilitando um crescimento da atividade e aumento da demanda.

Novos produtos – como leite em embalagem longa vida, leite em pó, achocolatado, iogurte e queijos – têm aumentado a presença do leite de cabra no mercado, além da melhoria do produto final para abastecimento do consumo em crescente demanda.

Simultaneamente ao aumento da demanda pelos produtos de cabra, verifica-se uma crescente preocupação com a introdução de animais especializados. A importação de material genético vem contribuindo para isso, com destaque para as raças Saanen e Alpina, trazidas da Europa, em especial da França, e também dos EUA.

Mesmo com esses avanços no setor, grande parte dos criatórios comerciais ainda apresenta deficiências, seja nos aspectos de nutrição, manejo da reprodução, instalações e genética dos rebanhos.

A existência de material genético de alta qualidade em pequena quantidade e a crescente expansão da atividade têm contribuído para que o crescimento dos criatórios seja feito por multiplicação de animais puros, na tentativa de aproveitamento de todo o material existente, ou por meio de cruzamentos absorventes, sem preocupação com a seleção, o que resulta em baixos índices de produtividade. As restrições à importação de material genético da Europa após a disseminação da Encefalopatia Espongiforme Bovina (EEB), também conhecida por síndrome da vaca louca, têm sido um entrave adicional ao processo de melhoria genética do rebanho nacional.

Na caprinocultura leiteira, a produção econômica do leite é a característica de maior relevância. O conhecimento do perfil e da magnitude da curva de lactação desempenha importante papel no melhoramento genético de caprinos, como também oferece subsídios para o planejamento da atividade.

Existem inúmeras aplicações para o conhecimento e a utilização da curva de lactação de um rebanho. A forma da curva e seus parâmetros possibilitam o estabelecimento de um programa de melhoramento baseado em produção total e parcial dos animais em que seriam avaliados aspectos biológicos e econômicos. Outra aplicação é a capacidade de se prever a produção em qualquer momento da lactação, possibilitando a identificação de animais potencialmente mais produtivos, realizando uma seleção precoce, bem como efetuar estimativas de quantidades de alimentos suplementares a serem adquiridos e fornecidos em função da produção estimada, a fim de facilitar e melhorar a eficiência do manejo.

Nos últimos anos, várias funções matemáticas têm sido usadas para descrever curvas de lactação de bovinos; entretanto, para caprinos, pouco se estudou sobre o comportamento e a variação genética destas.

Estudos que avaliem a influência de fatores ambientais e a estimativa de parâmetros genéticos de características de importância econômica são necessários para a definição de programas de melhoramento genético, melhorias no manejo dos animais, maior controle e administração da produção.

Dessa maneira, este estudo teve como objetivos comparar funções matemáticas propostas na literatura que proporcionem melhor ajuste para curvas de lactação, determinar os fatores de meio que interferem no formato da curva e conseqüentemente da produção, além de estimar alguns parâmetros genéticos, como herdabilidade e repetibilidade da produção de leite. O conhecimento dessas características é fundamental para se elaborar um programa de seleção e garantir um manejo com suporte de informação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Modelos estatísticos usados no ajuste de curvas de lactação

A curva de lactação é a representação gráfica da relação entre a produção de leite e o tempo decorrido desde o dia do parto e pode ser utilizada para estimar a produção de leite total ou parcial de uma cabra.

O conhecimento da curva de lactação é importante para facilitar o manejo nutricional de animais em lactação, pois possibilita a estimativa da produção, como também do pico e da persistência (Wood, 1967; Macedo et al., 2001). Pode ser usada também para indicar a eficiência biológica e econômica da cabra em produzir leite (Papajcsik & Boderó, 1988).

Na literatura encontram-se inúmeros modelos usados no ajuste de curvas de lactação, principalmente em bovinos. Os modelos utilizados para caprinos se basearam naqueles usados para bovinos.

Nos modelos que serão descritos a seguir, deve-se considerar “Y” como a produção total de leite no instante “t”, em que “t” é o tempo decorrido do parto até a data do controle leiteiro (semanas); e “a”, “b”, “c” e “d” são os parâmetros específicos de cada modelo, com características variáveis da forma da curva de lactação.

Brody et al. (1923), citados por Cobuci et al. (2000), foram alguns dos primeiros pesquisadores a propor um modelo para descrever a curva de lactação. O modelo foi expresso como $Y = ae^{-ct}$, caracterizando-se por uma produção decrescente durante toda a lactação. Por não ser condizente com o comportamento biológico, essa equação poderia não ser adequada para o ajuste de curva. Posteriormente, os mesmos autores (Brody et al., 1923) propuseram um modelo derivado do anterior e expresso como $Y = ae^{-bt} - ae^{-ct}$, que incluía uma taxa de crescimento para a curva. Entretanto, Cobby & Le Du (1978) constataram que este último modelo subestimava a produção inicial e superestimava a produção próxima ao pico e na fase seguinte, interferindo diretamente na taxa de persistência.

Posteriormente, Sikka (1950) propôs uma função exponencial parabólica: $Y = ae^{(bt-ct^2)}$, na tentativa de melhor explicar o aumento da produção ocorrido na primeira fase da lactação.

Nelder (1966), trabalhando com funções polinomiais inversas, propôs a seguinte função: $Y = t/a + bt + ct^2$, a qual também foi utilizada por Bianchini Sobrinho (1984) no ajuste da curva de lactação de vacas Gir, apresentando um bom ajuste.

Um ano depois da função proposta por Nelder (1966), Wood (1967) sugeriu uma função gama incompleta: $Y = at^b e^{-ct}$, em que “Y” representa a produção total; “t”, o período de tempo decorrido desde o parto, podendo ser medido em dias, semanas ou meses; “a”, a produção no início da lactação; “b”, relacionado com a inclinação ascendente da curva até o pico; e “c”, relacionado com a inclinação descendente da curva até o final da lactação.

Segundo Cobby & Le Du (1978), a função gama incompleta se resume em três parâmetros e atinge o máximo de produção, representado em semanas e estimado como a razão dos valores de $\frac{b}{c}$ obtidos pela equação de predição. Através da análise de resíduos, foi verificado que a função de Wood (1967) tendia a superestimar a produção no início e no final da lactação e subestimar no meio. Os autores verificaram também que este modelo poderia causar um ajuste pouco eficiente, em razão da falta de ajustamento quando os valores de produção eram elevados, além de existirem problemas nas primeiras lactações, devido às variações fisiológicas dos animais.

Na tentativa de ajustar a curva de lactação de búfalas na Índia, Dave (1971) propôs o seguinte modelo: $Y = a + bt - ct^2$.

Cobby & Le Du (1978), trabalhando com vacas, propuseram o modelo exponencial $Y = a - bt - ae^{-ct}$. Para eles, o grande problema no ajustamento da curva de lactação é quando o pico de produção ocorre poucas semanas depois do parto. Isso faz com que exista um número reduzido de informações antes do pico, o que dificulta a estimativa desta fase da curva.

Madalena et al. (1979), estudando a curva de lactação de animais mestiços (Holandês x Gir), e Molina & Boschini (1979), de animais da raça Holandesa, utilizaram, respectivamente, o modelo linear simples $Y = a - ct$ e o linear modal $Y = a - b|t - c|$ para ajustar curvas de lactação.

Ao estudarem os modelos linear logarítmico e quadrático logarítmico, cujas equações são, respectivamente, $Y = a - bt + c \ln(t)$ e $Y = a + bt + ct^2$, Singh & Gopal (1982) verificaram que o segundo modelo foi o que apresentou melhor ajuste aos controles quinzenais de produção de leite em búfalas.

Dhanoa (1981) propôs formas alternativas ao modelo Wood (1967), adicionando uma variável m , que significa o tempo necessário para atingir o pico de lactação. O modelo pode ser descrito como $Y = at^{mc} e^{-ct}$.

Bianchini Sobrinho (1984), citado por Cobuci (1999), propôs o modelo linear hiperbólico $Y = a + b^t + c 1/t$. Embora tenha verificado que a qualidade de ajuste foi inferior ao modelo quadrático logarítmico, este modelo descreveu melhor a curva de lactação que os modelos gama incompleto e polinomial inverso.

Sherchand et al. (1995), testando inúmeros modelos para descrever a curva de lactação, constataram que a equação que promoveu melhor ajustamento foi a função difásica de Grossman & Koops (1988).

Estudando o ajuste de diversos modelos para curva de lactação de vacas Holandesas, Papajcsik & Boderó (1988) propuseram os seguintes modelos: $Y = a t^b / \cosh(ct)$; $Y = a \ln(bt) e^{-ct}$; $Y = a (1 - e^{-bt}) / (\cosh(ct))$; $Y = a \arctan(bt) e^{-ct}$; $Y = a \ln(bt) / \cosh(ct)$; $Y = a \arctan(bt) / \cosh(ct)$, sendo \arctan o arco-tangente e \cosh o co-seno hiperbólico.

2.2. Fatores de ambiente que influenciam a produção de leite

A produção leiteira é influenciada pelos efeitos genéticos, somados aos fatores do meio ambiente em que o animal se encontra e dessa interação ($P=G+E+G \times E$). As interferências do ambiente sobre a capacidade produtiva merecem especial atenção, uma vez que respondem por grande parte da variação existente na produção.

Gipson & Grosman (1990), revisando trabalhos com curvas de lactação em caprinos, verificaram que os principais fatores que afetam a curva de lactação, além do efeito ambiente, são: raça, ordem de parto, época de parto e potencial de produção. Esses autores constataram que a ordem de parto tem o maior efeito sobre a forma da curva de lactação.

2.2.1. Ano de parto

Estudos com curva de lactação têm mostrado grande interferência do fator ano de parto na produção de leite tanto em regiões tropicais quanto temperadas, estando ele relacionado com as condições ambientais e mudanças na qualidade nutricional.

Cappio-Borlino et al. (1997), trabalhando com ovelhas, observaram que a produção de leite é influenciada pelo ano em que o animal nasce, devido, principalmente, às condições climáticas. Informação semelhante foi fornecida por Gonçalves (1996) e Prakash et al. (1971), segundo os quais o efeito de ano de parto reflete as variações sazonais na quantidade e qualidade dos alimentos.

Trabalhando com cabras mestiças no Estado da Paraíba, Medeiros et al. (1998) verificaram que os fatores mês e ano influenciam significativamente o peso dos animais.

Em trabalho com 440 cabras, Rabasco et al. (1993) não constataram diferenças atribuídas ao fator ano, mas foi significativa a interação entre rebanho x época x ano, indicando que as variações climáticas, nos diversos anos e épocas, e as diferenças existentes entre os rebanhos e no manejo são responsáveis por essas variações.

Wilson & Murayi (1988), ao estudarem animais cruzados das raças Alpinas e Nubianas, verificaram que a idade média ao primeiro parto foi de 640 dias (1,75 ano). O ano em que a cabra nasceu teve uma influência significativa na idade ao parto.

Entretanto, Peris et al. (1997), trabalhando com 108 cabras Murciano-Granadina, não constataram efeito do ano de parto nem na produção total nem no padrão da lactação.

2.2.2. Estação de parto

Além das interferências do ano de parto, a estação em que ocorre a parição dos animais tem forte influência, principalmente devido às variações climáticas das estações do ano, determinando uma época de maior ou menor oferta de alimentos.

Muitos estudos detectaram que os efeitos da estação de parto têm implicações práticas na determinação da melhor época de acasalamento para maximizar a produção da lactação. Deve-se considerar também que a espécie caprina apresenta estacionalidade reprodutiva em regiões de grande latitude, em especial nas zonas temperadas, ocorrendo anestro durante o período de primavera e verão.

Singh et al. (1970), utilizando 3.811 controles leiteiros de cabras Beetal, observaram efeito significativo da estação sobre a idade ao primeiro parto e produção na primeira lactação, mas não sobre o primeiro intervalo de parto. Resultado semelhante foi encontrado por Cappio-Borlino et al. (1997), trabalhando com ovelhas.

Os animais que pariram no início da estação de partos apresentaram uma persistência maior e, conseqüentemente, uma maior produção de leite (Rabasco et al., 1993; Bouloc, 1992).

Ruiz et al. (2000) verificaram que o mês de parto e o número de crias tiveram grande influência na produção total de leite e na forma da curva.

Kala & Prakash (1990) e Peña Blanco et al. (1999) verificaram que os animais que nasceram no inverno apresentaram uma melhor condição nutricional, o que favoreceu o desenvolvimento fisiológico, tendo como conseqüência uma melhor produção de leite.

Montaldo et al. (1997), estudando a produção de leite de animais Alpinos, Saanen e Toggenburg cruzados com cabras “nativas” mexicanas, verificaram efeito de época do ano sobre a produção, o dia de produção máxima (pico) e a persistência. Resultado semelhante foi encontrado por Kennedy et al. (1981) e Mourad (1992).

Em geral, produções de lactações iniciadas fora da estação de parto, ou seja, produção de animais cobertos fora de estação de monta, são menores com interferência principalmente do fotoperíodo e das condições nutricionais (Alderson & Pollak, 1980).

Gipson & Grossman (1989) destacam a importância da estação de parto na curva de lactação de caprinos, principalmente na fase inicial e de pico. Essa informação evidencia a necessidade de efetuar programas e estratégias de acasalamento para maximizar a produção de leite.

2.2.3. Idade da cabra ao parto ou ordem de parto

A vida produtiva da cabra está estreitamente ligada à idade ao primeiro parto. Esta idade pode ser considerada o evento reprodutivo mais importante, pois está atrelada ao início da vida produtiva. Quanto antes o animal parir, menor será o intervalo de gerações, além de aumentar a eficiência reprodutiva, o que leva a um melhor resultado econômico. Por serem animais precoces, a maturidade sexual pode ser alcançada aos seis meses, quando atingem aproximadamente 65% do peso na idade adulta, estando apto para reprodução. Como a gestação é de aproximadamente cinco meses, aos onze meses uma cabra já estaria pronta para o seu primeiro parto. A idade ao primeiro parto também pode ser influenciada pela estação de nascimento, pelo tipo de parto e pela idade da mãe ao parto.

Singh et al. (1970) mostraram haver efeito significativo da idade da cabra ao primeiro parto sobre a produção de leite. Resultado semelhante foi encontrado por Cappio-Borlino et al. (1997), Gonzalo et al. (1994) e Mavrogenis & Louca (1984).

Já Prakash et al. (1971) verificaram uma pequena interferência da idade da cabra ao parto sobre a produção de leite, em virtude de os animais terem parido mais velhos. O fator determinante, segundo os autores, é o comprimento da lactação, que pode responder por até 30,3% da variação na produção. Os autores observaram

também que a produção de leite foi mais baixa para os animais que pariram pela primeira vez. O aumento da produção com o número de lactações se deve ao crescimento e desenvolvimento, que alteram toda a sua fisiologia.

Estudando os fatores que interferem na produção caprina, Subires et al. (1988) verificaram maior produção na quarta lactação, tanto para partos simples, duplos e triplos.

Iloje & Van Vleck (1978) constataram que a produção foi menor na primeira lactação (766 kg), aumentando para 1.045 kg na quinta lactação. Observaram também um aumento de 59% na produção de leite em cabras de um para três anos.

Kennedy et al. (1982), utilizando 3.286 controles leiteiros das raças Alpina, Saanen, Nubiana e Toggenburg, observaram diferença na produção de leite entre cabras parindo com um ou dois anos de idade. À medida que os animais se aproximam da maturidade, ocorre uma melhoria na condição fisiológica para a produção de leite.

Peris et al. (1997), trabalhando com 108 cabras Murciano-Granadina, verificaram que cabras de primeira lactação apresentavam menor produção total de leite, porém a curva de lactação desses animais era mais persistente.

Trabalhando com 3.119 observações de produção de leite de ovelhas na Espanha, Fuertes et al. (1998) observaram efeito da idade sobre a produção de leite. As maiores produções foram para animais de 2,5 anos de idade.

Montaldo et al. (1997), estudando a produção de leite de amostras obtidas de cabras Alpinas, Saanen e Toggenburg cruzadas com cabras “nativas” mexicanas, verificaram que a idade da cabra influenciou significativamente a produção máxima e a persistência. Animais com dois anos tiveram uma curva com pico menos acentuado, enquanto cabras com três anos apresentaram maior persistência. Estudando a produção de leite de cabras Alpina, Saanen, Toggenburg e Nubianas, Finley et al. (1984) verificaram que a produção após o primeiro parto aumentou rapidamente com a idade. Para os demais partos a produção já aumentou menos, decrescendo posteriormente. O máximo de produção aconteceu entre 24 e 50 meses de idade, com uma média de 40.

Para vários autores a produção máxima é atingida entre o terceiro e o sexto ano de idade (Gall, 1981; Mourad, 1992; Zeng & Escobar, 1995; Rabasco et al., 1993; Peris et al., 1997).

Entretanto, Singh & Singh (1974) verificaram que a maior produção de leite ocorreu na segunda lactação, com forte redução na quinta.

Tem-se verificado na literatura que a idade média na primeira lactação é de 17 meses, com intervalos de um ano entre partos, e que a correlação entre a idade ao primeiro parto e a produção na primeira lactação é moderada. Esses resultados demonstram que a produção de animais que parem em idade mais avançada é melhor que a daqueles que parem mais cedo (Wilson & Murayi, 1988).

Singh & Singh (1974), trabalhando com animais da raça Jamnapari, observaram idade ao primeiro parto variando entre 18 e 30 meses, com 10,39% das fêmeas apresentando o primeiro parto com menos de 18 meses. Os animais que pariram entre 24 e 30 meses tiveram melhor desempenho na produção, principalmente em razão da sua maturidade fisiológica. Contudo, os autores não encontraram interferência da duração do comprimento da lactação sobre a produção de leite.

2.2.4. Número de crias

A interferência do tipo de parto na produção de leite está relacionada com fatores hormonais. O aumento do número de fetos provoca alterações fisiológicas que interferem diretamente no balanço hormonal. Essa modificação faz com que hormônios importantes na lactação tenham sua produção aumentada, implicando melhoria da produção de leite para partos múltiplos.

Iloje & Van Vleck (1978) e Singh & Singh (1974) verificaram que, em cabras com idade inferior a dois anos, o número de partos simples era maior que o de outras com idade superior e que a frequência de partos duplos aumentou com a idade.

