

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**MODELOS NÃO LINEARES EM CAPRINOCULTURA LEITEIRA E ANÁLISE
ECONÔMICA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO**

Leonardo de Rago Nery Alves

Belo Horizonte – MG

Junho/2016

LEONARDO DE RAGO NERY ALVES

**MODELOS NÃO LINEARES EM CAPRINOCULTURA LEITEIRA E ANÁLISE
ECONÔMICA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Produção Animal

Orientador: Iran Borges

Belo Horizonte

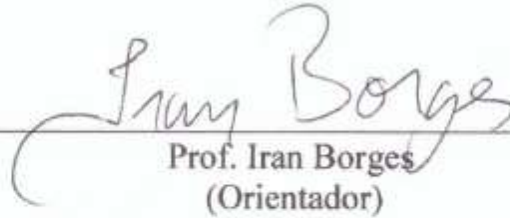
A474m Alves, Leonardo de Rago Nery, 1982-
Modelos não lineares em caprinocultura leiteira e análise econômica do sistema de produção /
Leonardo de Rago Nery Alves. – 2016.
82 p. : il.

Orientador: Iran Borges
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

1. Caprino – Aspectos econômicos – Teses. 2. Produção animal – Teses. 3. Lactação – Teses.
4. Leite – Produção – Teses. I. Borges, Iran. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de
Veterinária. III. Título.

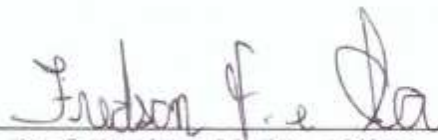
CDD – 636.390 8

Tese defendida no dia 27 de Junho de 2016 e aprovada pela comissão examinadora composta
por:


Prof. Iran Borges
(Orientador)


Prof. Ângela Maria Quintão Lana


Prof. Breno Mourão de Sousa


Prof. Fredson Vieira e Silva


Prof. Marcelo Resende de Souza

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos grandes mestres de minha vida profissional:

Leonardo Veloso

Geraldo Jonas

Maria Coeli

Olivardo Facó

Luciana Villela

Aurora Gouveia

Alessandra Simonini

Octávio Rossi

Marc Henry

Cláudia Freire

Iran Borges

AGRADECIMENTOS

À Deus pela persistência em um objetivo difícil, por me conceder um esforço quando a impossibilidade do êxito assombrou-me.

Aos meus pais, heróis de minha vida, por acreditarem em meu potencial incondicionalmente;

À minha irmã pela pressão incentivadora;

À Elaine, companheira amorosa, cuja companhia trouxe paz, sossego, carinho e conforto; dona da paciência em uma fase complicada da minha vida e do meu amor eterno!

Ao meu orientador Iran Borges e à UFMG, pela oportunidade de aprendizado continuado;

À minha co-orientadora Cláudia Freire pelos conselhos e ensinamentos;

À banca examinadora, cujas contribuições lapidaram minhas ideias em pensamentos complexos e ao mesmo tempo claros;

Ao NEPPER, e em especial para os amigos Zé André e Luís, pela animada companhia nas muitas viagens para coletas de dados;

Aos amigos Luciana e Matheus, cujas mãos levantaram minha cabeça quando fraquejei;

Ao grande amigo Maurício Marques Aguiar, que abriu as portas do Capril Aconchego para que esse trabalho fosse possível. O senhor é um exemplo para os muitos caprinocultores;

Aos animais, cujos olhares traduzem sentimentos.

SUMÁRIO

RESUMO	12
ABSTRACT	13
INTRODUÇÃO GERAL	14
CAPÍTULO 1. REVISÃO DE LITERATURA	15
1.1 Distribuição do rebanho caprino no Brasil e em Minas Gerais	15
1.2 Perfil das propriedades mineiras criadoras de cabras leiteiras	17
1.3 Modelagem na experimentação animal	17
1.3.1 Modelagem no estudo das curvas de crescimento	20
1.3.2 Modelagem no estudo de curvas de lactação	21
1.4 Investimentos, custos do sistema de produção e análise econômica	21
1.5 Referências Bibliográficas	27
CAPÍTULO 2. CRESCIMENTO PONDERAL E BIOMETRIA DE CABRITAS DA RAÇA SAANEN	33
2.1 Resumo	33
2.2 Introdução	33
2.3 Material e Métodos	34
2.3.1 Local, animais e manejo experimental	34
2.3.2 Coleta de dados biométricos	35
2.3.3 Modelos e análises	35
2.4 Resultados	38
2.4.1 A seleção do modelo	38
2.5 Discussão	46
2.5.1 Seleção de modelo não linear	46
2.6 Conclusões	49
2.7 Referências Bibliográficas	49
CAPÍTULO 3. APLICAÇÃO DE MODELOS NO ESTUDO DE CURVAS DE LACTAÇÃO DE CABRAS SAANEN	51
3.1 Resumo	51
3.2 Introdução	51
3.3 Material e Métodos	52
3.4 Resultados	56
3.4.2 Modelo escolhido para avaliar o efeito da ordem de lactação na curva de produção	59
3.5.1 Seleção de modelo não linear e efeito do tipo de nascimento na curva de lactação das cabras	64
3.6 Conclusões	66
3.7 Referências Bibliográficas	66
CAPÍTULO 4. DESEMPENHO ECONÔMICO EM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CAPRINOS LEITEIROS	68
4.1 Resumo	68
4.2 Introdução	68
4.3 Material e Métodos	69
4.3.1 Local, instalações, animais e manejo experimental	69
4.3.2 Análises econômicas	70

4.4 Resultados	70
4.4.1 Composição do rebanho, índices zootécnicos e balanço econômico	70
4.5 Discussão	73
4.5.1 Composição do rebanho, índices zootécnicos obtidos e balanço econômico	73
4.6 Conclusão	75
4.7 Referências Bibliográficas	75
CONSIDERAÇÕES FINAIS	77

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1. Ordenação do efetivo rebanho caprino nos principais Estados.....	16
Tabela 1.2. Distribuição regional dos rebanhos caprino em Minas Gerais.....	16
Tabela 1.3. Características de dois sistemas de confinamento de cabras leiteiras e os respectivos custos de produção de leite.....	22
Tabela 2.1. Melhores ajustes para modelos testados ¹ para a massa corporal (MC), perímetro torácico (PT), altura de cernelha (AC), comprimento corporal (CC), altura de garupa (AG), largura de garupa (LG) e comprimento de garupa (CG) de cabritas Saanen em crescimento até a puberdade.....	39
Tabela 2.2. Estimativas dos parâmetros do modelo e da função de variância ¹ com seus respectivos erros padrão (EP_{θ}) da combinação mais provável para cada variável	41
Tabela 3.1. Verossimilhança dos modelos ¹ ajustados às curvas de lactação conforme tipo de nascimento e ordem de lactação	56
Tabela 3.2. Estimativas dos parâmetros do modelo e da função de variância ¹ com seus respectivos erros padrão (EP_{θ}) da combinação mais provável para cada variável	57
Tabela 3.3. Estimativas dos parâmetros do modelo e da função de variância ¹ com seus respectivos erros padrão (EP_{θ}) da combinação mais provável para cada variável.....	60
Tabela 4.1. Composição do rebanho analisado (em nº de cabeças) ao longo dos anos avaliados.....	71
Tabela 4.2. Índices zootécnicos no sistema de produção de leite de cabra avaliado para os diversos anos.....	71
Tabela 4.3. Relação dos itens que compõem os custos de produção.....	72