Os animais nascidos de parto simples normalmente são mais pesados e, com isso, podem atingir o peso mínimo de cobertura mais cedo, reduzindo, portanto, na idade ao primeiro parto (Sands & Mcdowell, 1978; Wilson & Murayi, 1988).

Peris et al. (1997) não observaram efeito significativo do tipo de parto. Entretanto, a produção de leite foi sempre mais alta para as cabras que tiveram parto duplo, em relação às que apresentaram partos simples. As lactações de partos simples, por sua vez, apresentaram maior persistência, reforçando o fato de que cabras de primeira lactação apresentam curvas de lactação com maior persistência. Resultado semelhante foi encontrado por Subires et al. (1988).

Em ovinos, Fuertes et al. (1998), Gonzalo et al. (1994) e Rabasco et al. (1993) observaram efeito do tipo de parto sobre a produção de leite. Foram relatados aumentos de 9 a 18% e de 4,4 a 11%, respectivamente para a produção de leite de animais com partos múltiplos e simples que pariram dois ou três filhotes, quando comparados a partos simples.

O mês de parto e o número de crias apresentaram efeito significativo na produção total de leite e na forma da curva (Ruiz et al., 2000).

Peña Blanco et al. (1999), utilizando 968 lactações de cabras da raça Flórida, constataram que o tipo de parto afetou a produção lactacional.

Os animais com parto simples e de primeira cria produzem significativamente menos leite que os de parto múltiplo e múltiparas, como observado por Herrera (1983), Freno (1993) e Silvestre (1998), citados por Peña Blanco et al. (1999).

Singh & Singh (1974) e Mavrogenis & Louca (1984) não encontraram efeito do tipo de parto sobre a primeira lactação nem na produção de leite.

Mourad (1992), estudando um rebanho Alpino, relatou que o tipo de parto afetou significativamente a produção nos dois primeiros meses de lactação, mas não teve efeito sobre a produção na lactação.

2.3. Fatores de ambiente que influenciam a composição de leite

Além da produção, os constituintes do leite são também influenciados por fatores do ambiente. A interferência pode ser devido à variação no volume de produção ou a modificações de metabolismo do animal decorrentes de condições ambientais e no manejo.

A composição, da mesma maneira que a produção, requer um estudo que avalie os fatores que a modificam, possibilitando intervenções para minimizar as influências quando não forem positivas.

2.3.1. Ano e estação de parto

Cappio-Borlino et al. (1997), estudando o efeito do mês de lactação sobre as porcentagens de gordura e proteína, encontraram comportamento oposto ao observado para a produção de leite. Quando a produção aumentava em decorrência de um efeito favorável do mês, independentemente do estágio de lactação, os percentuais de gordura e de proteína diminuíram, principalmente pelo efeito de diluição. Peris et al. (1997) também observaram influência significativa de ano de parto sobre os componentes do leite.

Avaliando 338 cabras Jamnapari e 264 Barbari, na Índia, Kala & Prakash (1990) verificaram que os animais paridos no inverno produziram leite com maior teor de gordura, enquanto os que pariram na primavera apresentaram maiores teores de lactose e proteína, devido principalmente à condição climática, que favorecia o estado nutricional dos animais.

2.3.2. Idade da cabra ou ordem de lactação

Iloeje & Van Vleck (1978) verificaram que o percentual de gordura foi menor na primeira lactação (3,5%) e maior na sexta (3,7%), semelhante ao resultado encontrado por Peris et al. (1997). Fuertes et al. (1998) e Peris et al. (1997) apresentaram resultados semelhantes e exploraram o fato de a produção de leite estar intensamente relacionada à idade do animal. O aumento na concentração dos constituintes seria então um reflexo da menor produção em animais mais velhos.

Wiggans & Shook (1987), em trabalho com vacas Holandesas, e Gonzalo et al. (1994), com ovelhas, observaram efeito de idade do animal na CCS. As primeiras lactações tiveram menores valores de CCS, enquanto nas lactações seguintes houve grande aumento, devido principalmente ao desgaste e à saúde da glândula mamária.

Rabasco et al. (1993), trabalhando com 440 cabras, encontraram efeito da ordem de lactação na porcentagem de gordura e proteína, de maneira semelhante ao relatado por Subires et al. (1988), Hernández et al. (1989), Gall (1981) e Hakala et al. (1981).

Kala & Prakash (1990), estudando 338 cabras Jamnapari e 264 Barbari, na Índia, verificaram que cabras primíparas tiveram as maiores porcentagens de gordura e proteína e que, com o aumento do número de partos, esse valor foi reduzindo. A concentração de gordura reduziu de 4,8% para 4,69% entre primíparas e cabras acima de quatro partos. Para proteína, houve variação de 3,99% a 3,84% do primeiro para o sexto parto.

Entretanto, Boichard et al. (1989) encontraram valores que contradizem a maioria dos trabalhos com relação ao aumento de produção e diluição dos componentes.

As produções de leite e de gordura apresentam grandes diferenças, principalmente entre a primeira e as demais lactações. Normalmente o desenvolvimento fisiológico em que o animal se encontra na primeira lactação não permite que ele apresente comportamento produtivo semelhante ao das lactações posteriores. Com a maturidade, o animal tende a reduzir as diferenças produtivas entre as lactações, por ter alcançado melhor equilíbrio fisiológico (Wilson & Murayi, 1988).

2.2.3. Número de crias

Avaliando apenas o tipo de parto, alguns autores observaram, em animais com partos múltiplos, aumento na quantidade de CCS e na porcentagem de gordura, proteína e de sólidos totais (Peris et al., 1997; Fuertes et al., 1998).

Entretanto, Soryal et al. (2000), estudando cabras adultas Barki no Egito, não constataram influência do tipo de parto na quantidade de sólidos totais, embora tenham verificado pequeno aumento na porcentagem de gordura para partos triplos. A porcentagem de lactose para cabras com partos triplos foi muito superior à daqueles que tiveram partos simples e duplos.

Gonzalo et al. (1994), utilizando 8.403 produções de leite de ovelhas na Espanha, observaram que o tipo de parto influenciou significativamente a composição do leite. Em animais que tiveram partos duplos, a porcentagem de gordura e proteína reduziu 1,7 e 0,8%, respectivamente – fato explicado pelo efeito de diluição decorrente da maior produção de leite nos partos múltiplos.

Estudando um rebanho de cabras Alpinas, Zeng & Escobar (1995) verificaram não haver efeito do tipo de parto sobre a CCS e os componentes do leite, apesar do efeito na produção total.

2.2.4. Estádio da lactação

Peris et al. (1997) observaram redução na porcentagem de gordura com o estágio da lactação, encontrando valores de 6,35% e 4,99%, respectivamente na primeira e quinta semanas de lactação. Relataram também redução nos constituintes do leite à medida que se aumentava o volume produzido.

A CCS e a lactose atingiram seus menores e maiores valores, respectivamente, por volta da quinta semana, enquanto a produção de gordura, proteína, caseína e sólidos totais atingiu menor valor na terceira semana (Fuertes et al., 1998; Wiggans & Shook, 1987).

Gonzalo et al. (1994) observaram um aumento de 37,6% para gordura e 20,4% para proteína entre os dias 45 e 150 de lactação. A CCS aumentou 31% do dia 75 até o final da lactação, devido principalmente ao aparecimento de mastite subclínica.

Kala & Prakash (1990) e Zeng & Escobar (1995) verificaram que o estágio da lactação influenciou a concentração dos constituintes do leite. As porcentagens de gordura e proteína aumentaram significativamente com o estágio da lactação, ao passo que houve redução na porcentagem de lactose.

No entanto, Soryal et al. (2000) constataram redução da porcentagem de proteína e gordura e aumento de lactose até a sexta semana, com posterior redução.

2.4. Fatores de ambiente que influenciam os parâmetros da curva de lactação

Ruvuna et al. (1995), estudando lactações de cabras entre 1989 e 1992 de diferentes grupos genéticos e utilizando o modelo proposto por Wood (1967), encontraram diferenças entre os parâmetros da curva de lactação para os diferentes grupos estudados. Houve uma variação nos parâmetros da curva em função do grupo, do ano e estação de parto e da idade da cabra. Para o parâmetro “c” (inclinação da fase decrescente) não houve efeito de estação, para o “a” (produção inicial), não houve interferência da idade da cabra.

Houve influência de época de parto para todos os parâmetros relativos à curva de lactação de bovinos (Wood, 1969, 1972).

Considerando os parâmetros da curva, ao trabalharem com vacas Holandesas, Madalena et al. (1979) verificaram que o ano de parto teve influência significativa sobre o parâmetro “a” da função gama incompleta. Contudo, Mcmanus et al. (1997) e Tekerli et al. (2000), ao estudarem a influência do ambiente sobre os parâmetros da curva de lactações ressaltando a função quadrática, não observaram efeito do ano de parto.

Mavrogenis & Louca (1984), estudando 1.474 lactações individuais entre 1972 e 1978, verificaram que o ano e o mês de parto e sua interação influenciaram a produção de leite e a duração da lactação. A influência sobre o comprimento da lactação tem forte efeito sobre os parâmetros da curva e, por sua vez, na produção total de leite.

2.5. Rebanho

As condições sanitárias e de manejo dos animais interferem na saúde da glândula mamária. Dessa maneira, Wiggans & Shook (1987), trabalhando com vacas Holandesas, observaram efeito de rebanho na CCS.

Além das condições sanitárias, a condição nutricional tem influência sobre as porcentagens de gordura e proteína e as produções de gordura e sólidos totais em diferentes rebanhos (Rabasco et al., 1993).

2.6. Raça

A raça, apesar de não ser uma característica de interferência ambiental, também representa uma importante fonte de variação na produção de leite. Essa característica tem papel preponderante na determinação do potencial de produção em qualquer rebanho.

No Brasil, além das raças especializadas na produção de leite, existem aqueles animais que por razões sociais ou adaptativas são mantidos como animais leiteiros, mesmo apresentando baixo volume de produção.

Alguns trabalhos ressaltam diferenças existentes entre as raças, dentre os quais os de Kala & Prakash (1990) e Boichard et al. (1989).

Animais mestiços apresentaram melhores desempenhos produtivos que animais nativos, devido ao ganho genético pela introdução das raças especializadas em produção de leite (Ruvuna et al., 1995; Montaldo et al., 1997).

Alderson & Pollak (1980) observaram maior produção de leite e gordura (977 e 34 kg, respectivamente) na raça Saanen, quando comparada com Alpina, LaMancha, Nubiana, Saanen e Toggenburg. A verificação da superioridade da raça Saanen também foi encontrada em Boichard et al. (1989) e Wiggans (1989).

Montaldo et al. (1997), estudando a produção de leite de mestiças Alpinas, Saanen e Toggenburg com cabras “nativas” mexicanas, utilizaram a função gama incompleta e observaram que os parâmetros da curva de lactação foram influenciados pelos diferentes grupos genéticos.

Resultado semelhante foi encontrado por Ruvuna et al. (1995), que verificaram diferenças entre os parâmetros da curva de lactação ao avaliarem diferentes grupos genéticos, estação do ano e idade da cabra.

Em muitos trabalhos houve variação na composição do leite quando se compararam animais mestiços e nativos. Os animais mestiços descendentes de raças especializadas para produção de leite apresentaram, freqüentemente, menores teores de gordura e proteína, devido principalmente ao efeito de diluição.

Kala & Prakash (1990), avaliando cabras Jamnapari e Barbari, constataram que houve influência da raça nos constituintes do leite; nas Jamnapari ocorreu maior porcentagem de gordura e proteína.

No entanto, Wilson & Murayi (1988) encontraram percentuais de gordura de 3,51 e 3,52 para as raças Alpina e Saanen, respectivamente, demonstrando a igualdade existente entre as raças em relação aos constituintes do leite.

2.7. Parâmetros Genéticos

Grossman et al. (1986), estudando a curva de lactação das raças Alpinas, Saanen, LaMancha, Nubiana e Toggenburg, encontraram correlação fenotípica de 0,95 entre produções de leite e de gordura, de 0,61 entre produção de leite e dias em lactação e de 0,6 entre produção de gordura e dias em lactação. A correlação entre a produção de leite no primeiro e segundo partos foi de 0,47; entre o segundo e o terceiro, de 0,55; entre o terceiro e o quarto, de 0,53; e entre o quarto e quinto, de 0,36. O aumento da correlação próximo ao terceiro parto coincidiu com a tendência em se atingir o máximo de produção na terceira ou quarta lactação. Os autores encontraram também correlações da produção de gordura entre o primeiro e o segundo parto de 0,42; entre o segundo e o terceiro, de 0,50; entre o terceiro e o quarto, de 0,49; e entre o quarto e o quinto, de 0,31, observando novamente a tendência de aumento próximo ao pico de produção. Também verificaram repetibilidade para a produção de leite de 0,42 e de 0,38 para gordura, valores um pouco menores do que os encontrados na literatura.

Ronningen (1967) estimou repetibilidade de 0,6, enquanto Iloeje et al. (1981) encontraram valores entre 0,42 e 0,52 para leite e entre 0,42 e 0,55 para produção de gordura. Ressaltaram os autores que esses valores variam em função da raça. Tal fato foi confirmado por Boichard et al. (1989), acrescentando que as correlações entre produção de leite e proteína, assim como gordura e proteína, são altas. Os mesmos autores encontraram herdabilidade próxima de 0,3 para produção de leite e variando de 0,31 a 0,39 para gordura e proteína. As estimativas para proteína foram maiores na raça Saanen, enquanto nas Alpinas as estimativas foram maiores para produção de gordura.

Kennedy et al. (1982) verificaram correlação fenotípica por volta de 0,95 entre produção de leite e gordura e de 0,70 entre produção de leite e gordura com o estágio da lactação.

Boichard et al. (1989) encontraram valores de herdabilidade para a raça Saanen de 0,29; 0,31; 0,52; 0,39 e 0,5, respectivamente para produção de leite, produção de proteína, porcentagem de proteína, produção de gordura e porcentagem de gordura no leite. Para a raça Alpina os valores foram de 0,31; 0,36; 0,41; 0,32 e 0,47, respectivamente para produção de leite, produção de proteína, porcentagem de proteína, produção de gordura e porcentagem de gordura.

Montaldo et al. (1997), utilizando cabras Alpinas, Granadinas, Nubianas, Saanen e Toggenburg no estudo de parâmetros genéticos, encontraram valores de repetibilidade de 0,59; 0,73; 0,23 e 0,14, respectivamente para produção total de leite, produção diária de leite, duração da lactação e número de crias ao parto.

Posadas & Valdenegro (1991) citam valores de herdabilidade para produção de leite na ordem de 0,25 a 0,68.

Montaldo & Sánchez (1986) estimaram que, com uma herdabilidade de 0,3, a máxima resposta esperada por geração com teste de progênie e inseminação seria de 2,6% em sistemas extensivos e 3,7% em intensivos por geração.

Mavrogenis & Louca (1984), estudando 1.474 lactações individuais, não observaram nenhuma interação entre genótipo-ambiente, sendo a herdabilidade encontrada considerada baixa a moderada, com valor de 0,29. A correlação genética e fenotípica foi alta e positiva. Com o resultado encontrado, os autores sugerem que a variabilidade genética na produção de leite é suficiente para efetuar melhorias no rebanho. A variância fenotípica alta e positiva nas características da curva e duração da lactação pode servir como ferramenta para tomada de decisões ao se proceder descarte ou seleção.

Kennedy et al. (1982), utilizando 3.286 controles leiteiros das raças Alpina, Saanen, Nubiana e Toggenburg, encontraram herdabilidade da produção de leite e produção de gordura de 0,61 e 0,69, respectivamente, ao passo que o valor para porcentagem de gordura foi de 0,52.

Roningén (1966), citado por Kennedy et al. (1982), encontrou herdabilidade de 0,3 e 0,36, respectivamente para produção de leite e gordura.

Iloje & Van Vleck (1978) encontraram herdabilidades para produção de leite (apenas pela manhã) de 0,4 e para porcentagem de gordura (produção diária) de 0,1. As repetibilidades foram de 0,4 e 0,35, respectivamente para produção de leite e

porcentagem de gordura. As herdabilidades para produção de leite na primeira, segunda, terceira, quarta e quinta lactações foram de 0,32; 0,29; 0,32; 0,28 e 0,16, respectivamente. Para idade ao primeiro parto a herdabilidade foi de 0,54, e para produção de leite na primeira lactação, de 0,25.

Singh et al. (1970), utilizando 3.811 controles leiteiros para cabras Beetal, observaram herdabilidade da produção de leite no primeiro parto de 0,54.

Nas Tabelas 1 e 2 são mostrados alguns valores de herdabilidade e repetibilidade citados na literatura.