Tabela 4.4. Descrição das receitas anuais (em reais, R\$) do sistema de produção de caprinos leiteiros.....	73
Tabela 4.5. Resumo da análise econômica (em reais, R\$) do sistema intensivo de produção de caprinos leiteiros.....	73
Tabela 5. Calibração do perímetro torácico para estimativa de massa corporal (MC) em cabritas	
Saanen.....	78
Tabela 6. Planilha de balanço econômico com os indicadores de viabilidade.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Observado (+), os valores mais prováveis esperados (linhas contínuas) e intervalos de confiança a 95% (linhas tracejadas) relacionado as variáveis crescimento ponderal (massa corporal-MC - (a)) e perímetro torácico (PT-(b)). Essa variável dependente foi descrita em funções do tempo (idade, dias). O modelo escolhido foi o Gompertz com função de variância escalonada. Os pequenos painéis (b; e) foram descritas a primeira derivada (dY/dt), enquanto que nos demais (c; f) então descrita a segunda derivada (d^2Y/dt^2).....	42
Figura 2.2. Equação e o perfil alométrico entre as variáveis perímetro torácico (cm) e massa corporal (kg).....	43
Figura 2.3. Observado (+), os valores mais prováveis esperados (linhas contínuas) e intervalos de confiança a 95% (linhas tracejadas) relacionado às variáveis altura de cernelha em centímetros (painel a) e altura de garupa em centímetros (painel b). Essa variável dependente foi descrita em funções do tempo (idade, dias).....	44
Figura 2.4. Observado (+), os valores mais prováveis esperados (linhas contínuas) e intervalos de confiança a 95% (linhas tracejadas) relacionado às variáveis largura de garupa em centímetros (painel a) e comprimento de garupa em centímetros (painel b). Essa variável dependente foi descrita em funções do tempo (idade, dias).	45
Figura 2.5. Observado (+), os valores mais prováveis esperados (linhas contínuas) e intervalos de confiança a 95% (linhas tracejadas) relacionado à variável comprimento corporal em centímetros. Essa variável dependente foi descrita em funções do tempo (idade,	

dias).

.....46

Figura 3.1. Curva de produção de leite conforme o tipo de nascimento ao longo da lactação. TP1 = parto simples (painel a); TP2 = parto duplo(painel b). Observado (+), predito (linha sólida) 95% de intervalo de confiança (linha tracejada).

.....58

Figura 3.2. Curva de produção de leite conforme o tipo de nascimento ao longo da lactação. TP3 = parto triplo com três crias. Observado (+), predito (linha sólida) 95% de intervalo de confiança (linha tracejada).....

59

Figura 3.3. Curvas de produção de leite observadas na 1^a e 2^a ordens de lactação (OL1 e OL2) ao longo da lactação. Observado (+) predito (linha sólida), 95% de intervalo de confiança (linha

tracejada)..... 62

Figura 3.4. Curvas de produção de leite observadas na 3^a e 4^a ordens de lactação (OL3 e OL4) ao longo da lactação. Observado (+) predito (linha sólida), 95% de intervalo de confiança (linha

tracejada).....63

Figura 3.5. Curva de produção de leite observada na 5^a ordem de lactação (OL5) ao longo da lactação. Observado (+) predito (linha sólida), 95% de intervalo de confiança (linha tracejada).

.....64

RESUMO

A modelagem matemática é um recurso que visa contribuir para o conhecimento atrelado à produção animal, e possibilita a quantificação de diversas variáveis na perspectiva animal. Objetivou-se caracterizar o crescimento biométrico de cabritas, bem como ajustar a curva de lactação de cabras Saanen e estudar a viabilidade econômica do sistema de produção. Ocorreu em uma propriedade especializada, localizada no município Bonfim (MG). No estudo do crescimento biométrico, foram utilizadas 44 cabritas, acompanhadas do nascimento até a manifestação clínica do primeiro cio, totalizando 248 dias. No estudo das curvas de lactação foram utilizados 1.167 registros de produção média diária de leite (kg) produzidos por 89 cabras Saanen que produziram 168 perfis de lactação. Os perfis foram analisados de acordo com a ordem de lactação (OL) e tipo de nascimento (TN). O efeito da OL foi verificado até a quinta lactação (OL_1 , OL_2 , OL_3 , OL_4 e OL_5). O número de registros e de perfis de lactação para cada OL foram: $OL_1 = 458; 56$, $OL_2 = 208; 30$, $OL_3 = 116; 14$, $OL_4 = 151; 19$ e $OL_5 = 147; 17$. Para TN foram verificados o efeito de nascimentos simples (TN_1), duplos (TN_2) e triplos (TN_3). Utilizaram-se diferentes modelos não lineares e funções de variância. No estudo econômico, levantaram-se dados contábeis da propriedade durante os anos 2012 a 2015, e os indicadores de viabilidade testados foram Margem Bruta, Margem Líquida e lucro. Na avaliação biométrica, os modelos foram: Gompertz para massa corporal e perímetro torácico, Brody para altura de cernelha, altura de garupa e comprimento corporal; Linear para largura de garupa e logístico para comprimento de garupa. A função de variância escalonada explicou melhor o comportamento da variância de todas as variáveis estudadas, exceto para largura de garupa que apresentou resposta exponencial. O modelo de Wood com a função de variância escalonada foi o mais indicado para estimar o efeito das diversas ordens de lactação na curva e o exponencial decrescente com função de variância escalonada foi o mais provável para efeito de tipo de nascimento nos parâmetros da curva. O sistema apresentou lucro médio R\$14.255,95 para os anos avaliados, sendo economicamente viável.

Palavras-Chave: cabras, economia, leite, modelagem, produção.

ABSTRACT

Mathematical modeling is a feature that aims to contribute to the knowledge linked to animal production, and allow quantification of several variables in animal perspective. This study aimed to characterize the biometric growth in goats, as well as adjust the lactation curve of Saanen goats and study the economic feasibility of the production system. The experiment took place in a property located in the municipality Bonfim (Minas Gerais). The study of biometric growth, were used 44 goats, accompanied by the birth to the clinical manifestation of the puberty, totaling 248 days. For lactation curves were used 1,167 average daily milk production records (kg) produced by 89 Saanen goats that produced 168 lactation profiles. The profiles were analyzed according to the order of lactation (OL) and type of birth (TN). The effect of OL was observed until the fifth lactation (OL_1 , OL_2 , OL_3 , OL_4 e OL_5). The number of records and lactation profiles for each OL were : $OL_1 = 458; 56$, $OL_2 = 208; 30$, $OL_3 = 116; 14$, $OL_4 = 151; 19$ e $OL_5 = 147; 17$. For TN were checked the effect of single births(TN_1), double (TN_2) and triple (TN_3). We used different non- linear models and variance functions. In the economic study we used financial information of the property during the years 2012-2015, and tested the feasibility indicators were Gross margin, net margin and profit. In biometric evaluation, the models were: Gompertz for body mass and heart girth, Brody for height withers, croup height and body length; Linear to croup width and Logistic for length of croup. The Scaled variance function explained the behavior of the variance of all variables except for croup width that showed exponential response. Wood model and Scaled variance function was the most suitable to estimate the effect of various lactation orders on the curve and the exponential decay with staggered variance function was the most likely to type of birth effect on the curve parameters. The system showed average profit R\$ 14,255.95 for the evaluated years, and economical viable

Keywords: economic, goats, milk, modeling, production

INTRODUÇÃO GERAL

A criação de cabras com o objetivo de produção leiteira é prática cultural e tradicional, datando de séculos atrás. Muitas vezes é destinada às atividades de subsistência nas sociedades pastoris e em pequenas e médias propriedades rurais, quando assume grande importância social e econômica; mas também se baseia na fabricação industrial de derivados lácteos nobres para um mercado consumidor exigente e seletivo, envolvendo sistemas mais tecnificados e com características industriais de produção específicas.

Além disso, existe uma crescente demanda por produtos alimentícios diferenciados e mais saudáveis, o que desperta notório interesse na exploração da espécie caprina, já que o leite caprino consiste em um alimento de excelente qualidade, tais como o maior percentual de ácidos graxos de cadeia curta e sua maior digestibilidade em comparação ao leite de vaca; e ao menor potencial de alergenicidade das proteínas constituintes. Apesar destes, observa-se grande dificuldade de gestão dos empreendimentos rurais, voltados à exploração desta espécie, acarretando em perdas financeiras de escalas variadas.

A utilização de ferramentas auxiliares facilitadoras para as diversas tomadas de decisões por parte dos técnicos e produtores contribui para a redução das perdas, em todos os âmbitos do sistema de produção de caprinos; sendo o uso de modelos matemáticos uma vertente capaz de explicar fenômenos que os produtores não observariam. Para tal, conhecer as aplicações diversas do uso de modelagem em um sistema de produção de caprinos leiteiros especializados na produção leiteira se faz essencial.

Baseado em um processo de seleção de modelos o objetivo foi caracterizar o crescimento biométrico de cabritas Saanen, bem como ajustar a curva de lactação das cabras de um rebanho produtor de reprodutores e matrizes especializadas, fechado há 10 anos. Além disso, foi feita uma análise econômica desse sistema de produção.

CAPÍTULO 1. REVISÃO DE LITERATURA

O aumento da demanda de alimentos de origem animal, no Brasil, essencialmente nas últimas décadas, acarretou na necessidade de melhorias nos diversos sistemas de exploração animal. Nesse contexto, a caprinocultura fortaleceu-se, sobretudo no setor lácteo, com a inserção de inovações tecnológicas em todos os segmentos relacionados à produção leiteira.

A região Sudeste tem se destacado no cenário nacional pela industrialização do setor, com a produção organizada, seguida de um beneficiamento formalizado. Apesar disso, grande parte dos produtores desconhece uma metodologia contábil adequada de determinação dos custos de produção dos sistemas. Destaca-se aqui que determinar os custos representa uma ferramenta auxiliar em qualquer empreendimento. Tal fato implica em uma desordem financeira no setor, o que traz como consequência, a saída de prováveis empreendedores do mercado. De acordo com Olesen et al. (2000), para o sucesso do agronegócio, os pilares da sustentabilidade (econômica, ética, social, cultural e ambiental) precisam ser respeitados.

Entender o comportamento dos custos de produção bem como dos indicadores econômicos de viabilidade do sistema é essencial para as diversas tomadas de decisões necessárias.

1.1 Distribuição do rebanho caprino no Brasil e em Minas Gerais

A caprinocultura está presente na história da humanidade, conforme atestam pinturas rupestres, diversos relatos históricos, mitológicos e até bíblicos; sendo a espécie caprina a primeira ser domesticada e incluída no hábito alimentar dos habitantes da época. Pela importância na produção de carne, leite e pele, esses animais foram levados pelo homem de seu habitat natural para outras regiões, sendo os animais domesticados com maior distribuição geográfica (Couto, 2003).

Em 2014 o rebanho mundial de caprinos, de acordo com a FAO (2015) era da ordem de 1.006.785.725 de cabeças; sendo este concentrado, em sua maior parte, nos países em desenvolvimento.

O Brasil é o 22^o país com maior rebanho caprinos, sendo este contingente estimado em 8.851.879 cabeças (FAO, 2015). A maior concentração de animais ocorre nos Estados pertencentes à região Nordeste do país, sendo que a Bahia representa o Estado brasileiro com maior rebanho caprino; aproximadamente 2.458.179 cabeças (SEAPA-MG, 2015). A tabela 1 classifica os principais Estados produtores de caprinos, com seus respectivos contingentes.

Tabela 1.1. Ordenação do efetivo rebanho caprino nos principais Estados

Ordem	Estado	Rebanho (cabeças)	Participação (%)
1 ^o	Bahia	2.458.179	28,0
2 ^o	Pernambuco	1.976.398	22,5
3 ^o	Piauí	1.239.161	14,1
4 ^o	Ceará	1.029.763	11,7
5 ^o	Paraíba	478.083	5,4
6 ^o	Rio Grande do Norte	397.093	4,5
7 ^o	Maranhão	355.424	4,0
8 ^o	Paraná	164.964	1,9
9 ^o	Minas Gerais	102.651	1,2
	Demais estados	577.469	6,5

Fonte: Adaptada de SEAPA-MG (2015).

Minas Gerais ocupa a nona colocação entre os Estados produtores de caprinos, com 102.651 cabeças, correspondendo a 1,2% do rebanho nacional. A principal região do Estado, produtora de caprinos é o Norte de Minas Gerais, seguido da região do Rio Doce e da Zona da Mata (tabela 2) (SEAPA-MG, 2015). De acordo com Guimarães (2006), a predominância de propriedades no Norte de Minas reforça a tradição regional como criadora de caprinos; sendo os mesmos de relevante importância na subsistência da população dessa região que, de forma geral, é carente e tem nos caprinos uma fonte de renda e de proteína de origem animal. Nas demais regiões do Estado, há predominância de sistemas exploradores cabras leiteiras, voltados à comercialização de leite e outros derivados oriundos do beneficiamento.

Tabela 1.2. Distribuição regional dos rebanhos caprinos em Minas Gerais

Região	Rebanho (mil cabeças)	Percentual
Norte de Minas	24,8	24
Zona da Mata	18,4	18
Rio Doce	16,7	16
Jequitinhonha/Mucuri	10,7	10
Sul de Minas	9,9	10
Central	9,0	9
Triângulo Mineiro	6,3	6
Alto Paraiba	2,5	2
Noroeste de Minas	2,1	2
Centro-oeste	2,0	2
TOTAL	102,7	100

Fonte: Adaptado de SEAPA-MG (2015).

1.2 Perfil das propriedades mineiras criadoras de cabras leiteiras

A caprinocultura de subsistência é uma atividade antiga em Minas Gerais, com presença de animais de corte concentrada no Norte de Minas nas décadas entre os anos 1960 e 1970. No final da década de 70, e durante toda a década de 80, começaram as importações de caprinos leiteiros da Europa e do Canadá, sendo que estes animais serviram como base para formação do rebanho leiteiro nacional (Guimarães, 2006).

A partir dos anos 90 houve uma expansão da caprinocultura para todo o Estado (Guimarães, 2006). Os importadores iniciaram as vendas de reprodutores puros de origem (PO) e, conseqüentemente a formação de rebanhos puros por cruzas (PC), onde o macho era PO das raças importadas e, as fêmeas, sem raça definida (SRD) (Fonseca e Bruschi, 2009). O tipo racial mais prevalente no Estado é o SRD ou mestiço, seguido pelo exótico, representado predominantemente pelas raças Saanen, Alpina e Toggenburg (Yorinori, 2001); sendo estas as mesmas raças reconhecidas por Azevedo et al. (1984), como sendo essencialmente destinadas à produção leiteira em Minas Gerais.

De acordo com Magalhães et al. (1985), Silva (1996), Borges (2003), Guimarães (2006) e Gonçalves et al. (2008), na região Sudeste as propriedades voltadas à exploração de cabras leiteiras, prevalecem em pequenas áreas com no máximo 100 hectares, e que tendem a se reduzir ainda mais; adotam o sistema intensivo e em sua grande maioria ficam restritas à proximidade das regiões metropolitanas e outros centros urbanos; diferindo no manejo alimentar por utilizar em quase sua totalidade, ração comercial, elevando os custos de produção. No sistema intensivo confinado, é essencial a alimentação volumosa e concentrada de qualidade o ano todo, ampliando a complexidade do sistema à medida que se tem que produzir ou comprar grandes quantidades de alimentos (Borges, 2003). Isso representa maior risco para o produtor diante de alterações dos preços relativos produto:insumos, já que o sistema é mais sensível a mudanças de preços. Numa economia historicamente instável, como a do Brasil, isto representa um sério problema, visto que o preço de sobrevivência desse sistema é mais elevado em relação aos demais (Gomes, 2001).

1.3 Modelagem na experimentação animal

A análise de sistemas agrícolas teve seus conceitos definidos nos anos 70 (Dent e Anderson, 1971) e, posteriormente, com o desenvolvimento da informática, a síntese através da modelagem matemática passou a ser adotada formalmente de sistemas agrícolas (Brockington, 1979). A utilização desta tecnologia tem aplicações tanto no meio científico, no ensino como também nas empresas. Isto se dá pelas várias aplicações da modelagem que vão

desde a realização de várias simulações de modo a escolher minimizar riscos; maximizar receitas; identificar lacunas do conhecimento; como também fazer prognóstico de caráter particular a fim de dispor tomadas de decisões para um sistema de produção; identificar e saber entender um problema; servir como precursor de várias outras pesquisas devido ao rastreamento oferecido pela composição do modelo.