Tabela 1 – Estimativas de herdabilidade (h^2) para produção de leite, porcentagem de gordura e proteína, em caprinos, segundo a raça e o autor

Característica	Raça	h^2	Autor
Produção de leite		0,06	Amble et al. (1964)
Produção de leite		0,36	Roniningen (1967)
Produção de leite	Beetal	0,25	Singh et al. (1970)
Produção de leite	Beetal	0,27	Prakash et al. (1971)
Produção de leite	Saanen	0,17	Garcia (1971)
Produção de leite	Toggenburg	0,17	Garcia. (1971)
Produção de leite	Alpina	0,17	Garcia (1971)
Produção de leite	Norueguesa	0,32	Steine (1975)
Produção de leite	Saanen	0,68	Ricordeau & Bouillon (1975)
Produção de leite	Alpina	0,6	Bouillon & Ricordeau (1976)
Produção de leite		0,55	Iloeje & Vanvleck (1977)
Produção de leite		0,27	Iloeje & Vanvleck (1978)
Produção de leite		0,28	Ronningen (1980)
Produção de leite		0,33	Ronningen (1980)
Produção de leite		0,47	Sánchez (1980)
Produção de leite		0,55	Iloeje et al. (1981)
Produção de leite	Saanen/Alpina	0,61-0,69	Kennedy et al. (1982)
Produção de leite		0,68	Kennedy et al. (1982)
Produção de leite		0,26	García (1982)
Produção de leite		0,29	Singh & Acharya (1982)
Produção de leite		0,29	Mavrogenis et al. (1984)
Produção de leite		0,29	Constantinou et al. (1985)
Produção de leite		0,61	Constantinou (1986)
Produção de leite		0,46	Sullivan et al. (1986)
Produção de leite		0,38	Sullivan & Kennedy (1988)
Produção de leite	Alpina	0,29	Boichard et al. (1989)
Produção de leite	Saanen	0,31	Boichard et al. (1989)
Produção de leite		0,09	Ribeiro (1997)
Produção de leite	1/2Alpina X Moxotó	0,32	Oliveira (1999)
Produção de leite		0,29	Gonçalves et al. (2001)
Produção de leite		0,23	Filho et al. (2003)
% Proteína	Alpina	0,52	Boichard et al. (1989)
% Proteína	Saanen	0,41	Boichard et al. (1989)
% Gordura	Norueguesa	0,29	Steine, R. N. (1975)
% Gordura	Saanen	0,51	Ricordeau & Bouillon (1975)
% Gordura	Alpina	0,48	Bouillon & Ricordeau (1976)
% Gordura	Saanen/Alpina	0,52-0,54	Kennedy et al. (1982)
% Gordura	Alpina	0,5	Boichard et al. (1989)
% Gordura	Saanen	0,47	Boichard et al. (1989)

Tabela 2 – Estimativas de repetibilidade (t) para produção de leite e porcentagem de gordura, segundo a raça e o autor

Característica	Raça	t	Autor
Produção de leite	Norueguesa	0,40	Ronningen (1965)
Produção de leite		0,4	Alderson & Pollak (1980)
Produção de leite	Nubian	0,46	Finley et al. (1984)
Produção de leite		0,46	Finley et al. (1984)
Produção de leite	Alpina	0,42	Grossman et al. (1986)
Produção de leite	Saanen	0,44	Grossman et al. (1986)
Produção de leite	Toggenburg	0,41	Grossman et al. (1986)
Produção de leite	Saanen	0,20	Ribeiro (1997)
Produção de leite		0,27	Gonçalves et al. (2001)
% Gordura		0,44	Finley et al. (1984)
% Gordura	Nubian	0,45	Finley et al. (1984)
% Gordura	Alpina	0,36	Grossman et al. (1986)
% Gordura	Saanen	0,44	Grossman et al. (1986)
% Gordura	Toggenburg	0,37	Grossman et al. (1986)

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDERSON, A., POLLAK, E. J., Age-season adjustment factors for milk and fat of dairy goats, **Journal of Dairy Science**, vol. 63, p. 148-151, 1980.

ANDONOV, S., DZABIRSKI, V., SRBINOVSKA, S., Selection of dairy goats by using lactation curve model, In: **International Conference on Goats**, 7., Tours; 2000. Proceedings...Ivry-sur-seine: Institut de L'Élevage et INRA.2v. 1049p. v.2, 2000.

BIANCHINI SOBRINO, E.S., Estudo da curva de lactação de vacas da raça Gir. Ribeirão Preto: USP. 88 p. **Dissertação** (Doutorado em Genética), 1984.

BOICHARD, D., BOULOC, N., RICORDEAU, G., PIACERE, A., BARILLET, F., Genetic parameters for first lactation dairy traits in the alpine and saanen goat breeds, **Genet. Sel. Evol.**, vol. 21, p. 205-215, 1989.

BOULOC, N., Selection criteria and simplification of recording schemes in goats, **INRA**, Paris, 38p. 1987.

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., Estudo da curva de lactação em vacas da raça guzerá, Viçosa, MG, 1999, **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia).

COBUCI, J.A., EUCLYDES, R.F., VERNEQUE, R. S., TEODORO, R. L., LOPES, P.S., SILVA, M.A., Curva de lactação na raça Guzerá, **Rev. bras. zootec.**, 29(5):1332-1339, 2000.

COBUCI, J.A., EUCLYDES, R.F., VERNEQUE, R. S., TEODORO, R. L., LOPES, P.S., SILVA, M.A., Aspectos genéticos e ambientais da curva de lactação de vacas da raça Guzerá, **Rev. bras. zootec.**,30(40):1204-1211, 2001.

DAVE, B.K. First lactation curve of Indian water buffalo. **JNKVV Res. J.**, v.5, p.93, 1971.

DHANOVA, M.S. A note on an alternative form of the lactation model of Wood. **Animal Production**, v.32, p.342, 1981.

FERNÁNDEZ, C., SANCHEZ, A., GARCÉS, C., Modeling the lactation curve for test-day milk yield in murciano-granadina goats, **Small Ruminant Research**, vol. 46, p. 29-41, 2002.

FINLEY, C. M., THOMPSON, J. R., BRADFORD, G. E., Age-parity-season adjustment factors for milk and fat yields of dairy goats, **Journal of Dairy Science**, vol. 67, p. 1868-1872, 1984.

FUERTES, J.A., GONZALO, C., CARRIEDO, J.A., SAN PRIMITIVO, F., Parametres of test day milk yield and milk componentes for dairy ewes, **Journal of Dairy Science** 81:1300-1307, 1998.

GALL, C. Goat Production, London, **Academic Press.**, 616p., 1981.

GIPSON, T. A., GROSSMAN, M., Diphasic Analysis of lactation curves in dairy goats, **Journal of Dairy Science**, vol 72, p. 1035-1044, 1989.

GONÇALVES, H.C. Fatores genéticos e de meio em algumas características produtivas e reprodutivas em caprinos. Viçosa, MG:UFV, 141. Tese Doutorado em Zootecnia, 1996.

GONÇALVES, H.C., SILVA, M.A , RAMOS, AA et al, Fatores genéticos e de meio na produção de leite de caprinos leiteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30(3):719-729, 2001.

GONZALO, C., CARRIEDO, J. A., BARO, J. A., PRIMITIVO, F. S., Factors influencing variation of test day milk yeild, somatic cell count, fat, and protein in dairy sheep, **Journal of Dairy Science**, vol. 77, p. 1537-1542, 1994.

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

GROSSMAN, M., FERNANDO, R. L., MOHAMMAD, W. A., ALI, A. K. A., SHANKS, R. D., Correlations between parities for lactation traits in United States Dairy Goats, **Journal of Dairy Science**, vol. 69, p. 1917-1921, 1986.

HAKALA, A., LEQUENNE, D., SIGWALD, J.P., Methodological approach to study herd goat production in relation to feeding regimes. **Nutr. Et Syst. D'Aim. De la chèvre**. v.2, ITOVIC-INRA 2:729-738, 1981.

HERNÁNDEZ, D., BRAVO, C., MUÑOZ, A., LÓPEZ, A., SERRADILLA, J.M., Estudio de la producción de leche de tres razas caprinas autóctonas. Efectos ambientales, **III Jornadas sobre producción animal**, ITEA 9:448-450, 1989.

ILOEJE, M. U., VAN VLECK, L.D., Genetics of dairy goats: a review, **Journal of Dairy Science**, vol. 61, p. 1521-1528, 1978.

ILOEJE, M.U., VAN VLECK, L.D., WIGGANS, G.R. Components of variance for milk and fat yields in dairy goats. **Journal of Dairy Science**, v.64, p.2290-2293, 1981.

KALA, S.N.; PRAKASH, B. Genetic and phenotypic parameters of milk yield and milk composition in two Indian goat breeds. **Small Ruminant Research**, v.3, p.475-484, 1990.

KENNEDY, B. W., FINLEY, C. M., BRADFORD, G. E., Phenotypic and genetic relationships between reproduction and milk production in dairy goats, **Journal of Dairy Science**, vol. 65, p. 2373-2383, 1982.

KENNEDY, B. W., FINLEY, C. M., POLLAK, E. J., BRADFORD, G. E., Joint effects of parity, age, and season of kidding on milk and fat yields in dairy goats, **Journal of Dairy Science**, vol. 64, p. 1707-1712, 1981.

MACEDO, V. P., DAMASCENO, J. C., SANTOS, G. T., MANTINS, E. N., MACEDO, F. A. F. Comportamento da curva de lactação de cabras mestiças saanen em função da suplementação de concentrado e do sistema de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30:2093-2098, 2001.

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

MAVROGENIS, A.P., CONSTATINOU, A., LOUCA, A , Environmental and genetic causes of variation in production traits of Damascus goats. **Animal Production**, 38:99-104, 1984.

MCMANUS, C., GUTH, T.L.F., SAUERESSIG, M.G. Curvas de lactação em gado Holandês em confinamento total no DF. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 34, 1997, Juiz de Fora, MG, Anais...Juiz de Fora:SBZ, p.74-76,1997.

MOLINA, J.R., BOSCHINI, C. Adjustment of the dairy curve of a Holstein herd with a linear modal model. **Agron. Costarric.**, v.3, n2, p.167, 1979.

MONTALDO, H. SANCHEZ, F., Progreso genético para la producción de leche em cabras com selección masal y prueba de progenie en dos sistemas d explotación. In: **II do Congresso Nacional AZTECA**, Mazatlán, p.19, 1986.

MONTALDO, H., ALMANZA, A., JUÁREZ, A., Genetic group, age and season effects on lactation curve shape in goats, **Small Ruminant Research**, vol 24, p. 195-202, 1997.

MOURAD, M. Effects of month of kidding, parity and litter size on milk yield of Alpine goats in Egypt. **Small Ruminant Research**, v.8, p.41-46, 1992.

NELDER, J.A. Inverse polynomials a useful group of multi-factor response functions. **Biometrics**, v.22, n.1, p.128-141, 1966.

NETO, J.S., COX, M., SOUZA, F.B., ARRUDA, F.A.V., Modelo de Wood aplicado a curva de lactação de caprinos no estado do ceará, **XXXV Reuniao da SBZ**, Botucatu, SP, 1998.

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.

PEÑA BLANCO, F., VILCA, J. V., RODRIGUEZ, M. S., PEINADO, J. M., MARTINEZ, A. G., GARCIA, V. D., Producción láctea y ajuste de la curva de lactación en caprinos de raza florida, **Archivo Zootecnia**. vol. 48, p. 415-424, 1999.

PERIS, S., CAJA, G., SUCH, X., CASALS, R., FERRET, A., TORRE, C., Influence of kid rearing systems on milk composition and yield of murciano-granadina dairy goats, **Journal of Dairy Science** 80:3249-3255, 1997.

POSADAS, M. V., VALDENEGRO, H. M., Mejoramiento genetico de caprinos para la produccion de leche, In: **Simposium de reproduccion y genetica en caprinos productores de leche**, p. 23-33, Cuautitlan Izcalli, Estado de Mexico, 1991.

PRAKASH, C., ACHARYA, R. M., DHILLON J. S., Sources of variation in milk production in Beetal goats, **Indian Journal of Animal Science**, vol 41 (5), p. 356-360, 1971.

RABASCO, A.; SERRADILLA, J.M.; PADILLA, J.A.; SERRANO, A. Genetic and non-genetic sources of variation in yield and composition of milk in Verata goats. **Small Ruminant Research**, v.11, p.151-161, 1993.

RIBEIRO, M.N., ALBUQUERQUE, L.G., PIMENTA FILHO, E.C., Comparação de funções matemáticas no ajuste da curva de lactação de cabras mestiças no Cariri Paraibano. In: **Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia**, 34, Juiz de Fora, MG Anais, p. 272-274, 1997

RIBEIRO, M.N., Estudo dos efeitos genéticos e de ambiente sobre características de importância econômica em caprinos da raça Saanen. Jaboticabal, SP:FCAV, 1997. 119 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/ Universidade Estadual Paulista, 1997.

RIBEIRO, M.N., PIMENTA FILHO, E.C., Estudo de Efeitos Ambientais que influenciam na forma da Curva de Lactação de Cabras Mestiças no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.868-874, 1999.

RONNINGEN., K., A study of genetic parameters fo milk characteristics in goat, **Meld. Nor. Landbruskshogsk.** 46:1-17, 1967.

RUIZ, R., OREGUI, L. M., HERREROT, M., Comparison of models for describing the lactation curve of Laxa sheep and analysis of factors affecting milk yield, **Journal of Dairy Science**, vol. 83, p. 2709-2719, 2000.

RUVUNA, F., KOGI, J. K., TAYLOR, J. F., MKUU, S. M., Lactation curves among crosses of Galla and East African with toggenburg and anglo Nubian goats, **Small Ruminant Reserch**, vol. 16, p. 1-6, 1995.

SANDS, M., McDOWELL, R.E. The potential of the goat for milk production in the tropics, **Ithaca: Cornell University**, 39p., 1978.

SAS STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. 1999. **User's guide: Statistics**. Version 8.0, NC; SAS Institute, 1999.

SHERCHAND, L., McNEW, R. W., KELLOGG, D. W., JOHNSON, Z. B., Selection of a mathematical model to generate lactation curves using daily milk yields of Holstein cows, **Journal of Dairy Science**, vol. 78, p. 2507-2513, 1995.

SINGH, B. B., SINGH, B. P., Performances of jamnapari goats, **Indian Veterinarian**, vol. 51, p. 326-332, 1974.

SINGH, R. N., ACHARYA, R. M., BISWAS, D. K., Evaluation of genetic and non-genetic factors affecting some economic traits in goat, **Acta Agriculture Scandinavica**, vol. 20, 1970.

SINGH, R.P., GOPAL, R., Lactation curves analysis of buffaloes maintained under village conditions. **Indian Journal Animal Science**, v.52, n12, p.1157-1160, 1982.

SUBIRES, J., LARA, L., FERRANDO, G., BOZA, J., Factores que condicionan la productividad lechera de la cabra, numero de lactacion y tipo de parto, **Archivo Zootecnia.**, vol. 37, num. 138, p. 145, 1988.

TEKERLI, M., AKINCI, Z., DOGAN, I., AKCAN, A., Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows from the Balikesir Province of Turkey, **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1381-1386, 2000.

WIGGANS, G.R., Animal model evaluation of dairy goats for milk, fat, and protein yields with crossbred animals included, **Journal of Dairy Science**, 72(9):2411-6, 1989.

WIGGANS, G.R., SHOOK, G.E., A lactation measure of somatic cell count, **Journal of Dairy Science**, 70:2666-2672, 1987.

WILSON, R.T., MURAYI, T., Productivity of the small esast african goat and its crosses with the anglo-nubian and the alpine in rwanda, **Topics on Animal Health and Production**. 20:219-228, 1988.

WOOD, P.D.P., Algebraic model of the lactation curve in Cattle, **Nature**, 206:164-165, 1967.

ZENG, S.S.; ESCOBAR, E.N. Effect of parity and milk production on somatic cell count, standard plate count and composition of goat milk. **Small Ruminant Research**, v.17, p.269-274, 1995.

MODELOS ESTATÍSTICOS USADOS NO AJUSTE DE CURVAS DE LACTAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Na literatura são encontrados estudos comparando modelos estatísticos para o ajustamento de curvas de lactação. Diversos autores têm estudado essas funções, principalmente em bovinos (Cobby & Le Du, 1978; Shanks et al., 1981; Papajcsik & Boderó, 1988; Sherchand et al., 1995; Freitas et al., 1997; Gadini et al., 1998; Bueno et al., 1998; Cobuci et al., 2000; Vargas et al., 2000; Cobuci et al., 2001).

Modelos empíricos têm sido utilizados para simulação da lactação e para previsões de futuras produções (Gipson, 1989). Existe a necessidade de se avaliar quais modelos podem realmente fornecer melhor qualidade de informações para o ajustamento das curvas de lactação.

Tanto em caprinos como em bovinos, para a maioria das raças, pode-se caracterizar a curva de lactação por uma fase inicial de aumento do volume produzido até atingir-se um pico de produção e posterior redução gradual de leite produzido. Percebe-se então o delineamento de três momentos distintos durante a lactação. A correta determinação desses momentos fará com que a avaliação, tanto genética quanto produtiva, tenha maior efetividade.

A curva de lactação pode ser utilizada para se estudar a produção de leite individual ou de um rebanho e de sua composição, bem como para obter medidas de composição de leite ajustada para o estágio de lactação (Fuertes et al., 1998). Esse conhecimento permite prever a produção total por meio de uma informação de produção (Gipson & Grossman, 1989). Dessa forma, o produtor pode tomar decisões baseadas em produções no início da lactação, além de identificar problemas como mastite subclínica, através de uma abrupta redução na produção. Outra vantagem é a possibilidade de um melhor manejo reprodutivo dos animais em lactação (Wood, 1980; Mcmanus et al., 1997), uma vez que podem ser estipuladas épocas de acasalamento para aumentar a produção utilizando informações do pico de produção.

A finalidade do modelo é prever a produção de leite da cabra em qualquer dia da lactação com o mínimo de erro possível, considerando nessa estimativa as variações ambientais (Fernandez et al., 2002; Papajcsik & Boderó, 1988).

Na literatura, o modelo mais comumente utilizado para a estimativa de curvas de lactação é a função gama incompleta proposta por Wood (1967), que tem proporcionado bom ajuste em alguns estudos.

Muitas variações ocorridas na utilização da função gama incompleta decorrem de problemas biológicos. Um exemplo é a queda abrupta da produção depois do pico devido a uma nutrição inadequada, segundo Casoli et al. (1989) e Gargouri et al. (1992), citados por Cappio-Borlino et al. (1995).

Mesmo com a ampla utilização dessa função ocorrem variações e falhas nas estimativas dos parâmetros da curva e na definição final do formato, sendo necessário estudar novas formas de ajuste para as lactações. Além dos problemas de estimação dos parâmetros, muitas variações existem em função da espécie e raça, que apresentam diferentes potenciais de produção, demonstrando que um único modelo não é capaz de explicar tantas variações. Torna-se fundamental estudar outros modelos que venham caracterizar melhor essas diferenças, a fim de proporcionar um adequado ajuste da curva de lactação.

Os resultados de estudos de funções para ajuste da curva podem ser usados em modelos bioeconômicos, para determinar estratégias de acasalamento tanto para vacas quanto para cabras (Vargas et al., 2000).

Dentre os aspectos da curva de lactação – momentos que existem na produção de leite – a persistência do pico de lactação talvez seja um dos principais componentes, sendo definida como a capacidade de o pico de produção se manter (Freitas et al., 1997); além de ela definir a forma da curva de lactação, possui importância econômica, pois os animais com lactações mais persistentes tendem a produzir maior quantidade de leite.

Conhecendo-se a curva de lactação, é possível fazer teste de progênie e selecionar os animais mais produtivos precocemente, em função da produção total estimada, usando-se controles parciais ou incompletos. Dessa maneira, pode-se

aumentar o número de filhas avaliadas de um reprodutor, uma vez que não será mais necessário esperar o término da lactação para se conhecer a produção total.