Um modelo representa de forma abstrata a realidade e ilustra os componentes e os relacionais responsáveis por um determinado fenômeno, representa ou descreve algo real. A criação de um modelo matemático tem o propósito de fazer algum tipo de cálculo ou previsão de como o sistema irá se comportar (Brockington, 1979). Para tal, utiliza, sem sua maioria, análises de regressão na busca de representar ou descrever o sistema (Caixeta Filho, 2000).

Os modelos se diferenciam de acordo com a sua classificação. Podem ser de simulação que retratam o objeto ou o sistema original em uma escala menor; e os matemáticos, que buscam a descrição do sistema a partir da análise de regressão. Os modelos de crescimento animal são classificados como modelos de regressão lineares, aqueles que são lineares em relação aos parâmetros; modelos linearizáveis, aqueles que são transformados em lineares através de alguma transformação e modelos não lineares, que são modelos em que pelo menos uma das derivadas parciais depende de algum parâmetro do modelo. Um modelo pode ser chamado de estático se os dados são obtidos somente em um certo momento do tempo, ou seja, os modelos estáticos descrevem o fenômeno em um determinado momento. O modelo é dito dinâmico quando as respostas são mensuradas sequencialmente no tempo, as curvas de crescimento são exemplos de modelos dinâmicos. Os modelos empíricos são baseados apenas em correlações ou associações entre duas ou mais variáveis, sem levar em consideração os mecanismos que controlam o fenômeno. A associação do peso de um animal com a idade em cada tempo é uma situação clássica de modelo empírico. No entanto, imaginar que o peso do animal, apresenta a necessidade de manutenção, consumo e conversão alimentar em determinada idade é mais coerente, sendo exemplo de possível modelo mecanístico (Sampaio, 1988). Os modelos também são classificados quanto aos tratamentos estatísticos de suas variáveis e de seus parâmetros (estocásticos e deterministas) (Caixeta Filho, 2000).

Os modelos lineares são muito utilizados para cálculos de rações bem como no planejamento de fazendas; sendo interessantes por reduzirem a necessidade de recursos computacionais. Já os não lineares, são caracterizados por possuírem pelo menos uma das variáveis contendo expoente diferente de 1, não permitindo a linearidade das contribuições

das variáveis dentro da função; como por exemplo na avaliação de consumo de forragem pelos animais (Caixeta Filho, 2000; Ragsdale, 2009).

Os modelos estáticos representam comportamentos que tendem ao equilíbrio; ou seja, processos que quando alcançados são mantidos (Figueiredo, 2006). Estes modelos assumem que o estado do sistema em um determinado ponto do tempo é suficiente para a predição de sua tendência e que seus estados transitórios não influenciam os resultados (Barioni, 2002). Possuem alta aplicação nos sistemas de alimentação de ruminantes, como por exemplo, o *National Research Council – NRC* (2007). Os modelos dinâmicos diferem dos estáticos, pois os parâmetros podem variar com o tempo; ou seja, a modelagem dinâmica aborda as mudanças temporais no animal; como por exemplo, na avaliação das curvas de crescimento ou lactação (Thornley e France, 2006). Assim, para os modelos não lineares que descrevem o crescimento animal é relevante incorporar a autocorrelação, tendo em vista que as medidas de crescimento são realizadas no mesmo animal ao longo do tempo, portanto, é provável a correlação entre as medidas.

Os modelos matemáticos empíricos são baseados diretamente em dados experimentais observados, submetidos ou não a análises estatísticas, utilizando-se técnicas de regressão (Barioni, 2002). Já nos modelos matemáticos mecanísticos, os processos são quantificados com base no conhecimento científico atual, tornando-os complexos e demandando dados que, dificilmente são obtidos na prática (Oliveira et al., 2005). Os modelos mecanísticos não apresentam restrição para extrapolação temporal ou geográfica.

Os objetivos do simulador do modelo matemático, o nível de conhecimento do sistema em questão, o banco de dados existente e a demanda computacional associada definem o grau de simplicidade ou complexidade do modelo. De acordo com Barioni (2002), o modelo deverá ser simples o suficiente para a compreensão e manipulação dos cenários simulados, sendo muito próximo da realidade para a obtenção de resultados relevantes.

Conforme descrito por Medeiros (2003), os modelos determinísticos são definidos como aqueles que não possuem nenhuma variável aleatória. O termo determinístico implica que todas as soluções de uma equação ou de um conjunto de equações são exatas. Em experimentação animal, o termo significa que as soluções são especificamente aplicadas à resposta média de uma população. Já os estocásticos, são parecidos com os determinísticos; porem com pelo menos uma variável aleatória ou distribuição em probabilidade. Os modelos estocásticos podem também ser chamados de probabilísticos, pois as variáveis dependem de uma distribuição de probabilidades. Estes modelos permitem estimar, além das respostas dos animais, os parâmetros de dispersão, os quais medem a variabilidade dos indivíduos na

população. Estes modelos são bastante utilizados nos estudos de melhoramento animal. De acordo com Tronley e France (2006), os modelos matemáticos estocásticos possuem, geralmente, complexidade superior, e apesar de medir a variabilidade dos indivíduos, atua a nível populacional.

Um bom modelo matemático deve possuir estrutura flexível, para permitir a introdução de novas informações ou ideias, acompanhando a evolução científica; deve ser teoricamente bem embasado.

Para a construção de um modelo é importante coletar o maior número de dados e informações sobre e/ou o que compõem o sistema, com a maior precisão e exatidão possível. Segundo Ragsdale (2009) esta construção baseia-se nas seguintes fases: 1- Percepção do problema; 2- Formular e implementar o modelo; 3- Analisar o modelo; 4- Testar os resultados; e 5- Implementar a solução.

Essas fases, principalmente a segunda e quarta, deverão ser repetidas quantas vezes forem necessárias para que o usuário possa ter informações confiáveis, geradas pelo modelo.

Assim, de maneira simplificada, através de um sistema computacional será possível modelar o sistema, as relações entre os seus componentes, realizar a simulação e estimar a resposta do modelo gerado. Contudo, essa ferramenta pode ser considerada uma grande aliada na busca da diminuição da vulnerabilidade e dos riscos que compõem o sistema de produção, possibilitando atingir as metas pretendidas, em busca de retornos econômicos além de tornar visível a dinâmica dos eventos do sistema.

1.3.1 Modelagem no estudo das curvas de crescimento

A utilização de curvas de crescimento que relacionam o peso do animal com a idade tem despertado interesse de muitos pesquisadores em diversas áreas. Uma das principais vantagens de se usar um modelo matemático para descrever crescimento é a consolidação de informações contidas em dados de peso – idade dentro de parâmetros biologicamente interpretáveis (Cruz, et al., 2009). A associação desses parâmetros às características produtivas e reprodutivas pode ser uma boa ferramenta em programas de seleção (Rosa et al., 1979).

De acordo com Malhado et al. (2009), os modelos mais utilizados para descrever o crescimento dos animais são as funções Brody, Von Bertalanffy, Richards, Logístico e Gompertz. Em caprinos, praticamente não se conhece o comportamento desses modelos, nem qual deles seria o mais indicado para o crescimento dessa espécie (Freitas et al., 2005; Oliveira et al., 2009; Cruz et al., 2009).

1.3.2 Modelagem no estudo de curvas de lactação

As primeiras representações matemáticas da curva de lactação surgiram na década de 20 com Brody et al. (1923) e Brody et al. (1924). Entretanto, os modelos de curva de lactação se tornaram usuais após o modelo não linear proposto por Wood (1967). Conhecer as curvas de lactação de um rebanho auxilia na adequação de técnicas de alimentação e manejo, bem como no descarte e seleção de animais acordando com o padrão desejado, preestabelecido conforme a capacidade de produção (Gonçalves, 1994; Groenewald e Viljoen, 2003). A comparação da forma da curva entre grupos distintos de animais, com diferentes composições raciais, idades ao parto, rebanhos distintos e outros tratamentos de interesse, permitem a observação direta da eficiência desses grupos, propiciando melhor controle de produção (Groenewald e Viljoen, 2003).

Os modelos matemáticos descrevem a curva de lactação em função de parâmetros pré determinados. Tais modelos permitem prever rendimento de leite total usando um ou mais dias de teste registrados no início da lactação (Ribeiro et al., 2004). Parâmetros desses modelos, ou estatísticas derivadas deles, como produção máxima ou estimativa de persistência, podem ser usados para estudar efeitos sistemáticos de manejo nutricional, práticas de manejo ou outras fontes de variação (Morant e Gnanasakthy, 1989).

1.4 Investimentos, custos do sistema de produção e análise econômica

A devida caracterização do sistema de produção é o primeiro passo antes do início da avaliação econômica; sendo que o processo produtivo deve ser descrito detalhadamente para a identificação adequada de todos os fatores envolvidos na atividade (Barros, 2008; Moura et al., 2010). Conforme constatado por Guimarães (2006), o sistema intensivo de produção, sob o regime de confinamento, predomina nas propriedades mineiras exploradoras do leite caprino. Tal sistema de produção busca explorar o potencial máximo dos animais; facilitar o manejo das fêmeas em produção, nos âmbitos alimentares e reprodutivos; controlar as variações climáticas, amenizando as quedas de consumo, e/ou otimizando os índices de conversão alimentar; economizar a energia despendida durante a locomoção e movimentação em pastagens; controlar a infecção por helmintos gastrointestinais; otimizar a mão de obra; facilitar o gerenciamento (Fortes, 2000). É primordial que o produtor entenda a necessidade de realizar uma escrituração zootécnica; pois, somente através de anotações cuidadosamente efetuadas e devidamente analisadas é que se torna possível conhecer com precisão a realidade produtiva do criatório (Ribeiro, 1997).

Contudo, o regime de confinamento em grande escala, torna-se acessível apenas a um grupo restrito de produtores, com maior disponibilidade de recursos financeiros e capacidade gerencial. Isso porque esse modelo de produção requer maiores investimentos em instalações e equipamentos, além de elevados custos com alimentação dos animais e mão de obra (Durães, 1998).

A avaliação econômica deve tornar-se rotina, visando à constante revisão da rentabilidade da atividade (Barros, 2008) gerando, dessa forma, conhecimento para a utilização inteligente dos recursos ou fatores de produção (Lopes et al., 2004).

Uma das ferramentas para se analisar, planejar e estudar a viabilidade dos sistemas agroindustriais é a avaliação do custo de produção, ou seja, a soma dos valores de todos os insumos e serviços empregados na produção de um determinado bem (Gomes, 1996; Canziani, 1999; Yamaguchi, 1999). O termo custo de produção significa a compensação que os donos dos fatores de produção, utilizados para produzir determinado bem, devem receber para que eles continuem fornecendo esses fatores ao empreendimento (Buarque, 1986). Todavia, a determinação e a avaliação dos custos são cercadas de muitas dificuldades, como por exemplo, a avaliação correta dos bens produtivos e da vida útil, o custo de oportunidade e a definição dos prazos e dos parâmetros a serem considerados como termo de comparação para o retorno do capital e trabalho investidos na produção (Schuh, 1976).

De acordo com Crepaldi (1994), para efeito de cálculos, os custos são subdivididos em duas categorias: custos variáveis e custos fixos. Os custos variáveis são assim chamados pelo fato de que seus valores dependem da intensidade da produção; já os custos fixos ocorrem independente da intensidade da produção. Em concordância, Haas e Haas (1994) realizaram um estudo de viabilidade econômica da produção de leite de cabra com base em dois modelos de confinamento, com produção de volumoso dentro das respectivas propriedades. Os autores constataram que o aumento da produção, mesmo com o aumento do número de animais, diminui os custos de produção do leite, devido à redução dos custos fixos (tabela 1.3).

Tabela 1.3. Características de dois sistemas de confinamento de cabras leiteiras e os respectivos custos de produção de leite

Característica	Confinamento 1	Confinamento 2
Nº cabras em lactação	36	108
Produção por lactação (kg)	600	600
Custo de produção do leite (RS/kg)	0,75	0,63

Fonte: Adaptada de Haas e Haas (1994).

A classificação dos diversos custos em variáveis ou fixos, muitas vezes, é arbitrária e difícil de ser operacionalizada, devido aos fatores de produção serem classificados como fixos ou variáveis, dependendo do tempo considerado. Um fator pode ser fixo, no curto prazo, e variável no longo prazo (Gomes, 1999). Conseqüentemente, outros critérios podem ser utilizados para classificar os custos, ajustando melhor à necessidade do empresário, se necessário; tais como: despesas diretas, indiretas e custos operacionais.

Os custos diretos são identificados com precisão na produção, através de um sistema e um método de medição, cujo valor é relevante, como: horas de mão de obra, quilos de ração, manutenção, etc. Os custos indiretos são aqueles que são necessários à produção, geralmente de mais de um produto, mas alocáveis arbitrariamente, através de um sistema de rateio, estimativas e outros meios (Matsunaga, 1976; Gomes, 1999).

Proposto por Matsunaga et al. (1976), o custo operacional é formado por todos os custos que compõem os custos diretos, como: mão de obra, alimentação, medicamentos, energia, combustível, manutenção, assistência técnica, impostos e taxas; adicionados do valor de mão de obra familiar (quando houver) e de uma parte dos custos indiretos, representados pela depreciação dos bens duráveis utilizados no processo produtivo. Nessa estrutura encontra-se os seguintes custos: custo operacional efetivo, que representa os gastos efetivamente realizados com o sistema de produção proposto; e o custo operacional total, que corresponde ao custo operacional efetivo mais os custos correspondentes aos serviços executados pela mão de obra familiar e a depreciação do capital imobilizado em benfeitorias, equipamentos, animais e forrageiras não anuais. Ressalta-se aqui que a depreciação é uma reserva contábil destinada a gerar fundos necessários para a substituição do capital investido em bens produtivos de longa duração; representando o modo como a empresa dispõe de recuperar bem de capital, ficando em condições de repô-lo quando não mais for economicamente útil (Noronha, 1987). A determinação do valor de vida útil do bem deverá ser sempre estimado, e por isso nem sempre espelhará a realidade de forma precisa (o nível de manutenção, e o tipo de trabalho ao qual o bem será submetido terão influência direta na sua vida útil a campo) (Antunes e Angel, 1999).

No caso da depreciação de animais leiteiros, Gomes (1999) faz uma ressalva, quando no cálculo do custo se considera todo o rebanho, e ele está estabilizado não é feita a depreciação das vacas (cabras), uma vez que as novilhas substituem as vacas (cabras), mantendo-se a mesma idade média da categoria vacas (cabras). O custo de recria das novilhas que substituirão as vacas (cabras) corresponde à depreciação dessas vacas (cabras).

Entretanto, quando no cálculo do custo se considera apenas a categoria vacas (cabras), elas devem ser depreciadas.

A partir da estrutura de custo operacional, Gomes (1997; 1999) lucubra ainda o custo total, sendo este o custo operacional total, acrescido da remuneração do capital circulante ou custo operacional efetivo sobre o capital fixo. Da renda bruta da atividade, deduzido o custo total, tem-se o lucro disponível para remunerar o empresário produtor.

A renda bruta ou receitas totais do projeto ou sistema de produção é o fluxo de recursos financeiros (monetários) que o mesmo recebe em cada ano da sua vida útil, direta ou indiretamente, graças às suas operações ou funcionamento (Buarque, 1986). O mesmo autor indica que o cálculo das receitas consiste em multiplicar a quantidade esperada da venda de cada ano, de cada produto, pelo preço correspondente, através do modelo:

$$R^n = q_1^n \cdot p_1^n + q_2^n \cdot p_2^n + \dots + q_m^n \cdot p_m^n$$

Onde:

R = receitas no ano n qualquer

q_1^n = quantidade do produto 1 vendida no ano n qualquer

p_1^n = preço praticado na venda do produto 1 no ano n qualquer

q_2^n = quantidade do produto 2 vendida no ano n qualquer

p_2^n = preço praticado na venda do produto 2 no ano n qualquer

q_m^n = quantidade do produto m qualquer vendido no ano n qualquer

p_m^n = preço praticado na venda de um produto m qualquer durante o ano n qualquer

De acordo com Noronha et al. (1999) e Gomes (1999), a composição da renda bruta deve conter ainda a variação do inventário animal, ou variação de estoque (Matsunaga et al., 1976), que é calculada a cada novo período de 12 meses subtraindo o valor final do rebanho do valor inicial no ano.