O objetivo deste estudo foi comparar modelos matemáticos para o ajuste da curva de lactação em caprinos leiteiros.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste estudo foram provenientes do rebanho do setor de caprinocultura da Universidade Federal de Viçosa, localizado na cidade de Viçosa, a uma altitude média de 649 m, a 20°45' de latitude sul e 42° 52' de longitude oeste, na Zona da Mata mineira.

Os animais foram mantidos confinados em baias coletivas sob o sistema de estabulação livre (*free stall*). As baias foram de dois tipos: em pilotis elevado com piso de madeira (ripado) e outras em piso de areia com cobertura de material orgânico, como palha de café e cepilha de madeira. A alimentação foi constituída de silagem de milho e feno como base volumosa e de mistura concentrada fornecida em função da necessidade dos animais, de acordo com o Agricultural and Food Research Council – AFRC (1993). O sistema de ordenha foi mecânico e efetuado duas vezes ao dia.

O controle leiteiro no capril da Universidade Federal de Viçosa foi feito semanalmente e amostras de leite foram enviadas mensalmente para o Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite (CNPGL) para análise dos constituintes do leite. As raças foram Saanen e Alpina.

Os dados utilizados foram coletados no período de 2000 a 2003. Optou-se por estudar apenas até a quarta lactação, em razão do pequeno volume de informações existentes para as demais.

Com o objetivo de melhorar a qualidade das informações e a consistência das análises, algumas restrições e eliminações foram efetuadas nas observações dos animais. Foram excluídas lactações em que o primeiro controle só foi efetuado em tempo igual ou superior a 35 dias após o parto. Intervalos sem controle de leite foram permitidos em no máximo 21 dias, que corresponde a praticamente três ausências na pesagem do leite. Animais com lactações muito curtas, abaixo de 80 dias, também foram eliminados, por não representarem uma fração significativa no conjunto de dados. Os controles leiteiros superiores a 52 semanas de produção foram eliminados, em razão de não representarem comportamento normal de produção. Após as

restrições foram utilizados 23.502 registros de produção de leite, para estudo dos modelos no ajuste da curva de lactação.

Nos estudos dos modelos de ajuste da curva, “Y” representa a produção de leite; “a”, “b”, “c” e “d” são parâmetros a serem estimados; e “t” é o período de tempo após o parto (em semanas) em que foi medida a produção de leite. Embora os símbolos usados para representar os parâmetros das diferentes funções sejam os mesmos, eles não têm necessariamente a mesma interpretação ou significado. Os parâmetros foram estimados utilizando os modelos da Tabela 3.

Tabela 3 – Modelos utilizados por alguns autores no ajuste da curva de lactação para bovinos, caprinos e ovinos

	Modelos	Autor
1	$Y = ae^{bt} - ae^{-ct}$	Brody et al. (1924)
2	$Y = ae^{(bt-ct^2)}$	Sikka (1950)
3	$Y = t / a + bt + ct^2$	Nelder (1966)
4	$Y = at^b e^{-ct}$	Wood (1967)
5*	$Y = \ln(a) + b \ln(t) - ct$	Wood (1967)
6	$Y = a + bt - ct^2$	Dave (1971)
7	$Y = a - bt - ae^{-ct}$	Cobby & Le Du (1978)
8	$Y = a - bt + c \ln(t)$	Singh & Gopal (1982)
9	$Y = at^{bc} e^{-ct}$	Dhanoa (1981)
10	$Y = ate^{-ct}$	Papajcsik & Boderó (1988)
11**	$Y = ae^{(bt'-ct'+d/t)}$	Morant & Gnanasakthy (1989)
12	$Y = at^{be(-ct)}$	Cappio-Borlino et al. (1995)

* - linearizado

** - $t' = (t-150)/100$

No ajuste das curvas de lactação médias do rebanho e individuais, foram estimados os parâmetros das regressões lineares e não-lineares pelo procedimento NLIN, usando o método modificado de Gauss-Newton (SAS, 1999). Este método, por ser iterativo, necessita de valores iniciais para iniciar o processo de minimização da soma de quadrados do erro. Dessa forma foram utilizados chutes iniciais, até que se atingisse um intervalo suficiente para que o programa efetuasse o cálculo.

Para a escolha do melhor modelo utilizou-se o gráfico de distribuição de resíduo, dos desvios médios dos resíduos (DMA) e do quadrado médio dos resíduos (QMR). O quadrado médio dos resíduos foi corrigido dividindo-se a soma de quadrados do resíduo, obtido pelo SAS[®], pelo número de observações, sendo uma estimativa de máxima verossimilhança. Esse procedimento foi feito para que se pudesse comparar o QMR dos diferentes modelos, em razão da existência de um modelo com números diferentes de parâmetros (Sarmento et al., 2003).

Os modelos foram também comparados por meio do coeficiente de determinação corrigido para o número de parâmetros do modelo. A razão de utilizar o coeficiente corrigido se deve ao fato de que, quanto maior o número de parâmetros do modelo, menor o grau de liberdade do resíduo e, em consequência, há aumento da soma de quadrados do modelo de regressão. Draper & Smith (1981) propõem a seguinte fórmula:

$$R_{ajust}^2 = \frac{(n-1)R^2 - p}{n - p - 1}$$

em que:

R^2_{ajust} = coeficiente de determinação ajustado;

p = número de parâmetros do modelo;

n = número de observações; e

R^2 = coeficiente de determinação.

Os modelos foram escolhidos baseando-se nos valores de QMR e DMA. Foi também utilizado o gráfico de distribuição de resíduo conjuntamente. Aquele que apresentou os melhores valores e conseguiu caracterizar bem a curva de lactação do rebanho foi usado no teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear (Regazzi, 2003), bem como para verificar se uma

única curva de lactação seria adequada para descrever todas as quatro ordens de lactações estudadas e as variações existentes para raça dentro de cada lactação. Foi testado então se os parâmetros das curvas para cada lactação e para cada raça eram iguais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4 estão apresentados os coeficientes de determinação para os diversos modelos estudados, o valor do resíduo médio (DMA) e o quadrado médio do resíduo (QMR).

Tabela 4 – Modelos utilizados no ajuste da curva de lactação e respectivos coeficientes de determinação, desvio médio do resíduo (DMA) e quadrado médio do resíduo (QMR)

	Modelo	R ²	DMA	QMR
1	$Y = ae^{bt} - ae^{-ct}$	0,391	0,087	0,949
2	$Y = ae^{(bt-ct^2)}$	0,386	1,588	0,953
3	$Y = t / a + bt + ct^2$	0,394	0,063	0,946
4	$Y = at^b e^{-ct}$	0,389	0,102	0,951
5	$Y = \ln(a) + b \ln(t) - ct$	0,382	0,127	0,957
6	$Y = a + bt - ct^2$	0,387	0,076	0,953
7	$Y = a - bt - ae^{-ct}$	0,382	2,480	7,129
8	$Y = a - bt + c \ln(t)$	0,382	0,137	0,957
9	$Y = at^{bc} e^{-ct}$	0,389	0,102	0,951
10	$Y = ate^{-ct}$	0,267	1,847	1,225
11	$Y = ae^{(bt'-ct'+d/t)}$	0,395	0,050	0,945
12	$Y = at^{be(-ct)}$	0,378	0,100	0,960

Os valores para o coeficiente de determinação assemelham-se aos encontrados por Mcmanus (1997), mas estão abaixo do encontrado na literatura (Ribeiro et al., 1997). Esse fato pode ser explicado pela utilização do controle individual para a estimativa dos parâmetros e não apenas da média encontrada por período, que elimina a variação das informações. Os valores de R² encontrados na literatura são, portanto, próximos de 100%, mesmo havendo uma enorme discrepância entre os valores observados e preditos (Regazzi, 2003). Segundo

Ratkowsky (1990), citado por (Regazzi, 2003), o R^2 não tem nenhum significado óbvio para modelos de regressão não-linear como único critério de seleção.

Como o DMA está diretamente ligado à qualidade de ajuste, verificou-se serem adequados valores menores que 0,100 para ser mais rigoroso nesse critério de escolha.

Os modelos 2, 7 e 10 não se ajustaram aos dados, com valores de DMA e QMR extremamente discrepantes. Para todas as características analisadas essas equações se mostraram inadequadas no ajuste de curvas de lactação para caprinos.

Os modelos que apresentaram melhor comportamento para o ajuste da curva média da produção de leite foram os modelos 1 (Brody et al., 1924), 3 (Nelder, 1966), 6 (Dave, 1971), 11 (Morant & Gnanasakthy, 1989) e 12 (Cappio-Borlino et al., 1995). Nas Figuras 1 a 6 estão apresentados os gráficos de dispersão das médias dos resíduos e a curva estimada e observada para cinco modelos. Na Tabela 5 observam-se os valores encontrados para os parâmetros dessas funções. Para cada função testada, os valores dos parâmetros possuem significados diferentes, não implicando problemas de interpretação para os valores encontrados em cada modelo.

Tabela 5 – Valores encontrados para os parâmetros das equações 1, 3, 6, 11 e 12

Modelos		Parâmetros			
		a	b	c	d
1	$Y = ae^{bt} - ae^{-ct}$	2,9272	0,0151	1,1798	-
3	$Y = t / a + bt + ct^2$	0,1873	0,2907	0,00825	-
6	$Y = a + bt - ct^2$	2,8322	-0,0386	-0,00022	-
11	$Y = ae^{(bt'-ct'+d/t)}$	7,8945	3,8113	2,1714	-0,5092
12	$Y = at^{be(-ct)}$	1,6328	0,5094	0,0912	-

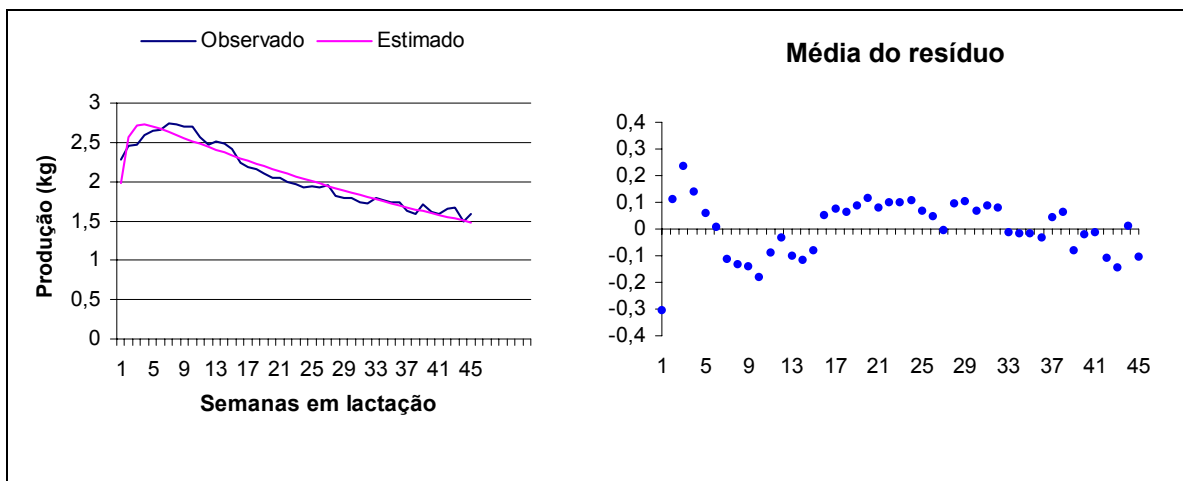


Figura 1 – Curva de lactação estimada e observada e resíduo para o modelo 1 (Brody et al., 1924).

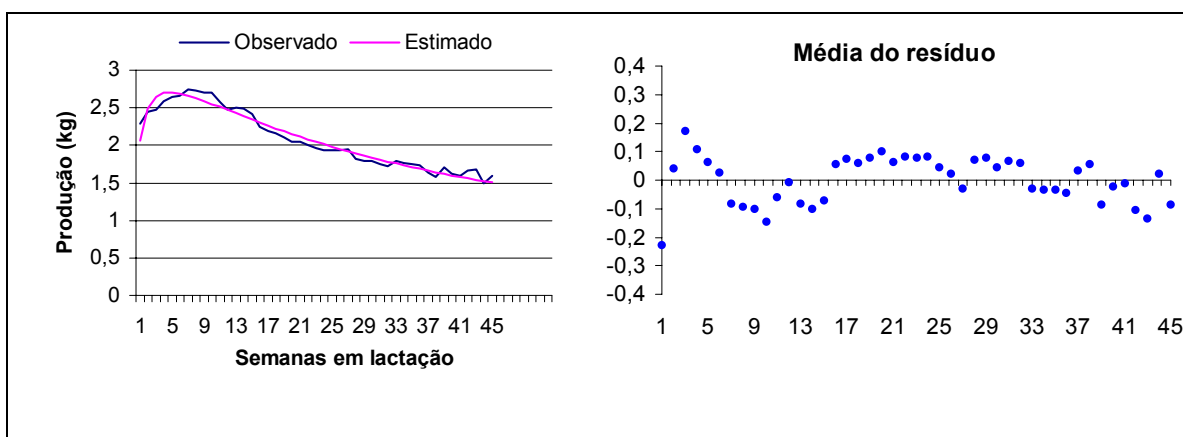


Figura 2 – Curva de lactação estimada e observada e resíduo para o modelo 3 (Nelder, 1966).

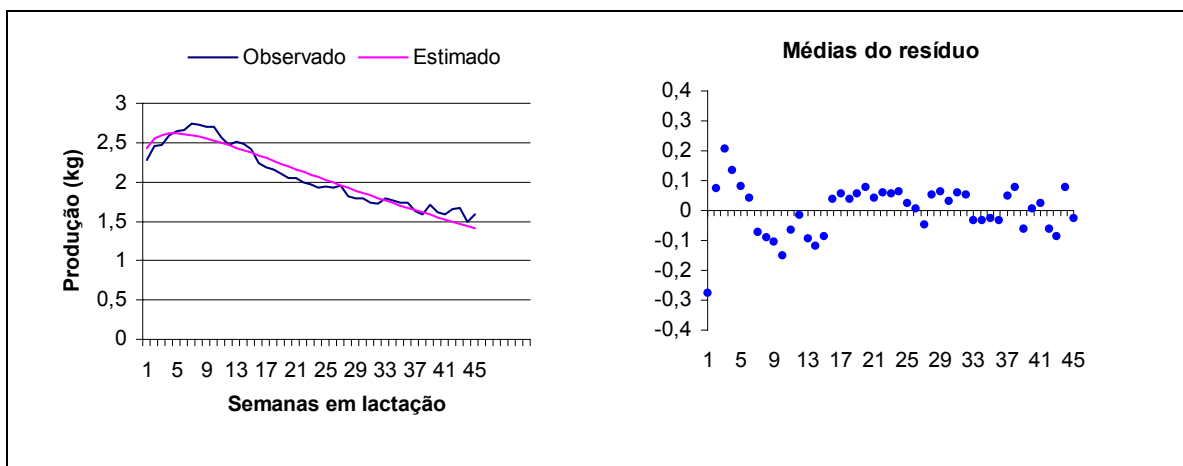


Figura 3 – Curva de lactação estimada e observada e resíduo para o modelo 4 (Wood, 1967).

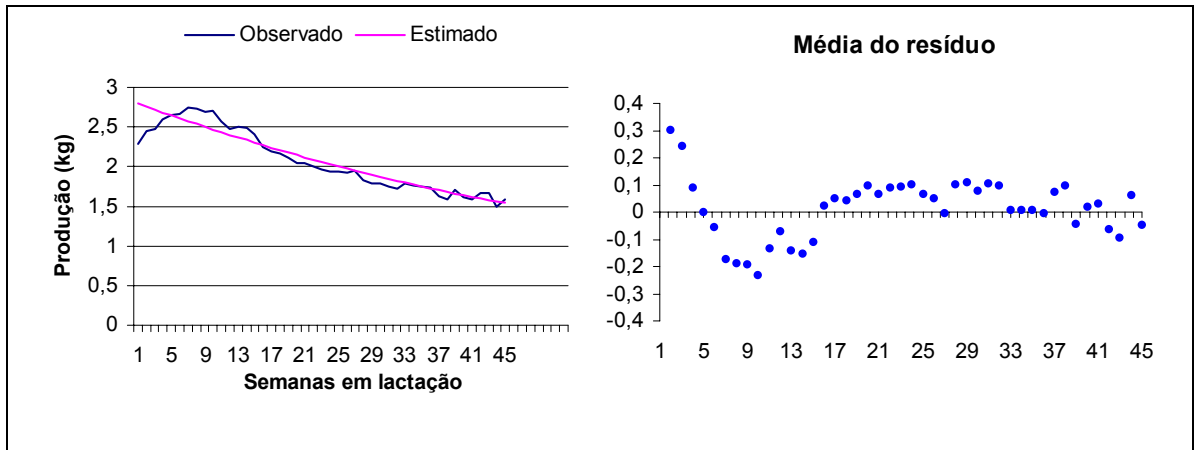


Figura 4 – Curva de lactação estimada e observada e resíduo para o modelo 6 (Dave, 1971).

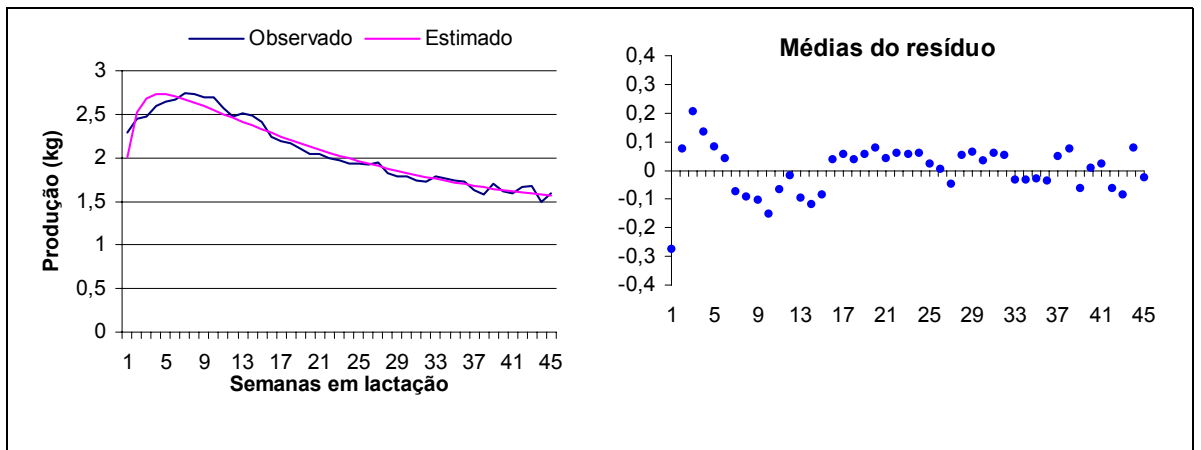


Figura 5 – Curva de lactação estimada e observada e resíduo para o modelo 11 (Morant & Gnanasakthy, 1989).