A avaliação financeira do projeto agropecuário ou do sistema de produção deve ser realizada através da análise dos indicadores de resultado. Gomes (1997; 1999) sugere como indicadores a margem bruta, que corresponde à subtração do custo operacional efetivo da renda bruta; a margem líquida, que corresponde à renda bruta menos o custo operacional total; e o lucro, que corresponde à renda bruta menos o custo total. Para Gomes (1997;1999) e Nogueira et al. (2001) quando a margem bruta possui valor maior que zero, significa que a renda bruta é maior que o custo operacional efetivo, e o produtor poderá sobreviver no curto

prazo, se a mão de obra familiar estiver sendo remunerada. No caso da margem bruta ser inferior a zero, indica que a exploração está antieconômica, pois não está sendo capaz de cobrir os desembolsos efetivos. Por outro lado, quando a margem bruta se iguala a zero, ou seja, quando a renda bruta se iguala ao custo operacional efetivo, verifica-se que a mão de obra familiar não está sendo remunerada (se for o caso), e se o produtor não agregar outra fonte de recursos ele não permanecerá por muito tempo na atividade.

Para a margem líquida, Gomes (1997; 1999) e Nogueira et al. (2001) explicam que quando esta assume valores superiores a zero o produtor pode permanecer na atividade no longo prazo; valor de margem líquida igual a zero indica que a renda bruta é igual ao custo operacional total, e, neste caso, as depreciações e a remuneração da mão de obra familiar estão sendo cobertas, mas o capital investido não foi remunerado. Contudo os autores alertam que valores inferiores a zero, para a margem líquida; ou seja, renda bruta inferior ao custo operacional total, significa que alguns dos fatores de produção não estão sendo remunerados e o produtor encontra-se em processo de descapitalização.

De acordo com Gomes (1996), o lucro resulta da diferença entre a renda bruta e o custo total. Quando o lucro é positivo, pode-se concluir que a atividade é estável e com possibilidade de expansão. Em caso de lucro negativo, mas em condições de suportar o custo operacional efetivo; ou seja, a margem bruta é positiva, pode-se concluir que o empresário produzirá por determinado período, embora com um problema crescente de descapitalização. Esta situação torna a atividade não lucrativa. O lucro nulo (igual a zero) significa que a empresa está no ponto de equilíbrio. Ainda segundo Gomes (1996), pensando em termos de lucro, deve-se entender os fatores que o afetam. Pode-se aumentar o lucro aumentando a renda, reduzindo o custo ou combinando ambos. Nestes termos, pode-se aumentar o lucro mesmo com a redução do preço do produto, desde que o custo de produção se reduza mais que o preço do produto, que se aumente a produtividade, ou, ainda, que se combinem ambos. E por último ressalta-se o preço do produto, que também é um dos componentes do lucro. Para tal, deve-se considerar o preço dos fatores de produção e a produtividade. O empresário ou produtor deve buscar o máximo lucro e não necessariamente o maior preço. O importante é o comportamento do lucro e não o comportamento do preço pago pelo produto. A queda do preço pago pelo produto deve ser compensada pelo aumento da produtividade.

A remuneração de capital é definida como a taxa de retorno que o capital empregado na produção obteria em investimento alternativo. Este valor representa a oportunidade perdida pelo empresário ao deixar de aplicar o mesmo montante de recursos numa outra alternativa. Na prática, a base de comparação para o custo de oportunidade do capital do produtor são

aplicações tradicionais do mercado financeiro, como a caderneta de poupança (Canziani, 1999).

Conforme Yamaguchi (1999), o valor a ser apropriado como remuneração do capital imobilizado segue diferentes critérios. Como remuneração pelo uso do fator terra, imputa-se o valor de arrendamento médio da terra em vigor na região. Na ausência desse valor, deve-se imputar uma taxa de juros de longo prazo (anual) sobre o valor do capital médio imobilizado nesse fator. Para os demais itens de capital imobilizado (benfeitorias, equipamentos, animais, e forrageiras não anuais) é computado com a fórmula:

$$Ra = \frac{(Vi - Vf)}{2 \cdot r}$$

Onde:

Ra = valor da remuneração anual

Vi = valor inicial do bem

Vf = valor final do bem

r = taxa de juros de longo prazo (em geral 6%)

No caso da remuneração do capital circulante (ou custo operacional efetivo), pode-se imputar a taxa de 6% ao ano sobre o seu valor médio. No entanto, Yamaguchi (1999) ressaltou que ao imputar esse valor, como item de custo, é necessário proceder da mesma forma para remunerar a renda bruta, decorrente das vendas realizadas. Se a receita não está sendo devidamente corrigida, o capital estimado utilizado para cobrir os custos operacionais também não deve ser remunerado. Nesse caso, o autor sugere desconsiderar tal remuneração, tanto do lado do custo quanto da renda.

Buarque (1986) sugere ainda duas outras metodologias de análise financeira: valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR). O VPL corresponde ao transporte para a data zero de um diagrama de fluxos de caixa, ou seja, de todos os recebimentos e desembolsos esperados, descontados à taxa de juros considerada. Desse modo, pode-se afirmar que esse método baseia-se na transferência, para o presente, de todas as possíveis variações no fluxo de caixa, descontadas da chamada taxa mínima de atratividade (TMA). Um projeto viável deve apresentar VPL maior que zero. A fórmula para se calcular o VPL de um fluxo de caixa, composto por n pagamentos/ recebimentos futuros F_n é determinada pela equação:

$$VPL = -I_0 + \frac{F1}{(1+i)^n} + \frac{F2}{(1+i)^n} + \frac{F3}{(1+i)^n} + \dots + \frac{Fn}{(1+i)^n}$$

Onde:

VPL = valor presente líquido

I_0 = Investimento inicial

i = Taxa de juros aplicada (TMA)

n = Número de períodos em cada série uniforme

Já a TIR, corresponde à taxa que torna nulo o VPL do investimento; devendo ser comparada à TMA para fins de decisão sobre a viabilidade do investimento. O investimento na atividade é viável quando este apresentar TIR superior à TMA. Para tal cálculo, utiliza-se a equação sugerida para determinar o VPL, atribuindo o valor zero para este; e conseqüentemente, calcula-se o valor da taxa i (TIR):

$$VPL = -I_0 + \frac{F1}{(1+i)^n} + \frac{F2}{(1+i)^n} + \frac{F3}{(1+i)^n} + \dots + \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

De acordo com Crepaldi (1994), um dos controles que obrigatoriamente deve ser feito é a relação custo x benefício da atividade, que representa a relação entre o valor monetário dos fatores necessários para a atividade e o valor monetário do produto gerado por esta.

1.5 Referências Bibliográficas

ANTUNES, L. M.; ANGEL, A. *Manual de administração rural: custo de produção*. Gaíba: Agropecuária, 1999, p.119-133.

AZEVEDO, A. G.; MOUCHREK FILHO, E.E.; MOURTHÉ, H. et al. *Programa de desenvolvimento da caprinocultura em Minas Gerais*. Belo Horizonte: Secretaria da Agricultura, 1984, p.45.

BARIONI, L.G. *Modelagem dinâmica e otimização metaheurística para apoio à tomada de decisões na recria e engorda de bovinos de corte*. Piracicaba, 2002. 100p.