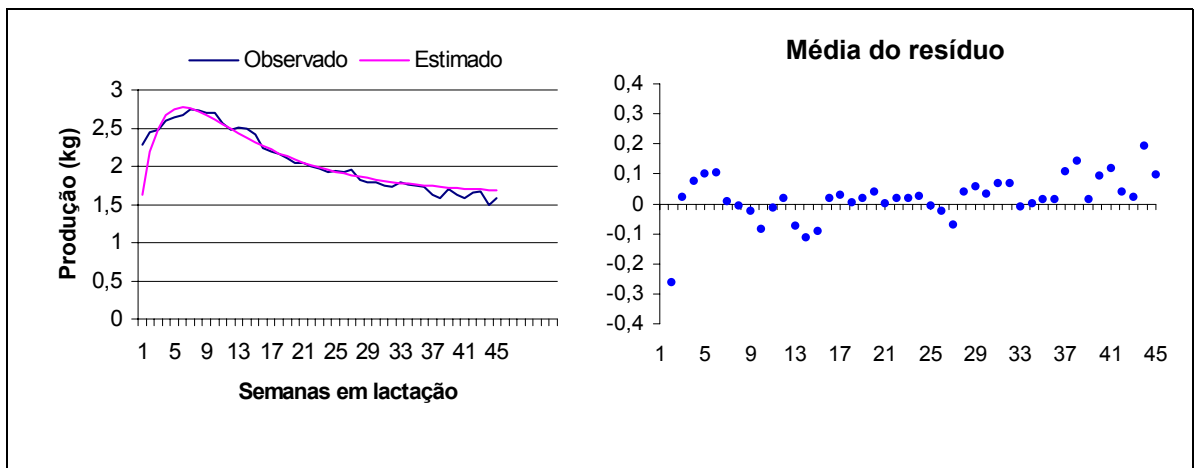


Figura 6 – Curva de lactação estimada e observada e resíduo para o modelo 12 (Cappio-Borlino, 1995).

Para os modelos citados anteriormente, mesmo tendo existido um bom ajuste, ocorreram variações na estimação tanto no início quanto no final da lactação. Os resultados são semelhantes aos encontrados por Ribeiro et al. (1995), que verificaram subestimação e superestimação para produção em diversos segmentos da curva.

O modelo 11 (Morant & Gnanasakthy, 1989) proporcionou o melhor coeficiente de determinação, menor resíduo médio e, conseqüentemente, o melhor ajuste para a produção média. Contudo, para lactações individuais ele não foi eficiente. Semelhante resultado foi encontrado por Andonov & Dzabirsk (2000). Esse fato reforça a necessidade de se efetuar uma análise baseada em mais de um fator de comparação e não somente pelo R^2 ou DMA.

A função de Wood (1967), apesar de ser vastamente indicada e analisada em literatura (Kellogg, 1977; Madalena, 1979; Wood, 1980), não teve bom ajuste, pois não conseguiu determinar satisfatoriamente o pico de produção. Entretanto, Neto et al. (1998) relataram um bom ajuste desta função para animais Saanen e Anglo Nubiano.

O modelo proposto por Cappio-Borlino et al. (1995), modelo 12, também apresentou um bom ajuste para a curva de lactação. Contudo, subestimou significativamente a produção inicial. Esse fato pode ser atribuído à característica do modelo, que, segundo os autores, tenta resolver o problema da estimação dos primeiros dias, quando existem poucos registros de informações.

A função de Nelder (1966), modelo 3, ajustou satisfatoriamente toda a curva de lactação, apresentando maior variação no final da lactação, com valores abaixo do observado. Resultado semelhante foi encontrado por Peña Blanco et al. (1999), com relação ao tempo da estimativa de pico de produção. O tempo estimado necessário para se atingir o pico de lactação foi de quatro semanas, concordando com Cobby & Le Du (1978), Gipson (1992) e Fernandez et al. (2002).

Tem-se na função de Nelder que o parâmetro “a” representa a taxa de crescimento da curva até o pico de produção, “b” é a inclinação média da curva de lactação e “c” é a inclinação na fase de declínio. Para a estimativa do pico de

produção utiliza-se a fórmula $Y_{\max} = \frac{1}{2\sqrt{ac} + b}$, e o tempo para se atingir o pico pode ser encontrado usando a equação $t_{\max} = \sqrt{\frac{a}{c}}$. Foi estimado, então, um pico de 2,69 kg em 3,8 semanas ou 27 dias. O modelo subestimou a produção no final da lactação, e, no período de menor produção ou na fase final da curva, houve compensação positiva dos animais que tiveram uma produção alta e constante durante toda a lactação, elevando a média final do rebanho.

Com base nas informações das Figuras 1 a 5 e da Tabela 4, o modelo de Nelder (1966) foi o que apresentou o melhor ajuste ao longo da lactação. A importância de estimar os parâmetros da curva é verificar quais fatores estão atuando diretamente em cada um deles e estudar a possibilidade de seleção para o parâmetro de maior relevância na produção de leite.

Com o teste de identidade de modelos (Tabela 6), foram encontradas diferenças entre os parâmetros para as duas raças, além de variações destes para as diferentes lactações, exceto para o parâmetro “a” na avaliação de raça, em que não houve diferença. Para todos os outros parâmetros foi encontrada diferença estatística nas características avaliadas. Esses resultados mostram as interferências existentes na estimação e determinação de um único modelo na estimativa da curva de lactação. Entretanto, fica pouco prático utilizar – para cada uma das variáveis, como ano de parto, tipo de parto, raça ou ordem de lactação – uma equação que melhor se ajusta a cada uma delas. A fim de facilitar o estudo, deve-se considerar uma única curva média que melhor descreva o comportamento das lactações, bem como das outras variáveis.

Tabela 6 – Resumo do teste de igualdade de parâmetros e identidade de modelos para curva de lactação de cabras, combinando a ordem de lactação aplicada ao modelo de Nelder (1966)

Hipótese	GL	Lactações		Raças	
		$\chi^2_{\text{calculado}}$	Valor-p $P(\chi^2_v > \chi^2_{\text{calculado}})$	$\chi^2_{\text{calculado}}$	Valor-p $P(\chi^2_v > \chi^2_{\text{calculado}})$
$H_0^{(1)}: a_1 = a_2 = a_3 = a_4 = a$	1	5,034218	0,0248	0	1
$H_0^{(2)}: b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = b$	1	33,14013	P<0,01	17,48	P<0,01
$H_0^{(3)}: c_1 = c_2 = c_3 = c_4 = c$	1	318,2843	P<0,01	6,00	P<0,01

Na Tabela 7 encontram-se as correlações entre produção de leite e entre parâmetros obtidos usando o modelo 3. A correlação foi alta e negativa entre o parâmetro “c” e a produção de leite, indicando que, quanto menor a inclinação da curva na fase final da lactação, maior será a produção de leite. O mesmo acontece com o parâmetro “b”, sugerindo que os animais que atingem o pico de produção muito rápido não conseguem ter uma produção constante durante toda a lactação. Houve também correlação negativa entre os parâmetros “b” e ”c”, indicando que animais com maior persistência tendem a ter um pico mais tarde e menos pronunciado.

O parâmetro “a” teve correlação negativa com a produção total de leite, uma vez que a taxa de crescimento até o pico influencia o desempenho produtivo do animal ao longo da lactação. Entretanto, foi negativamente correlacionado com “b”, indicando que uma seleção para um rápido aumento da produção de leite e taxa de crescimento até o pico implicará uma menor inclinação da curva.

Tabela 7 – Correlações de Pearson entre os parâmetros da curva de lactação do modelo 3 e produção de leite

	PLT	a	b	c
PLT	1	-0,11	-0,20	-0,59
a		1	-0,37	0,15
b			1	-0,28
c				1

PLT – Produção de leite total.

“a”, ”b” e ”c” são parâmetros do modelo 3 (Nelder, 1966).

4. CONCLUSÕES

Dentre os modelos avaliados, o proposto por Nelder (1966) foi o que melhor se ajustou à curva de lactação aos dados em estudo. Com este modelo obtiveram-se uma boa estimativa de desvio médio (DMA) e uma menor dispersão no gráfico de resíduos. A definição de pelo menos dois critérios na escolha dos modelos mostrou-se adequada, tendo em vista a proximidade das estimativas para cada equação, com falsa indicação de ajuste para alguns modelos.

Foram observadas também, diferenças entre os parâmetros do modelo escolhido para as diferentes lactações e raças; todavia, a utilização de uma única curva estimada garante maior facilidade na avaliação produtiva, apesar do erro decorrente dessa aproximação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. Wallingford, UK: CAB International, 159p, 1993.
- ANDONOV, S., DZABIRSKI, V., SRBINOVSKA, S., Selection of dairy goats by using lactation curve model, In: **International Conference on Goats**, 7., Tours; 2000. Proceedings...Ivry-sur-seine: Institut de L'Elevage et INRA.2v. 1049p. v.2, 2000.
- BRODY, S., RAGSDALE, A.C., TURNER, C.W. The relation between the initial rise and the subsequent decline of milk secretion following parturition. **J. Gen. Physiol.**, v.6, p.541-545, 1924.
- BUENO, J.H., OLIVEIRA, A.I.G., CONÇALVES, T.M., TEIXEIRA, N.M., Estudo da curva de lactação em rebanhos da raça Holandesa no estado de Minas Gerais, In.: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 35. Anais. Botucatu: **SBZ,1998**. ... Anais. Botucatu: SBZ, 1998.
- CAPPIO-BORLINO, A., PULINA, G., ROSSI, G., A non-linear modification of Wood's equation fitted to lactation curves of Sardinian dairy ewes, *Small Ruminant Research*, v.18, p.75-79, 1995.
- COBBY, J.M., LE DU, Y.L.P. On fitting curves to lactation data. **Animal Production**, v.26, n.2, p.127-133, 1978.
- COBUCCI, J.A., EUCLYDES, R.F., VERNEQUE, R. S., TEODORO, R. L., LOPES, P.S., SILVA, M.A., Curva de lactação na raça Guzerá, **Rev. bras. zootec.**, 29(5):1332-1339, 2000.
- COBUCCI, J.A., EUCLYDES, R.F., VERNEQUE, R. S., TEODORO, R. L., LOPES, P.S., SILVA, M.A., Aspectos genéticos e ambientais da curva de lactação de vacas da raça Guzerá, **Rev. bras. zootec.**,30(40):1204-1211, 2001.

- DAVE, B.K. First lactation curve of Indian water buffalo. **JNKVV Res. J.**, v.5, p.93, 1971.
- DHANOVA, M.S. A note on an alternative form of the lactation model of Wood. **Animal Production**, v.32, p.342, 1981.
- DRAPER, N.M., SMITH, H., Applied Regression Analysis. 2^a ed., New York, Wiley, 1981.
- FERNÁNDEZ, C., SANCHEZ, A., GARCÉS, C., Modeling the lactation curve for test-day milk yield in murciano-granadina goats, **Small Ruminant Research**, vol. 46, p. 29-41, 2002.
- FREITAS, M. A.R., FARO, L., GADINI, C.H., Estudo da persistência da lactação de vacas da raça Holandesa, Anais da XXXIV Reunião da SBZ, Juiz de Fora, MG, 1997.
- FUERTES, J.A., GONZALO, C., CARRIEDO, J.A., SAN PRIMITIVO, F., Parametres of test day milk yield and milk componentes for dairy ewes, **Journal of Dairy Science** 81:1300-1307, 1998.
- GADINI, C.H., FARO, L., FREITAS, M.A. R., Seleção para produção de leite pela curva de lactação de vacas mestiças. , In.: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 35. Anais. Botucatu: **SBZ,1998**. ... Anais. Botucatu: SBZ, 1998.
- GIPSON, T. A., GROSSMAN, M., Diphasic Analysis of lactation curves in dairy goats, **Journal of Dairy Science**, vol 72, p. 1035-1044, 1989.
- GIPSON, T. A., GROSSMAN, M. Lactation curves in dairy goats: a review. **Small Ruminant Research**, v.3, p.383-396, 1990.
- KELLOGG, D.W., URQUHART, N.S., ORTEGA, A.J., Estimating Holstein lactation curves with a gamma curve. **Journal of Dairy Science**, v.60, n.8, p.1308-1315, 1977.
- MADALENA, F.E., MARTINEZ, M.L., FREITAS, A.F. Lactation curves of Hostein-Friesian and Holstein-Friesian x Gir cows. **Animal Production.**, v.29, p. 101-107, 1979.

- MCMANUS, C., GUTH, T.L.F., SAUERESSIG, M.G. Curvas de lactação em gado Holandês em confinamento total no DF. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 34, 1997, Juiz de Fora, MG, Anais...Juiz de Fora:SBZ, p.74-76,1997.
- MORANT, S.V. GNANASAKTHY, A., A new approach to the mathematical formulation of lactations curves, *Animal Production*, v.49, p. 151-162, 1989.
- NELDER, J.A. Inverse polynomials a useful group of multi-factor response functions. **Biometrics**, v.22, n.1, p.128-141, 1966.
- SOUZA NETO, J.S., COX, M., SOUZA, F.B., ARRUDA, F.A.V., Modelo de Wood aplicado a curva de lactação de caprinos no estado do ceará, **XXXV Reuniao da SBZ**, Botucatu, SP, 1998.
- PAPAJCSIK, I.A., BODERO, J. Modeling laactation curves of Friesian cow in a subtropical climate. **Animal Production**, v.47, n.2, p.201-207, 1988.
- PEÑA BLANCO, F., VILCA, J. V., RODRIGUEZ, M. S., PEINADO, J. M., MARTINEZ, A. G., GARCIA, V. D., Producción láctea y ajuste de la curva de lactación en caprinos de raza florida, **Archivo Zootecnia**. vol. 48, p. 415-424, 1999.
- REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. *Revista Ceres*, 2003.
- RIBEIRO, M.N., ALBUQUERQUE, L.G., PIMENTA FILHO, E.C., Comparação de funções matemáticas no ajuste da curva de lactação de cabras mestiças no Cariri Paraibano. In: **Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia**, 34, Juiz de Fora, MG Anais, p. 272-274, 1997.
- RIBEIRO, M.N., FARO, L., PIMENTA FILHO, E.C., ALBURQUERQUE, L.G., Estudo de funções polinomiais no ajuste da curva de lactação de cabras mestiças no Cariri Paraibano, In.: **Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia**, 35. Anais. Botucatú: **SBZ**,1998. ... Anais. Botucatú: SBZ, 1998.

- SARMENTO, J.L.R., TORRES, L.A., SOUZA, W.H., BREDA, F.C., COBUCCI, J.A., FREITAS, M.S., ARAÚJO, C.V. Comparação de modelos de regressão não-linear no ajuste da curva de crescimento de ovinos santa Inês. In.: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 40. Anais. Santa Maria: **SBZ, 2003**. Anais. Santa Maria: SBZ, 2003.
- SAS STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. 1999. **User's guide: Statistics**. Version 8.0, NC; SAS Institute, 1999.
- SHANKS, R. D., BERGER, P. J., FREEMAN, A. E., DICKINSON, F. N., Genetic aspects of lactation curves, **Journal of Dairy Science**, vol. 64, p. 1852-1860, 1981.
- SHERCHAND, L., McNEW, R. W., KELLOGG, D. W., JOHNSON, Z. B., Selection of a mathematical model to generate lactation curves using daily milk yields of Holstein cows, **Journal of Dairy Science**, vol. 78, p. 2507-2513, 1995.
- SIKKA, L.C., A study of lactation as effected by breeding and environment. **J. Dairy Res.**, v.17, n.3, p.231-252, 1950.
- SINGH, R.P., GOPAL, R., Lactation curves analysis of buffaloes maintained under village conditions. **Indian Journal Animal Science**, v.52, n12, p.1157-1160, 1982.
- VARGAS, B., KOOPS, W.J., HERRERO, M., Van ARENDONK, J.A.M., Modeling extended lactations of dairy cows, **Journal of Dairy Science**, v.83, 1371-1380, 2000.
- WOOD, P.D.P., Algebraic model of the lactation curve in Cattle, **Nature**, 206:164-165, 1967.

FATORES DE AMBIENTE QUE INFLUENCIAM A FORMA DA CURVA DE LACTAÇÃO E A COMPOSIÇÃO DE LEITE

1. INTRODUÇÃO

Há dois importantes fatores de meio ambiente que interferem na produção e composição do leite. O primeiro é o fotoperíodo, que, na Região Sudeste, determina a característica poliestral estacional dos animais. Essa estacionalidade ocorre com a redução do período luminoso diário, que coincide com o outono. Nesse período os animais entram em fase reprodutiva. Em condições normais, dependendo da época em que o animal nasce, ele só terá a oportunidade de entrar em período de reprodução em seu segundo ano de vida, pois a época de maturação sexual não coincidirá com a estação reprodutiva (Gonçalves, 1996; Macciotta et al., 1999).

Além do fotoperíodo, existem também os fatores nutricionais, que têm uma interferência semelhante. Nas épocas de abundância de alimentos o *status* nutricional do animal melhora, existindo uma condição fisiológica favorável ao desenvolvimento reprodutivo e melhoria da capacidade produtiva. Coincide, normalmente, com os períodos de chuva, em que os pastos crescem e existe oferta de forragem em quantidade e qualidade. Dessa forma, a alimentação influencia diretamente a produção e composição de leite (Cappio-Borlino et al., 1997). Esse fato em particular é bem caracterizado quando se trabalha com animais criados extensivamente. As variações climáticas ao longo do ano determinam períodos de melhor oferta de alimentos e conseqüente melhoria na condição nutricional do animal.

Nesse contexto, fatores que interferem na curva de lactação têm sido o objetivo de inúmeros estudos e têm se mostrado dominantes na caracterização desta (Shanks et al., 1981). Os efeitos ambientais, como idade da cabra e época de parto, devem ser ajustados apropriadamente para que as avaliações genéticas sejam mais precisas (Wiggans, 1992).

A produção de leite é influenciada pelo mês, ano, idade ao parto, raça e tipo de parto (Boichard et al., 1989). Conseqüentemente, ocorre alteração nos constituintes do leite, que em alguns casos recebem maior atenção que a produção total. Essa importância depende da finalidade a que a produção dos animais é destinada. Para a produção de derivados do leite, torna-se mais importante o percentual de gordura, lactose e proteína do que necessariamente o volume de leite produzido. Assim, a quantificação dos efeitos de fatores externos possibilita um manejo direcionado à melhoria da produção de leite e uma redução do impacto sobre as características físico-químicas (constituintes).

Outro fator que merece atenção é a duração da lactação. Em alguns casos, é responsável por quase 58% da variação na produção total de leite (Iloeje & Van Vleck, 1978). A forma da curva de lactação que é alterada com as variações ambientais tem forte impacto na produção de leite, uma vez que os parâmetros que definem esta curva são modificados pelo ambiente. Toda e qualquer modificação ocorrida nos parâmetros da curva de lactação será responsável pelas alterações de produção e constituintes do leite.

No Brasil, devido à extensão territorial, a variação climática é grande, razão pela qual o ambiente imprime uma variação na resposta produtiva dos animais. Diferentes regiões, com o mesmo tipo de criação e animais, podem apresentar variações consideráveis na capacidade de produção. Aliado a isso, existe uma grande diversidade de raças, o que determina uma variação no potencial produtivo dos animais.

Os fatores ambientais criam uma grande variação na curva de lactação dos animais brasileiros, dificultando a definição de programas de manejo e melhoramento genéticos adequados, pois no conjunto de informações existentes essas interferências criam erros que atrapalham no momento da tomada de decisão.

Objetivou-se, portanto, estudar as influências dos fatores ambientais no comportamento da curva de lactação de caprinos leiteiros e determinar aqueles que causam maior impacto na produção, possibilitando ao produtor ações que diminuam ou aproveitem essas interferências.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram provenientes do setor de caprinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. O setor localiza-se na cidade de Viçosa, a uma altitude de 649 m, a 20°45' de latitude sul e 42° 52' de longitude oeste, na Zona da Mata mineira.

Os animais foram mantidos confinados em baias coletivas, em sistema de estabulação livre (*free stall*). As baias são de dois tipos: em pilotis elevado com piso de madeira (ripado) e outras em piso de areia com cobertura de material orgânico, como palha de café e cepilha de madeira. A alimentação foi constituída de silagem de milho e feno como base volumosa, e a mistura concentrada foi fornecida em função da necessidade dos animais, de acordo com o AFRC (1993). O sistema de ordenha foi mecânico e efetuado duas vezes ao dia.

O controle leiteiro no capril da Universidade Federal de Viçosa foi feito semanalmente, com o envio de amostras de leite mensalmente ao CNPGL, para análise dos constituintes do leite. As raças predominantes foram Saanen e Alpina.

Para a consistência dos dados, foram excluídas lactações em que o primeiro controle só foi efetuado em tempo igual ou superior a 35 dias após o parto. Os intervalos sem controle de leite permitidos foram de no máximo 21 dias, que corresponde a praticamente três ausências na pesagem do leite. Lactações muito curtas, abaixo de 80 dias, também foram eliminadas, por não representarem uma fração significativa.

Foram utilizados controles dos anos de 2000 a 2003 de produção de leite, porcentagem de gordura, proteína, lactose e extrato seco (ES) e contagem de células somáticas. Após a consistência, utilizou-se um total de 23.502 registros de controles leiteiros; destes, existiam 6.396 com valores de porcentagem de gordura, 6.350 com porcentagem de proteína, 6.018 com CCS, 6.345 com lactose e 6.350 com extrato seco, totalizando aproximadamente 26% dos controles leiteiros com análises dos constituintes do leite.

Optou-se por estudar apenas até a quarta lactação, por causa do pequeno número de informações existentes para as posteriores. O número de crias ao parto foi estudado como partos simples e múltiplos (superior a duas crias).

Os animais foram classificados em cinco idades: até 1,5 ano, entre 1,5 e 2,5; 2,5 e 3,5; 3,5 e 4,5; e acima de 4,5.

Na análise estatística dos efeitos de meio ambiente sobre as características de produção de leite, porcentagem de gordura, proteína, lactose e extrato seco e contagem de células somáticas, foi empregado o método dos quadrados mínimos, pelo procedimento GLM do SAS. O modelo estatístico usado para verificar quais fatores de ambiente poderiam influenciar a forma da curva de lactação foi o seguinte:

$$Y_{ijklm} = \mu + R_i + A_j + M_k + I_l + T_m + b_1(DL_{ijklm} - \overline{DL}) + \varepsilon_{ijklm}$$

em que:

Y_{ijkl} = observação (produção de leite total, parâmetros “a” “b” e “c” segundo o modelo de Nelder (1966) e constituintes do leite);

μ = constante comum a todas as observações;

R_i = efeito da raça i ($i=1$: Alpina e 2 : Saanen);

A_j = efeito do ano de parto j ($j=00, \dots, 03$);

M_k = efeito do mês de parto k ($k=2, \dots, 12$);

I_l = efeito da idade l da cabra ao parto ($l=1, \dots, 5$);

T_m = efeito do tipo de parto ($m=1$: simples e 2 : múltiplo);

b_1 = coeficiente de regressão linear para dias em lactação;

DL = efeito da duração da lactação;

\overline{DL} = média da covariável;

ε_{ijkl} = erro aleatório associado a cada observação $\sim NID(0, 1\sigma^2)$.

Por causa do desbalanceamento dos dados, a soma de quadrados do tipo III foi utilizada para comparar a significância de cada fator sobre a variável dependente. Utilizou-se também o procedimento LSMEANS para comparação das médias corrigidas.

As correlações de Pearson foram encontradas utilizando-se o procedimento CORR do SAS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção total média no rebanho foi de 569,32 kg de leite, com duração média da lactação de 275 dias ou 9 meses e produção média diária de 2,07 kg. Estes valores são inferiores aos encontrados por Wilson et al. (1988), que trabalharam com animais mestiços no leste da África. Na consistência dos dados deste trabalho não se eliminaram baixas produções (inferiores a 0,200 kg), que reduziram a média diária, e lactações muito curtas (entre 80 e 120 dias). Entretanto, foram eliminados períodos lactacionais superiores a 365 dias. Esse fato fez com que a variação existente na produção de leite fosse alta, o que acarretou uma produção total relativamente baixa. O valor encontrado não está fora da real produção do rebanho, pois existem animais com potencial produtivo bastante heterogêneo; pelo fato de o rebanho não se encontrar estabilizado, a retenção de animais contribui para essa grande variação.

O resumo da análise de variância para as características estudadas é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Resumo da análise de variância para produção de leite (PL) e constituintes do leite

Fontes de variação	PL			Gordura			Proteína		
	GL	QM	P – Valor	GL	QM	P – Valor	GL	QM	P – Valor
Raça	1	136,76	0,945	1	0,09	0,6622	1	0,30	0,13
Ano Parto	3	1348499,28	<0,01	3	24,23	<0,01	3	7,22	<0,01
Mês Parto	10	515500,74	0,054	9	43,59	<0,01	9	2,05	0,08
Idade Parto	4	462126,18	<0,01	4	8,9	<0,01	4	0,58	0,35
Número Crias	1	162854,11	0,017	1	3,81	<0,01	1	0,08	0,43
Duração da Lactação									
Regressão Linear	1	322984,45	<0,01	1	0,039	0,7790	1	0,015	0,73
Regressão Quadrática	1	54722,41	0,165	1	0,18	0,5427	1	0,06	0,49
Resíduo	617	17472386,96		395	199,96		378	50,45	
CV		33%			22%			11,30%	

Continua...

Tabela 8 – Continuação...

Fontes de variação	Lactose			ES			CCS		
	GL	QM	P – Valor	GL	QM	P – Valor	GL	QM	P – Valor
Raça	1	0,14	0,25	1	0,0005	0,97	1	19010,15	0,84
Ano Parto	3	3,83	<0,01	3	9,93	<0,01	3	21711444,16	<0,01
Mês Parto	9	2,98	<0,01	9	14,4	0,04	9	3825008,34	0,52
Idade Parto	4	1,05	0,06	4	15,21	<0,01	4	2487702,3	0,26
Número Crias	1	0,24	0,15	1	3,68	0,03	1	817588,64	0,18
Duração da Lactação									
Regressão Linear	1	0,18	0,21	1	0,10	0,72	1	11050,18	0,87
Regressão Quadrática	1	0,18	0,21	1	0,002	0,95	1	36,02	0,90
Resíduo	399	63,19		399	365,95		400	213053494,6	
CV		7,8%			7,6%			66,8%	

3.1. Produção de leite

3.1.1. Ano de parto

O efeito de ano de parto sobre os parâmetros da curva foi significativo. Houve diferença entre os anos para os parâmetros estudados do modelo 3, conforme a Tabela 9.

Tabela 9 – Estimativas dos parâmetros do modelo 3 (Nelder, 1966) e da produção total (PLT) para os diferentes anos avaliados

Parâmetros	Ano de parto			
	2000	2001	2002	2003
PLT	549,68 ^a	578,15 ^a	446,07 ^b	420,00 ^b
a	0,5519 ^{ab}	0,4514 ^b	0,6366 ^a	0,4531 ^b
b	0,2435 ^a	0,1939 ^b	0,2117 ^{ab}	0,1988 ^{ab}
c	0,01241 ^c	0,01656 ^c	0,02134 ^b	0,0269 ^a

Valores seguidos de mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente (P<0,05).

Os menores valores encontrados para “a”, “b” e “c” coincidiram com a maior produção de leite. Os resultados encontrados são coerentes, pois, quanto menor o tempo para se atingir o pico de produção e maior a persistência da lactação, maior será o impacto na produção total de leite, reduzindo-a.

Nas diferenças ocorridas entre os anos estudados, não se pode determinar uma tendência na produção. Essas variações são decorrentes de alterações no manejo e alimentação e da alteração climática entre os anos.

As médias anuais estão apresentadas na Tabela 8. Efeito significativo do ano de parto na produção foi também encontrado por Ribeiro & Filho (1999), Fernandez (2002) e Andonov & Dzabirsk (2000).

3.1.2. Mês de parto

Na Tabela 10 são apresentados os valores de produção média de leite para os meses em que ocorreram partos.

Tabela 10 – Médias da produção de leite total (PLT) na lactação, de acordo com o mês de parto

Característica	Mês de parto											
	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
PLT	589 ^a	492 ^{abc}	521 ^{ab}	562 ^a	520 ^{ab}	494 ^{abc}	511 ^{ab}	516 ^{ab}	468 ^{bc}	448 ^c	363 ^c	

Valores seguidos de mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente (P<0,05).

Os resultados em forma gráfica (Figura 7) sugerem superioridade da produção de leite dos animais com partos no primeiro semestre. Isso fez com que os animais que foram acasalados fora da estação reprodutiva (julho a dezembro) tivessem uma produção de leite até 60% maior que em outras épocas do ano. Tal fato reforça a melhor adaptação dos animais à temperatura e umidade relativa mais baixas que ocorre a partir do mês de fevereiro, criando possivelmente uma condição de maior conforto ao animal, capaz de possibilitar aumento na produção.

Efeito de mês ou época de parto também foi encontrado por Gonçalves et al. (2001), Ribeiro & Filho (1999), Gipson & Grossman (1989), Wiggans (1998), Boichard et al. (1989) e Barhat & Chowdhary (1977).

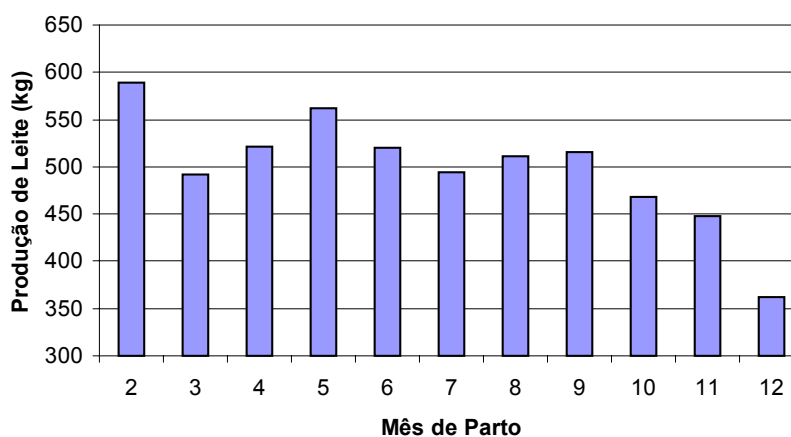


Figura 7 – Média de produção total de leite na lactação, de acordo com o mês de parto.

Os parâmetros “a” e “c” foram menores para os meses de parto que resultaram em maior produção, reforçando a importância da inclinação da curva até o pico e persistência da lactação na produção total de leite (Tabela 11).

Tabela 11 – Estimativas dos parâmetros do modelo 3 (Nelder, 1966) para os diferentes meses avaliados

Parâmetros	Mês de parto										
	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
PLT	588,68 ^a	492,19 ^{abc}	520,88 ^{ab}	561,95 ^a	520,39 ^{ab}	494,35 ^{abc}	510,92 ^{ab}	515,67 ^{ab}	467,91 ^{bc}	447,78 ^c	362,51 ^c
a	0,2507 ^c	0,3569 ^c	0,4369 ^{bc}	0,7909 ^a	0,6806 ^a	0,5940 ^{ab}	0,5763 ^{ab}	0,5315 ^{abc}	0,3273 ^c	0,5628 ^{ab}	0,6479 ^{ab}
b	0,3178 ^a	0,2347 ^{ab}	0,2266 ^b	0,2089 ^b	0,1442 ^c	0,1475 ^c	0,1505 ^c	0,1275 ^c	0,2372 ^{ab}	0,2320 ^b	0,3046 ^{ab}
c	0,00614 ^d	0,01678 ^{cd}	0,0206 ^{bc}	0,0113 ^d	0,02 ^{bc}	0,0254 ^{ab}	0,0265 ^a	0,0255 ^{ab}	0,0236 ^{abc}	0,0206 ^{bc}	0,0145 ^{cd}

Valores seguidos de mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

3.1.3. Idade ao parto

A produção de leite também foi afetada pela idade em que o animal pariu. Pode-se perceber que, mesmo não tendo havido diferença significativa até a idade de 4,5 anos, existe uma tendência de maior produtividade para cabras no segundo ano de vida (Tabela 12).

Tabela 12 – Médias da produção de leite total (PLT) para as cinco classes de idade

Característica	Idade ao parto (anos)				
	< 1,5	1,5 à 2,5	2,5 à 3,5	3,5 à 4,5	> 4,5
PLT	524,99 ^a	527,69 ^a	512,11 ^a	489,61 ^a	437,98 ^b

Valores seguidos de mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

A influência da idade também foi observada por Subires et al. (1988), Kenney et al. (1981), Singh et al. (1970), Prakash et al. (1971), Galina (1995), Mavrogenis & Louca (1984), Singh & Singh (1974), Wilson et al. (1988) e Boichard et al. (1989). Foi testada também a idade da cabra como variável contínua, a fim de verificar um possível efeito quadrático sobre a produção de leite. Na literatura há referência ao efeito quadrático da idade ao parto sobre a produção – o que não foi verificado neste trabalho. A possível explicação seria o fato de que, no conjunto de dados analisados, só havia produções até a quarta lactação, em que os animais, em condições normais, ainda estão com uma produção crescente.

Os parâmetros da curva também foram influenciados por este fator, sobretudo na primeira classe, em que os animais apresentaram menor produção inicial e maior inclinação da curva até o pico de produção (Tabela 13). Há uma tendência de aumento da produção inicial da cabra com o passar da idade, com redução da persistência.

Tabela 13 – Estimativas dos parâmetros do modelo 3 (Nelder, 1966) para as diferentes classes de idades avaliadas

Parâmetros	Idade ao parto (anos)				
	< 1,5	1,5 a 2,5	2,5 a 3,5	4,5 a 5	> 5
a	0,6861 ^a	0,5366 ^b	0,5314 ^{ab}	0,4807 ^b	0,4115 ^{ab}
b	0,2453 ^a	0,2362 ^a	0,2007 ^b	0,1845 ^b	0,1933 ^b
c	0,0133 ^b	0,01609 ^b	0,01757 ^b	0,02241 ^a	0,02714 ^a

Valores seguidos de mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente (P<0,05).

3.1.4. Raça

Não houve diferença para a produção de leite quando se compararam animais Saanen e Alpinos criados em mesmas condições de alimentação e manejo. Pode-se sugerir que as raças apresentam potencial semelhante.

Também não houve diferença nos parâmetros da curva entre as duas raças avaliadas. Na literatura encontra-se uma superioridade produtiva dos animais Saanen; contudo, no rebanho avaliado, podem existir fatores que nivelam os animais das duas raças para a mesma produção, como alimentação, ambiente e manejo.

3.1.5. Número de crias (tipo de parto)

Esta característica teve efeito significativo na produção total de leite; os animais que tiveram partos simples produziram 481,70 litros contra 515,25 para os que tiveram partos múltiplos.

Os animais que tiveram parto múltiplo foram mais produtivos que aqueles com parto simples (Figura 9). Esse fato também foi relatado por Rabasco &

Serradilla (1993), Subires et al. (1988), Gonzalo et al. (1994), Mourad (1992) e Fuertes et al. (1998).

Já para os parâmetros da curva não houve variação significativa com o tipo de parto, apesar de os valores para os partos múltiplos terem sido menores. Esse fato evidencia maior persistência na lactação e maior tempo para atingir o pico para os animais que tiveram partos múltiplos (Tabela 14).

Tabela 14 – Valores médios estimados para os parâmetros do modelo 3 (Nelder 1966), em relação ao tipo de parto

Parâmetro	Tipo de Parto	
	Simple	Múltiplo
a	0,5434 ^a	0,5031 ^a
b	0,2161 ^a	0,2078 ^a
c	0,01989 ^a	0,01871 ^a

Valores seguidos de mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente (P<0,05).

3.1.6. Duração da lactação

A duração da lactação também interferiu na produção de leite. Verificou-se apenas efeito linear para esta característica. Contudo, era esperado um efeito quadrático, pois, à medida que o animal prolonga a sua lactação, o volume de leite produzido diariamente tende a ser menor, havendo pequena alteração do volume total produzido.