- BARROS, C. S. Análise econômica de sistemas de produção de ovinos para carne. 2008. 145f. *Dissertação* (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba:UFPR, 2008.
- BORGES, C. H. P. Custos de produção do leite de cabra na região Sudeste do Brasil. In: II Simpósio Internacional de Caprinos e Ovinos de Corte. *Anais...* João Pessoa: EMEPA, 2003. p.1-14. CD-ROOM.
- BROCKINGTON, N.R. *Computer modelling in agriculture*. London: Oxford University, 1979. 156p.
- BRODY, S; RAGSDALE, A.C.; TURNER, C.W. The rate of decline of milk secretion with the advance of the period of lactation. *The Journal of General Physiology*, v.5, p.442-444, 1923.
- BRODY, S.; RAGSDALE, A.C.; TURNER, C.W. The relation between the initial rise and the subsequent decline of milk secretion following parturition. *The Journal of General Physiology*, v.6, p.541-545, 1924.
- BUARQUE, C. Custos e receitas. In: BUARQUE, C. *Avaliação econômica de projetos*. Rio de Janeiro: Campus, cap. 5, 1986, p. 104-126.
- CAIXETA FILHO, J. V. *Pesquisa Operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais*. Piracicaba: ED. J. V. CAIXETA FILHO, 2000. 212 p.
- CANZIANI, J. R. F. Uma abordagem sobre as diferenças de metodologia utilizadas no cálculo do custo total de produção da atividade leiteira a nível individual (produtor) e a nível regional. In: Seminário sobre metodologia de cálculos de custo de produção de leite, Piracicaba, 1999. *Anais...*Piracicaba: USP, 1999.
- COUTO, F. A. A. Dimensionamento do mercado da carne caprina no Brasil. In: II Simpósio Internacional de Caprinos e Ovinos de Corte. *Anais...* João Pessoa: EMEPA, 2003. p.71-81. CD-ROOM.
- CREPALDI, S.A. *Cálculo do custo de produção na empresa rural*. In: CREPALDI, S.A. *Administração rural: uma abordagem decisória*. Varginha, Ed. Organizações Crepaldi, cap.7, 1994,p.83-114,.

CRUZ, G.R.B.; COSTA, R.G.; RIBEIRO, M.N. Curva de crescimento de caprinos mestiços no Estado da Paraíba. *Rev. Bras. Cien. Agra.*, v.4, n.2, p.204-210, 2009.

DENT, J.B.; ANDERSON, J.R. *Systems analysis in agricultural management*. Sidney: John Wiley e Sons, 1971. 394p.

DURÃES, M. C. Sistema de produção de leite em confinamento. In: Simpósio Internacional de Produção de Leite, Lavras, 1998, *Anais...*, Lavras:UFLA-FAEPE, p.97-145, 1998.

FAO. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. Disponível em <http://faostat.fao.org/default.aspx>. Acesso em 01/01/2016.

FIGUEIREDO, J.W. Modelagem matemática da dinâmica macroeconômica de um município rural: um estudo de caso em Lagoa dos Três Cantos (RS). 2006. *Dissertação* (Mestrado em Modelagem Matemática) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, RS, 2006.

FONSECA, J. F.; BRUSCHI, J. H. *A caprinocultura leiteira no Brasil: uma visão histórica*. In: FONSECA, J. F.; BRUSCHI, J. H. Produção de caprinos na região da Mata Atlântica. Brasília: MCT/CNPq, Juiz de Fora: EMBRAPA, cap. 1, 2009, p.15-24.

FORTES, R. S. Conforto e saúde animal versus engenharia de produção em confinamento. In: Simposio Internacional Sobre Produção de Bovinos leiteiros, Carambeí, 2000. *Anais...* Carambeí:Fundação ABC, 2000.

FREITAS, A.R. Curvas de crescimento na produção animal. *Ver. Bras. Zootec.*, v.34, p.786-795, 2005.

GOMES, S. T. *A economia do leite*. Coronel Pacheco: EMBRAPA, 1996, p.17-23.

GOMES, S. T. *Indicadores de eficiência técnica e econômica na produção de leite*. São Paulo: FAESP, 1997, 178p.

GOMES, S. T. Cuidados no cálculo do custo de produção do leite. In: Seminário sobre metodologia de cálculos de custo de produção de leite, Piracicaba, 1999. *Anais...*Piracicaba: USP, 1999.

- GOMES, S. T. *Avanços socioeconômicos em sistemas de produção de leite*. In: VILELA, D.; BRESSAN, M.; CUNHA, A.S. Cadeia de lácteos no Brasil: restrições ao seu desenvolvimento. Brasília: MCT/CNPq, Juiz de Fora: EMBRAPA, 2001, p.141-156.
- GONÇALVES, A. L.; LANA, R. P.; VIEIRA, R. A. M.; et al. Avaliação de sistemas de produção de caprinos leiteiros na Região Sudeste do Brasil. *R. Bras. Zootec.*, v.37, n.2, p.366-376, 2008.
- GUIMARÃES, A. S. Caracterização da caprinocultura em Minas Gerais. 2006. 87f. *Dissertação* (Mestrado em Medicina Veterinária Preventiva) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte: EV-UFMG, 2006.
- GONÇALVES, T.M. Estudo da curva de lactação de vacas da raça Gir. 1994. *Dissertação* (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994. 66p.
- GROENEWALD, P.C.N.; VILJOEN, C.S. A Bayesian model for analysis of lactation curves of dairy goats. *J. Agric. Bio. Env. Statist.*, v. 8, p.75-83, 2003.
- HAAS, L. S. N.; HAAS, P. Viabilidade econômica da caprinocultura. In: Encontro nacional para o desenvolvimento da espécie caprina, 3, Jaboticabal, 1994. *Anais...Jaboticabal*: Unesp, 1994, p.162-195.
- LOPES, M. A.; LIMA, A. L. R.; CARVALHO, F. M.; et al. Efeito do tipo de sistema de criação nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG). *Cien. Agrot.*, v.28, n.5, p.1177-1189, 2004.
- MAGALHÃES, H. H.; GOUVEIA, A. M. G.; CAPISTRANO, C. M. B. Diagnóstico da situação da caprinocultura em algumas microrregiões dos Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. *Cabras e Bodes*, v.1, p.5-7, 1985.
- MALHADO, C.H.M.; CARNEIRO, P.L.S.; MELO, P.R.A.M. et al. Growth curves in Dorper sheep crossed with the local brazilian breeds, Morada Nova, Rabo Largo and Santa Ines. *Small Rumi. Res.*, v.84, p.16-21, 2009.
- MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N. et al. *Metodologia do custo de produção utilizada pelo IEA*. Agricultura em São Paulo, v.23, n.1, 1976, p.123-139.

- MEDEIROS, H.R. Avaliação de modelos matemáticos desenvolvidos para auxiliar a tomada de decisão em sistemas de ruminantes em pastagem.2003. *Tese* (Doutorado) ESALQ, Universidade de São Paulo, 2003, 97p.
- MORANT, S.V.; GNANASAKTHY, A. A new approach to the mathematical formulation of lactation curves. *Ani. Prod.*, v.49, p.151-162, 1989.
- MOURA, J. F. P.; FILHO, E. C. P.; NETO, S. G. et al. Análise econômica e exploração de leite no cariri paraibano. *Acta. Sci. Anim. Sci.* v.32, n.2, p.225-231, 2010.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of small ruminants. 2007, p.112-118.
- NOGUEIRA, M. A.; VALE, S. M. L. R; ANDRADE, W. S. P. Análise econômica da produção de leite de pequenos produtores da região de Viçosa. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL – SOBER, 39., 2001, Recife. *Anais...* Recife, 2001.
- NORONHA, J. F. Depreciação. In: NORONHA, J. F. *Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica*. São Paulo: Atlas, cap. 6, 1987, p.169-179.
- NORONHA, J. F.; NUNES, C. L. M.; et al. Análise da rentabilidade da atividade leiteira no Estado de Goiás. In: Seminário sobre metodologias de cálculo de custo de produção de leite, Piracicaba, 1999. *Anais...*Piracicaba: USP, 1999.
- OLESEN, I.; GROEN, A. F.; GJERDE, B. Definition of animal breeding goals for sustainable production systems. *Journal Animal Science*, v.78, p.570-582, 2000.
- OLIVEIRA, D.F.; CRUZ, J.F.; CARNEIRO, P.L.S. et al. Desenvolvimento ponderal e características de crescimento de caprinos da raça Anglonubiana, criados em sistema semi intensivo. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, v.10, p.256-265, 2009.
- OLIVEIRA, F.G.T.; NOVAIS, R.B.; ALVAREZ, V.H. et al. Desenvolvimento de um sistema para recomendação de adubação para a cultura da bananeira. *R. Bras. Ci. Solo*, n.29, p. 131-143, 2005.
- RAGSDALE, Cliff T. *Modelagem e análise de decisão*.São Paulo: Cengage Learning, 2009.