A interferência da duração da lactação na produção de leite foi também observada por Abdel Rahman et al. (2000), Prakash et al. (1971), Barhat & Chowdhary (1977) e Gonzalo et al. (1994). Esse fator também interferiu significativamente (P<0,05) na estimativa dos parâmetros “b” e “c”. Como estes fatores estão diretamente relacionados com a inclinação média da curva e a persistência da lactação, tal resultado já era esperado.

3.2. Composição do leite

Na Tabela 15 encontram-se as correlações entre a produção e os constituintes do leite. Há uma correlação negativa entre porcentagem de proteína, gordura e extrato seco no leite, fato já esperado pelo efeito de diluição. A produção de leite não teve correlação com a CCS, mas apresentou correlação positiva com a porcentagem de lactose.

Tabela 15 – Correlações de Pearson entre os constituintes do leite e a produção total

	PLT	G	Prot	ES	Lac	CCS
PLT	1	-0,27	-0,24	-0,22	0,17	0,02
G		1	0,33	0,87	0,04	0,08
Prot			1	0,49	-0,29	0,20
ES				1	0,39	0,02
Lac					1	-0,21
CCS						1

PLT = produção de leite total

G = gordura

Prot = proteína

ES = extrato Seco

Lac = lactose

CCS = contagem de células somáticas

3.2.1. Ano de parto

O ano de parto influenciou significativamente as porcentagens de gordura, proteína, extrato seco, lactose e a contagem de células somáticas (Tabela 16).

Tabela 16 – Médias da produção e dos constituintes do leite em função do ano de parto

Característica	Ano			
	2000	2001	2002	2003
PLT	549,68 ^a	578,15 ^a	446,07 ^b	420,00 ^b
Gordura (%)	3,22 ^b	2,68 ^d	3,61 ^a	2,95 ^c
Proteína (%)	3,05 ^c	3,21 ^b	3,53 ^a	3,04 ^c
ES (%)	11,92 ^a	11,78 ^a	12,09 ^a	11,43 ^b
Lactose (%)	4,46 ^a	4,45 ^a	4,09 ^b	4,23 ^b
CCS (x 10 ³ .mL ⁻¹)	1344 ^c	1015 ^b	1540 ^c	597 ^a

Valores seguidos de mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente (P<0,05).

As variações foram de 2,95-3,6%, 3,04-3,53%, 11,43-12,08% e 4,09-4,45%, respectivamente para gordura, proteína, extrato seco e lactose. A contagem de células somáticas (CCS) variou de 597 a 1.540 (x 10³.mL⁻¹). Essas variações têm como explicação as mudanças no manejo, alimentação e condições sanitárias no rebanho.

3.2.2. Mês de parto ou estação de parto

Na Tabela 17 encontram-se médias dos constituintes do leite e CCS em função do mês de parto.

Não ocorreu variação nos valores de CCS ao longo do ano, devido à inexistência de uma estação de parto definida, fazendo com que haja uma sobreposição de vários períodos de lactação mascarando a real interferência do mês sobre a CCS, uma vez que as variações nessa contagem estão relacionadas ao estágio de lactação do animal. Mesmo a amplitude dos valores sendo elevada, a igualdade entre as médias pode ser explicada pelo elevado coeficiente de variação.

Tabela 17 – Médias encontradas para os constituintes do leite e contagem de células somáticas (CCS) em função do mês de parto

Característica										
	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
PLT	492,19 ^{abc}	520,88 ^{ab}	561,95 ^a	520,39 ^{ab}	494,35 ^{abc}	510,92 ^{ab}	515,67 ^{ab}	467,91 ^{bc}	447,78 ^c	362,51 ^c
Gordura (%)	3,73 ^a	3,57 ^{ab}	3,27 ^{bcd}	3,31 ^{bc}	3,49 ^{abc}	3,18 ^{cd}	3,40 ^{bc}	2,92 ^d	2,25 ^e	2,03 ^e
Proteína (%)	3,29 ^a	3,32 ^a	3,33 ^a	3,25 ^a	3,19 ^{abc}	3,16 ^{abc}	3,24 ^{ab}	3,08 ^{bc}	2,93 ^c	3,30 ^a
ES (%)	12,12 ^a	11,99 ^{ab}	11,51 ^b	12,08 ^{ab}	11,95 ^{ab}	11,54 ^b	11,75 ^{ab}	11,57 ^b	11,50 ^b	12,04 ^{ab}
Lactose (%)	4,47 ^a	4,31 ^{bc}	4,07 ^c	4,42 ^a	4,40 ^a	4,27 ^{bc}	4,31 ^{bc}	4,34 ^{ab}	4,25 ^c	4,24 ^c
CCS x (10 ³ .mL ⁻¹)	1106 ^a	1212 ^a	1257 ^a	1231 ^a	1126 ^a	1032 ^a	977 ^a	894 ^a	824 ^a	1584 ^a

Valores seguidos de mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente (P<0,05).

É possível que as condições de temperatura e umidade mais elevadas durante os meses mais quentes do ano tenham contribuído para o desconforto animal, resultando em queda nos valores de constituintes do leite, em especial a gordura. Ao se calcular a média entre os meses de março-julho e agosto-dezembro, verifica-se uma redução percentual de 21, 4 e 2 para gordura, proteína e ES, respectivamente.

Ao mês de parto estão associadas condições especiais de clima, nutrição e de manejo no rebanho, sendo difícil definir quais as possíveis causas dessas variações. No entanto, verifica-se uma tendência de maior produção para os constituintes no primeiro semestre, em que as temperaturas são mais amenas e a umidade não é tão alta.

Wiggans & Shook (1987), Lima et al. (2000), Gonzalo et al. (1994), Wilson et al.(1988) e Fuertes et al. (1998) também observaram interferência do mês ou estação de parto sobre essas características; quando os animais parem na primavera, são mais produtivos, em virtude da maior disponibilidade de alimentos nesse período.

3.2.3. Idade ao parto

A idade ao parto apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) apenas para concentração de gordura e extrato seco. Novamente o pico de produção foi verificado por volta da segunda classe de ano de vida da cabra, em que ela já apresenta maior desenvolvimento corporal.

Na Tabela 18 estão apresentadas as médias para os constituintes do leite e CCS em função da idade ao parto. Nota-se que houve aumento da CCS com o aumento da idade.

Tabela 18 – Médias encontradas para os constituintes do leite e CCS em função da idade ao parto

Característica	Idade ao parto (anos)				
	< 1,5	1,5 a 2,5	2,5 a 3,5	4,5 a 5	> 5
PLT	524,99 ^a	527,69 ^a	512,11 ^a	489,61 ^a	437,98 ^b
Gordura (%)	3,00 ^b	3,39 ^a	3,09 ^b	3,01 ^b	3,09 ^b
Proteína (%)	3,15 ^a	3,25 ^a	3,24 ^a	3,24 ^a	3,17 ^a
ES (%)	11,70 ^b	12,16 ^a	11,72 ^b	11,83 ^b	11,61 ^b
Lactose (%)	4,39 ^a	4,34 ^{ab}	4,24 ^a	4,33 ^{abc}	4,25 ^c
CCS ($\times 10^3 \cdot \text{mL}^{-1}$)	960 ^c	1137 ^b	1109 ^b	1173 ^b	1241 ^a

Valores seguidos de mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

Esse fato pode ser explicado pelo desgaste da glândula mamária, em razão das lactações sucessivas. Wiggans & Shook (1987) e Gonzalo et al. (1994) também verificaram que a CCS aumenta com a idade, principalmente devido ao aparecimento de mastite subclínica.

Lactose e ES apresentaram valores mais elevados entre 1,5 e 2,5 anos. O maior valor para ES coincide com as maiores produções de gordura e proteína. Possivelmente, nessa idade os animais ainda não tenham atingido sua máxima capacidade de produção, fazendo com que exista efeito do volume produzido sobre a concentração dos constituintes do leite.

3.2.4. Raça

Os valores para constituintes do leite e CCS não foram diferentes ($P < 0,05$) ao se compararem as duas raças.

Quando se estudam grupos genéticos muito distintos ou com características diferentes, verifica-se uma grande variação nos constituintes do leite (Nouznikowsk et al., 2000). Um exemplo são os resultados encontrados por Marin et al. (2001), com porcentagem de gordura de 5,52 e de sólidos totais de 15,18 – valores muito superiores ao encontrado neste estudo.

Outro fato a ser destacado é o baixo valor relatado para a porcentagem de gordura: na Alpina foi de 3,25 e na Saanen de 3,17. Esses baixos valores podem estar relacionados ao tipo de alimentação que os animais receberam, pois o consumo de dietas à base de silagem de milho permite que os animais selecionem grãos e partes mais digeríveis, o que reduz o consumo de fibra e contribui para a queda dos níveis de gordura do leite.

A concentração de gordura no leite, com valores inferiores aos obtidos para proteína, não apresenta similaridade com resultados da literatura. Em sua maioria, os resultados de rebanhos leiteiros na França mostram valores médios de gordura e de proteína com diferença aproximada de 0,4 unidade percentual.

3.2.5. Número de crias (tipo de parto)

O tipo de parto influenciou ($P < 0,05$) a porcentagem de gordura e extrato seco (Tabela 19).

Tabela 19 – Médias encontradas para os constituintes do leite e CCS em função do tipo de parto

Característica	Tipo de Parto	
	Simples	Múltiplo
Gordura (%)	3,22 ^a	3,01 ^b
Proteína (%)	3,19 ^a	3,22 ^a
ES (%)	11,91 ^a	11,70 ^b
Lactose (%)	4,33 ^a	4,28 ^a
CCS. ($10^3 \cdot \text{mL}^{-1}$)	1075,78 ^a	1172,24 ^a

Valores seguidos de mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

Esse resultado concorda com os valores obtidos por Fuertes et al. (1998), Gonzalo et al. (1994) e Boichard et al. (1989). Os animais com partos múltiplos apresentaram menor porcentagem de gordura e extrato seco. Os valores encontrados coincidem com a maior produção de leite para cabras com partos múltiplos.

4. CONCLUSÕES

Não foi verificada diferença entre as raças avaliadas no que se refere a produção de leite e seus constituintes, sugerindo igualdade produtiva entre os animais Saanen e Alpinos nas condições estudadas. A idade ao parto, o mês de parto, o ano de parto e o número de crias interferiram significativamente na produção total de leite e na maioria de seus constituintes. Houve tendência de maior produtividade nos primeiros seis meses do ano, tanto para produção quanto para porcentagem de gordura, proteína, extrato seco e lactose.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL RAHMAN, H., SORYAL, K.A., ISMAIL, I.M., Effect of stage of lactation and type of birth on: milk production, composition and some blood parameters in hand-milked Barki goats, , In: **International Conference on Goats**, 7., Tours; 2000. Proceedings...Ivry-sur-seine: Institut de L'Elevage et INRA.2v. 1049p. v.2, 2000.
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. Energy and protein requirements of ruminants. An advisory manual prepared by the AFRC **Technical Committee on Responses to Nutrients**. Wallingford, UK: CAB International, 159p,1993.
- ANDONOV, S., DZABIRSKI, V., SRBINOVSKA, S., Selection of dairy goats by using lactation curve model, In: **International Conference on Goats**, 7., Tours; 2000. Proceedings...Ivry-sur-seine: Institut de L'Elevage et INRA.2v. 1049p. v.2, 2000.
- BOICHARD, D., BOULOC, N., RICORDEAU, G., PIACERE, A., BARILLET, F., Genetic parameters for first lactation dairy traits in the alpine and saanen goat breeds, **Genet. Sel. Evol.**, vol. 21, p. 205-215, 1989.
- CAPPIO-BORLINO, MACCIOTTA, N.P.P., PULINA, G. The shape of sarda ewe lactation curve analysed by a compartmental model, *Livestock Production Science*, v.51, p.89-96, 1997.
- FERNÁNDEZ, C., SANCHEZ, A., GARCÉS, C., Modeling the lactation curve for test-day milk yield in murciano-granadina goats, **Small Ruminant Research**, vol. 46, p. 29-41, 2002.
- FUERTES, J.A., GONZALO, C., CARRIEDO, J.A., SAN PRIMITIVO, F., Parametres of test day milk yield and milk componentes for dairy ewes, **Journal of Dairy Science** 81:1300-1307, 1998.

- GALINA, M.A., SILVA, E., MORALES, R., LOPEZ, B. Reproductive performance of Mexican dairy goats under various management systems, *Small Ruminant Research*, v.18, p. 249-253, 1995.
- GIPSON, T. A., GROSSMAN, M., Diphasic Analysis of lactation curves in dairy goats, *Journal of Dairy Science*, vol 72, p. 1035-1044, 1989.
- GONÇALVES, H.C. Fatores genéticos e de meio em algumas características produtivas e reprodutivas em caprinos. Viçosa, MG:UFV, 141. Tese Doutorado em Zootecnia, 1996.
- GONÇALVES, H.C., SILVA, M.A , RAMOS, AA et al, Fatores genéticos e de meio na produção de leite de caprinos leiteiros. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(3):719-729, 2001.
- GONZALO, C., CARRIEDO, J. A., BARO, J. A., PRIMITIVO, F. S., Factors influencing variation of test day milk yeild, somatic cell count, fat, and protein in dairy sheep, *Journal of Dairy Science*, vol. 77, p. 1537-1542, 1994.
- ILOEJE, M. U., VAN VLECK, L.D., Genetics of dairy goats: a review, *Journal of Dairy Science*, vol. 61, p. 1521-1528, 1978.
- KENNEDY, B. W., FINLEY, C. M., POLLAK, E. J., BRADFORD, G. E., Joint effects of parity, age, and season of kidding on milk and fat yields in dairy goats, *Journal of Dairy Science*, vol. 64, p. 1707-1712, 1981.
- LIMA, D., DAMIAN J.P., APOLO, A. Goat milk production with foreign breeds in Uruguay, , In: *International Conference on Goats*, 7., Tours; 2000. Proceedings...Ivry-sur-seine: Institut de L'Élevage et INRA.2v. 1049p. v.2, 2000.
- MACCIOTTA, N.P.P., CAPPIO-BORLINO, A., PULINA, G. Analysis of enviromental effects on test day milk yields of sarda dairy ewes, *Journal of Dairy Science*, v. 82, p. 2212-2217, 1999.
- MARÍN, M.P., BURROWS, J., RAMOS, J.C. Producción y calidad de leche caprina en rebaños bajo sistemas de manejo extensivo de la zona central de Chile, *Archivo Zootecnia*, v. 50, p. 363-366, 2001.

- MAVROGENIS, A.P., CONSTATINOU, A., LOUCA, A , Environmental and genetic causes of variation in production traits of Damascus goats. **Animal Production**, 38:99-104, 1984.
- MOURAD, M. Effects of month of kidding, parity and litter size on milk yield of Alpine goats in Egypt. **Small Ruminant Research**, v.8, p.41-46, 1992.
- NELDER, J.A. Inverse polynomials a useful group of multi-factor response functions. **Biometrics**, v.22, n.1, p.128-141, 1966.
- NIZNIKOWSKI, R., DUZNICKA, E., SZTYCH, D. The preliminary characteristic of the goat production in central Poland, , In: **International Conference on Goats**, 7., Tours; 2000. Proceedings...Ivry-sur-seine: Institut de L'Élevage et INRA.2v. 1049p. v.2, 2000.
- PRAKASH, C., ACHARYA, R. M., DHILLON J. S., Sources of variation in milk production in Beetal goats, **Indian Journal of Animal Science**, vol 41 (5), p. 356-360, 1971.
- RABASCO, A.; SERRADILLA, J.M.; PADILLA, J.A.; SERRANO, A. Genetic and non-genetic sources of variation in yield and composition of milk in Verata goats. **Small Ruminant Research**, v.11, p.151-161, 1993.
- RIBEIRO, M.N., PIMENTA FILHO, E.C., Estudo de Efeitos Ambientais que influenciam na forma da Curva de Lactação de Cabras Mestiças no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.868-874, 1999.
- SAS STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. 1999. **User's guide: Statistics**. Version 8.0, NC; SAS Institute, 1999.
- SHANKS, R. D., BERGER, P. J., FREEMAN, A. E., DICKINSON, F. N., Genetic aspects fo lactation curves, **Journal of Dairy Science**, vol. 64, p. 1852-1860, 1981.
- SINGH, B. B., SINGH, B. P., Performances of jamnapari goats, **Indian Veterinarian**, vol. 51, p. 326-332, 1974.

- SINGH, R. N., ACHARYA, R. M., BISWAS, D. K., Evaluation of genetic and non-genetic factors affecting some economic traits in goat, **Acta Agriculture Scandinavica**, vol. 20, 1970.
- SUBIRES, J., LARA, L., FERRANDO, G., BOZA, J., Factores que condicionan la productividad lechera de la cabra, numero de lactacion y tipo de parto, **Archivo Zootecnia.**, vol. 37, num. 138, p. 145, 1988.
- WIGGANS, G.R., Animal model evaluation of dairy goats for milk, fat, and protein yields with crossbred animals included, **Journal of Dairy Science**, 72(9):2411-6, 1989.
- WIGGANS, G.R., SHOOK, G.E., A lactation measure of somatic cell count, **Journal of Dairy Science**, 70:2666-2672, 1987.
- WILSON, R.T., MURAYI, T., Productivity of the small esast african goat and its crosses with the anglo-nubian and the alpine in rwanda, **Topics on Animal Health and Production**. 20:219-228, 1988.

PARÂMETROS GENÉTICOS

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento de aspectos genéticos de uma população é essencial para orientar produtores e técnicos na identificação e no acasalamento de animais geneticamente superiores, visando maior progresso genético nos programas de melhoramento.

Uma consequência direta da heterogeneidade das variâncias em diferentes níveis de produção dos rebanhos é o risco de se selecionar maior proporção de animais de maior viabilidade fenotípica e não de maior valor genético, podendo, com isso, ocorrer até redução no progresso genético esperado (Ramos, 1996).

O aumento da estimativa de herdabilidade com a melhoria do nível de produção ocorre porque os animais podem expressar melhor o seu potencial genético em rebanho com alto nível de produção, devido ao melhor ambiente oferecido, como controle de enfermidades e melhor alimentação (Hill, 1983).

A seleção em um rebanho pode ter duas finalidades: aumentar a produção da geração seguinte ou aumentar a produção do rebanho existente. A eliminação dos indivíduos menos produtivos e a entrada de outros animais com maior potencial se refletirão nos ciclos de produção seguintes, em que, possivelmente, estarão ocorrendo mudanças na média, em razão da melhoria do material genético existente.

Na literatura encontra-se variação de produção de leite desde 28 kg a mais de 1.500 kg por lactação, podendo isso ser explicado pela existência de genótipos especializados na produção de leite (Posadas & Valdenegro 1991). No Brasil, essas variações são também percebidas nas suas diversas regiões, em que as variações climáticas existentes e as diferenças genéticas exprimem fenótipos variados.

Tanto para a produção total como para a diária, os valores de repetibilidade são altos (Montaldo et al., 1997). Essa informação indica a possibilidade de se estimar a produção do mesmo animal para os próximos períodos. A maior parte das características (produção total, produção diária, duração da lactação, número de

crias, peso ao parto e no pós-parto) apresenta valores de repetibilidade bastante altos, o que torna possível os avanços produtivos. Exceto para características de reprodução em que a repetibilidade é baixa, torna-se necessário acumular informações de vários ciclos produtivos para uma melhor avaliação.

Em caprinos, a variabilidade genética para produção de leite é maior que em bovinos em campo (Posadas & Valdenegro, 1991). Essa informação é de grande importância quando se considera o constante crescimento dessa atividade no Brasil e a busca freqüente da melhoria produtiva de nossos rebanhos.

É evidente que a possibilidade de incrementar os volumes de produção de leite por seleção utilizando teste de progênie e seleção massal é muito importante. Para isso, torna-se necessária uma avaliação genética dos animais, de forma que sejam determinados valores de herdabilidade, repetibilidade e correlações entre características que auxiliem nesta seleção.

Para que os ganhos genéticos sejam positivos, há necessidade de se aumentar a acurácia das previsões e determinar os fatores que estão provocando maior interferência na expressão do potencial genético do animal.

Tem-se encontrado muita variação nas estimativas de parâmetros genéticos. Os valores são diferentes devido a inúmeros fatores, como raças, rebanhos, condições ambientais e de manejo em geral, local e, principalmente, qualidade das informações existentes. Este último confere, possivelmente, a maior variabilidade, por não existir um controle preciso na coleta e avaliação dos dados.

Outro fator importante é a determinação dos valores genéticos dos parâmetros da curva de lactação, os quais são responsáveis pelo comportamento desta curva e, conseqüentemente, pela produção de leite de um animal. As características individuais de cada parâmetro têm se mostrado uma ferramenta para programas de seleção, uma vez que se tem a definição do potencial produtivo vinculado à conformação da curva de lactação.

Neste estudo teve-se como objetivo determinar valores de parâmetros genéticos, como herdabilidade e repetibilidade da produção de leite, e dos parâmetros da curva de lactação que possam ser utilizados em programas de melhoramento genético e auxiliar diretamente o manejo reprodutivo dos animais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram provenientes do setor de caprinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. O setor localiza-se na cidade de Viçosa, a uma altitude de 649 m, a 20°45' de latitude sul e 42° 52' de longitude oeste, na Zona da Mata mineira.

Os animais foram mantidos confinados em baias coletivas, em sistema de estabulação livre (*free stall*). As baias são de dois tipos: em pilotis elevado com piso de madeira (ripado) e outras em piso de areia com cobertura de material orgânico, como palha de café e cepilha de madeira. A alimentação foi constituída de silagem de milho e feno como base volumosa, e a mistura concentrada foi fornecida em função da necessidade dos animais, de acordo com o AFRC (1993). O sistema de ordenha foi mecânico e efetuado duas vezes ao dia.

O controle leiteiro no capril da Universidade Federal de Viçosa foi feito semanalmente, com o envio de amostras de leite mensalmente ao CNPGL, para análise dos constituintes do leite. As raças predominantes foram Saanen e Alpina.

Para a consistência dos dados, foram excluídas lactações em que o primeiro controle só foi efetuado em tempo igual ou superior a 35 dias após o parto. Os intervalos sem controle de leite permitidos foram de no máximo 21 dias, que corresponde a praticamente três ausências na pesagem do leite. Lactações muito curtas, abaixo de 80 dias, também foram eliminadas, por não representarem uma fração significativa.

Foram utilizados controles dos anos de 2000 a 2003 de produção de leite, porcentagem de gordura, proteína, lactose e extrato seco (ES) e contagem de células somáticas. Após a consistência, utilizou-se um total de 23.502 registros de controles leiteiros; destes, existiam 6.396 com valores de porcentagem de gordura, 6.350 com porcentagem de proteína, 6.018 com CCS, 6.345 com lactose e 6.350 com extrato seco, totalizando aproximadamente 26% dos controles leiteiros com análises dos constituintes do leite.

Optou-se por estudar apenas até a quarta lactação, por causa do pequeno número de informações existentes para as posteriores. O número de crias ao parto foi estudado como partos simples e múltiplos (superior a duas crias).

Na estimação dos componentes de (co) variância necessários para a determinação dos parâmetros genéticos das características, foram utilizados o método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML) e o modelo animal, por intermédio do sistema MTDFREML (*Multiple Trait Derivate Free Restricted Maximum Likelihood*), descrito por Boldman et al. (1995). Os componentes de variância obtidos foram utilizados como informação inicial na estimação conjunta com baixa precisão ($\text{Var}(-2\text{Log}(L2)) < 10^{-6}$). As estimativas obtidas foram então utilizadas, sucessivamente, como informação inicial de processamentos mais precisos ($\text{Var}(-2\text{Log}(L2)) < 10^{-9}$). Após o estabelecimento desse procedimento, para evitar a ocorrência de um máximo local, foram realizados novos processamentos até que não se verificassem mais variações superiores a 10^{-6} unidades nos valores da função de verossimilhança, entre dois processamentos sucessivos. O critério de convergência foi de 10^{-9} .

O modelo animal adotado incluiu como efeito aleatório o animal (efeito genético), o efeito de ambiente permanente e o resíduo, e como efeitos fixos, a classe de idade do animal ao parto (1,2,...5), a raça (1,2), o ano de parto (2000,...2003), o mês de parto (fevereiro,..., dezembro) e o tipo de parto (simples, múltiplo).

O modelo misto proposto para o estudo em termos matriciais foi:

$$Y = Xb + Z_1d + Z_2p + \varepsilon$$

em que:

Y = vetor das observações $n \times 1$;

X = matriz $n \times f$ de incidência, relacionando as observações aos efeitos fixos;

b = vetor $f \times 1$ de efeitos fixos;

Z_1 = matriz $n \times N$ de incidência, relacionando as observações aos efeitos genéticos aditivos diretos;

d = vetor $N \times 1$ de efeitos genéticos aditivos diretos, $\sim N(0, A\sigma_d^2)$;

Z_2 = matriz $n \times N$ de incidência, relacionando as observações aos efeitos de ambiente permanente;

p = vetor $N \times 1$ de efeitos de ambientes permanentes, $\sim N(0, I\sigma_p^2)$; e

ε = vetor $n \times 1$ de efeitos residuais, $\sim N(0, I\sigma_e^2)$.

sendo: A = matriz de parentesco; I = matriz identidade de ordem n ; σ_a^2 = variância genética aditiva direta; σ_p^2 = variância de ambiente permanente; σ_e^2 = variância residual; n = número de observações de produção de leite e duração da lactação; f = número de níveis de efeitos fixos; e N = número de animais com observação.

Os efeitos fixos e covariáveis considerados neste modelo foram os mesmos usados no modelo das análises dos efeitos de ambiente.

Os estimadores dos coeficientes de herdabilidade para os parâmetros da curva e produção de leite total, bem como os estimadores de correlações genéticas, ambientais e fenotípica entre produção de leite e parâmetros estimados pelos modelos, são dados, respectivamente por:

- Herdabilidade (\hat{h}^2)

$$\hat{h}^2 = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_p^2}$$

- Repetibilidade (\hat{r})

$$\hat{r} = \frac{\hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_{ep}^2}{\hat{\sigma}_p^2}$$

- Correlação genética (\hat{r}_g)

$$\hat{r}_g = \frac{\hat{\sigma}_{gij}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{gi}^2 \hat{\sigma}_{gj}^2}}$$

- Correlação ambiental (\hat{r}_e)

$$\hat{r}_e = \frac{\hat{\sigma}_{eij}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{ei}^2 \hat{\sigma}_{ej}^2}}$$

- Correlação fenotípica (\hat{r}_p)

$$\hat{r}_p = \frac{\hat{\sigma}_{pij}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{pi}^2 \hat{\sigma}_{pj}^2}}$$

em que:

$\hat{\sigma}_g^2$ = estimador da variância genética aditiva;

$\hat{\sigma}_{ep}^2$ = estimador da variância de ambiente permanente;

$\hat{\sigma}_p^2$ = estimador da variância fenotípica;

$\hat{\sigma}_e^2$ = estimador da variância ambiental;

$\hat{\sigma}_{gij}^2$ = estimador da covariância genética entre as características i e j;

$\hat{\sigma}_{pij}^2$ = estimador da covariância fenotípica entre as características i e j; e

$\hat{\sigma}_{eij}^2$ = estimador da covariância ambiental entre as características i e j.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de herdabilidade variam de estudo para estudo, de acordo com a raça, a população em estudo, as condições ambientais e de manejo e os erros sistemáticos.

Prakash et al. (1971), estudando cabras Beetal, encontraram valores de herdabilidade para produção de leite da ordem de 0,32; 0,288; 0,322; 0,276 e 0,155 para primeira, segunda, terceira, quarta e quinta lactações, respectivamente, indicando que a produção é moderadamente herdável. A seleção baseada na performance individual na primeira lactação poderá trazer um substancial progresso genético nesta característica.

As herdabilidades estimadas para produção de leite e constituintes do leite encontram-se na Tabela 20.

Tabela 20 – Componentes de variância genética aditiva (σ_a^2), de ambiente permanente (σ_p^2) e de ambiente temporário (σ_t^2), herdabilidade (h^2) e repetibilidade (t) para produção de leite total (PLT), porcentagem de gordura, proteína, extrato seco e lactose

Características	σ_a^2	σ_p^2	σ_t^2	h^2	t
PLT	14724	4274,98	12239,7	0,47	0,61
% Gordura	0,024	0,00474	0,2681	0,08	0,096
% Extrato Seco	0,00009	0,1329	0,5304	0,000067	0,2
% Lactose	0,00195	0,5441	0,0915	0,02	0,075

Somente para a produção de leite foi encontrado valor de maior relevância. Para as demais características analisadas os valores foram muito baixos. A quantidade de informações pode ser uma possível explicação para esse resultado. Entretanto, considerando o volume de informações analisadas, fica demonstrado que os valores de herdabilidade para concentração de gordura, ES e lactose são realmente muito reduzidos.

Na literatura, os valores de herdabilidades para produção de leite encontrados variam de 0,06 a 0,69. Esses valores retratam a dificuldade de estudar esses componentes genéticos, uma vez que o volume de informação é pequeno e as variações muito grandes. Comparando os valores encontrados para as mesmas raças estudadas, foram encontradas herdabilidades de 0,09 (Ribeiro, 1997), 0,17 (Garcia, 1971), 0,29 (Boichard et al., 1989; Gonçalves et al., 2001), 0,61 (Kennedy et al., 1982) e 0,68 (Ricordeau & Bouillon, 1975), demonstrando a grande variação existente para esta característica.

A herdabilidade encontrada para produção de leite neste estudo foi de 0,47, que se encontra dentro dos valores já relatados em literatura.

Já o valor de repetibilidade para produção de leite foi superior aos observados na literatura, que vão de 0,2 a 0,46. Repetibilidades de 0,22 (Oliveira, 1999) e 0,27 (Gonçalves et al., 2001) são inferiores ao valor de 0,61 observado neste estudo. Os valores de repetibilidade devem ser pelo menos iguais aos valores para herdabilidade, pois consiste na soma da variância genotípica com a variância do efeito permanente.

As herdabilidades encontradas para porcentagem de gordura, extrato seco e lactose foram de 0,08, 0 e 0,02, respectivamente. Esses valores foram muito inferiores aos encontrados na literatura, que variam de 0,47 (Bouillon & Ricordeau, 1976) a 0,51 (Kennedy et al., 1982) para as mesmas raças estudadas. Com a repetibilidade ocorreu resultado semelhante, com valores de 0,1, 0,2 e 0,075, respectivamente para porcentagem de gordura, extrato seco e lactose.

Apesar da grande variação existente neste estudo, a herdabilidade é a razão entre os valores genéticos e valores fenotípicos, sendo, dessa maneira, específica para cada população, em cada momento (Ribeiro, 1997).

Por se tratar de um único criatório, a variação, tanto no manejo para as diferentes épocas quanto para as variações climáticas e sanitárias, deve proporcionar maior uniformidade das informações, visto que as condições ambientais interferem, mas de forma aparentemente constante, ao longo dos anos. Os valores da herdabilidade indicam existir a possibilidade de efetuar a seleção individual no rebanho, possibilitando ganhos genéticos mais rápidos.

Deve-se considerar, no entanto, que o número de dados coletados ainda é pequeno, necessitando de um conjunto maior para melhorar a confiabilidade dessa informação.

Na Tabela 21 encontram-se as estimativas genéticas para os parâmetros da função estudada.

Tabela 21 – Componentes de variância genética aditiva (σ_a^2), de ambiente permanente (σ_p^2) e de ambiente temporário (σ_t^2), herdabilidade (h^2) e repetibilidade (t) para os parâmetros do modelo 3 (Nelder, 1966)

Características	σ_a^2	σ_p^2	σ_t^2	h^2	t
a	0,00184	$9,2 \times 10^{-6}$	0,3261	0,01	0,01
b	0,00079	0,00135	0,01736	0,04	0,12
c	0,00013	$3,2 \times 10^{-8}$	0,00045	0,23	0,23

Os valores das estimativas genéticas para os parâmetros da curva foram muito baixos. Apenas o parâmetro “c”, que se refere à persistência da lactação, apresentou um valor de média magnitude. Quando se faz seleção para produção de leite, a persistência é um dos principais fatores que interferem na produção total. Assim, para os valores encontrados, a seleção de fêmeas para uma lactação mais persistente poderia ser efetuada, apesar de a característica não ter apresentado valores altos.

Foi feito também o estudo bivariado para PLT e porcentagem de gordura e PLT com os parâmetros da curva de lactação. Essa avaliação não apresentou resultados satisfatórios. Apesar de ter havido convergência, os valores de covariância foram iguais a 1 ou -1, não sendo possível encontrar a correlação genética para as características avaliadas. Esse fato pode estar relacionado ao reduzido volume de informações.

4. CONCLUSÕES

O valor de herdabilidade de 0,47 encontrado para produção total de leite indica a possibilidade da seleção individual para esta característica dentro do mesmo rebanho. O elevado valor para repetibilidade também reforça a existência de continuação na produção dos animais para as lactações seguintes. Os constituintes do leite tiveram valores de herdabilidade muito baixos, indicando a necessidade de teste de progênie para incremento dessas características em seleções direcionadas.

Os ganhos pela seleção para formato da curva de lactação, considerando os parâmetros obtidos para a estimação desta, seriam pequenos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOICHARD, D., BOULOC, N., RICORDEAU, G., PIACERE, A., BARILLET, F., Genetic parameters for first lactation dairy traits in the alpine and saanen goat breeds, **Genet. Sel. Evol.**, vol. 21, p. 205-215, 1989.
- GONÇALVES, H.C., SILVA, M.A., RAMOS, AA et al, Fatores genéticos e de meio na produção de leite de caprinos leiteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30(3):719-729, 2001.
- HILL, W.G., EDWARDS, R.M. AHMED, M.K.A, Heritability of milk yield and composition at different levels and variability of production. **Animal Production**, 36:59-68, 1983.
- KENNEDY, B. W., FINLEY, C. M., BRADFORD, G. E., Phenotypic and genetic relationships between reproduction and milk production in dairy goats, **Journal of Dairy Science**, vol. 65, p. 2373-2383, 1982.
- MONTALDO, H., ALMANZA, A., JUÁREZ, A., Genetic group, age and season effects on lactation curve shape in goats, **Small Ruminant Research**, vol 24, p. 195-202, 1997.
- OLIVEIRA, S.M.P., Análise de lactação de cabras ½ pardo-alpina x moxotó, Belo Horizonte, UFMG - Escola de Veterinária, **Dissertação** (tese de doutorado), 1999.
- POSADAS, M. V., VALDENEGRO, H. M., Mejoramiento genético de caprinos para la producción de leche, In: **Simposium de reproducción y genética en caprinos productores de leche**, p. 23-33, Cuautitlan Izcalli, Estado de Mexico, 1991.
- PRAKASH, C., ACHARYA, R. M., DHILLON J. S., Sources of variation in milk production in Beetal goats, **Indian Journal of Animal Science**, vol 41 (5), p. 356-360, 1971.

- RAMOS, A.A., VALENCIA, E.F.T. WECHSLER, F.S., Heterogeneidade da variância das características produtivas de bovinos da raça Holandesa nos trópicos. I-Estratificação por nível de produção de rebanho. In: **XXXIII Reunião anual da sociedade brasileira de Zootecnia**, 1996, Fortaleza, CE, Anais...Fortaleza, 71-73, 1996.
- RIBEIRO, M.N., ALBUQUERQUE, L.G., PIMENTA FILHO, E.C., Comparação de funções matemáticas no ajuste da curva de lactação de cabras mestiças no Cariri Paraibano. In: **Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia**, 34, Juiz de Fora, MG Anais, p. 272-274, 1997.
- RIBEIRO, M.N., Estudo dos efeitos genéticos e de ambiente sobre características de importância econômica em caprinos da raça Saanen. Jaboticabal, SP:FCAV, 1997. 119 p. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/ Universidade Estadual Paulista, 1997.
- RICORDEAU, G., BOUILLON, J., SANHCEZ, F., MOCQUOT, J.C., LAJOUS, A., Genetic improvement of goats. Advantageous or restrictive factors for the genetic progress, **INRA_ITOVIC**, Paris, p.403-426, 1979.
- GARCIA, O. Genetic analysis of a crossbreeding experiment using improved dairy goat breeds and native goats in a dry tropical environment. University of California, Davis, EUA, 1982.