RIBEIRO, M.N.; FARO, L.E.; PIMENTA FILHO, E.C.; et al. Modelos matemáticos para ajuste da curva de lactação de cabras mestiças no Cariri paraibano. *Ars. Vet.*, v.20, n.3, p.276-282, 2004.

RIBEIRO, S. D. A. *Escrituração Zootécnica*. In: Caprinocultura: criação racional de caprinos. São Paulo: Nobel, 1997, p.218.

SAMPAIO, I.B.M. Experimental designs and modelling techniques in the study of roughage degradation in the rumen and growth of ruminants. 1988. 114p. *Thesis (PHD)* – University of Reading, Reading, UK.

SCHUH, G. E. *Considerações teóricas sobre o custo de produção na agricultura*. São Paulo: Agricultura em São Paulo, v.1, n.23, 1976, p.97-112.

SEAPA-MG. Secretaria do Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Relatórios da Pecuária: Caprinocultura. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <http://www.agricultura.mg.gov.br/component/search/?all=caprinocultura&exact=&any=&none=&created=&modified=&area=documents>. Acesso em 09/01/2016.

SILVA, R.R. *Sistema agroindustrial da caprinocultura leiteira no Brasil*. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1996,38 p.

THORNLEY, J.H.M.; FRANCE, J. *Mathematical models in agriculture: Quantitative methods for the plant, animal and ecological sciences*. 2nd ed. Wallingford: CABI Publishing.

WOOD, P.D.P. Algebraic modelo of the lactation curve in cattle. *Nature*, v.206, p.164-165, 1967.

YAMAGUCHI, I. C. T. Custo de produção de leite: critérios e procedimentos metodológicos. In: Seminário sobre metodologia de cálculos de custo de produção de leite, Piracicaba, 1999. *Anais...*Piracicaba: USP, 1999.

YORINORI, E. H. Características dos sistemas de produção de pequenos ruminantes e prevalências da artrite encefalite caprina (CAE) e Maed-Visna (MV) ovina, nas regiões norte e nordeste de Minas Gerais, 2000. 2001, 92f. *Dissertação* (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Belo Horizonte, 2001.

CAPÍTULO 2. CRESCIMENTO PONDERAL E BIOMETRIA DE CABRITAS DA RAÇA SAANEN

2.1 Resumo

O objetivo do estudo foi avaliar o comportamento de diferentes modelos (Linear, Brody, Logístico, Gompertz e Von Bertalanffy) e diferentes funções de variância (homogênea, exponencial, assintótica e escalonada) no desenvolvimento alométrico e crescimento biométrico de cabritas da raça Saanen, acompanhadas do nascimento até o momento de manifestação clínica de estro. Para tal, 44 fêmeas foram acompanhadas em uma propriedade especializada localizada no município de Bonfim (MG). As variáveis foram: massa corporal, perímetro torácico, altura de cernelha, altura de garupa, largura de garupa, comprimento de garupa e comprimento corporal. O crescimento ponderal e o desenvolvimento biométrico apresentaram funções diferentes de crescimento. Para as variáveis massa corporal e perímetro torácico o modelo mais provável foi Gompertz, para comprimento de garupa o Logístico, para altura de cernelha, comprimento corporal e altura de garupa, o de Brody; sendo que o modelo Linear foi o que melhor simulou o desenvolvimento da largura de garupa. A função de variância escalonada explicou melhor o comportamento da variância de todas as variáveis estudadas exceto para largura de garupa que apresenta comportamento exponencial.

Palavras-chave: caprinos, desenvolvimento ponderal, estro, modelagem, recria

2.2 Introdução

A caprinocultura leiteira vem ganhando espaço, ao longo dos anos, no cenário nacional. Em Minas Gerais, nota-se um processo contínuo de organização da cadeia produtiva, através da criação de raças especializadas em produção leiteira, beneficiamento formalizado e sistemas de produção tecnificados.

As medidas corporais e os índices zootécnicos são de fundamental importância para caracterizar um grupo genético, e conhecer as particularidades do desenvolvimento biométrico pode representar uma importante ferramenta para o melhoramento animal uma vez que algumas características físicas estão correlacionadas com o potencial produtivo do animal.

O uso de modelos não lineares pode auxiliar o pesquisador a conhecer o comportamento das características desejáveis, por apresentarem parâmetros passíveis de interpretação biológica. Por existirem vários modelos não lineares capazes de descrever as curvas de crescimento e biometria animal, são necessários critérios para avaliar a qualidade dos modelos, para que seja possível determinar qual o modelo mais provável para cada variável.

De acordo com Burnham e Anderson (2004), o critério de informação de Akaike (AIC) é uma estatística consistente, para a seleção do modelo mais adequado para uma variável.

O objetivo do presente estudo é descrever o crescimento ponderal e desenvolvimento biométrico de cabritas Saanen até as primeiras manifestações clínicas de estro com auxílio de funções matemáticas de crescimento não lineares.

2.3 Material e Métodos

2.3.1 Local, animais e manejo experimental

O estudo foi realizado em uma propriedade especializada na produção de cabras leiteiras, localizada no município de Bonfim (mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais), a 20°18'17,46" S e 44°13'45,61" O, altitude de 930 m, clima subtropical úmido (classificação climática de Köppen-Geiger: Cwa), no período de setembro de 2014 à maio de 2015, totalizando 248 dias.

A propriedade possui uma área de quatro hectares sendo, um hectare destinado a produção de milho para silagem, 0,2 hectare para instalações, um hectare para produção de cana de açúcar, 1,3 hectare para plantio de capim elefante e 0,5 hectare de reserva. A área é predominantemente constituída de topografia acidentada.

As instalações do capril consistem em um galpão com área total de 988 m², com baias de piso ripado, depósitos de volumoso e concentrado, sala de ordenha e de armazenamento de leite, corredores de circulação, pista de alimentação, escritório e banheiros; um bodil com área de 35 m² também de piso ripado e uma unidade de cria, com área de 178 m².

O sistema analisado possui manejo intensivo de produção, sendo que os animais permanecem em regime de confinamento durante todo o ano.

Durante a fase de cria, que correspondeu ao período de 1^o ao 60^o dia de vida, as cabritas foram alimentadas com leite de cabra, ofertado duas vezes ao dia em porções de 500

mL, totalizando um litro diário, concentrado comercial à base de milho e soja e capim elefante picado *ad libitum*.

Na recria, que durou do 61^o dia até a manifestação clínica de estro, a dieta foi constituída de capim elefante picado e silagem, na proporção de 50% de capim elefante e 50% de silagem de milho (*ad libitum*), e o mesmo concentrado comercial à base de milho e soja *ad libitum*. A oferta de concentrado foi reduzida nos momentos em que as cabritas apresentavam escore corporal acima de 3,5. O controle foi realizado conforme a técnica de avaliação preconizada por Morand-Fehr e Hervieu (1989). Para todas as fases foi oferecido sal mineral apropriado para caprinos *ad libitum*.

Considerou-se como manifestações clínicas do estro abanar a cauda, balir e urinar quando próximas do macho, vulva edemaciada e com corrimento mucoso.

No que se refere a cuidados sanitários, os animais foram vacinados, aos 60 dias de idade contra as clostridioses além de vermifugados.

2.3.2 Coleta de dados biométricos

Quinzenalmente as cabritas foram pesadas para obtenção da massa corporal.

Os dados biométricos foram coletados com os animais em superfície plana, com auxílio de uma fita métrica, mensalmente, e compreenderam:

- Perímetro torácico (PT): circunferência externa do tórax, ao nível da cernelha;
- Comprimento corporal (CC): distância entre a parte cranial da tuberosidade maior do úmero à da tuberosidade isquiática;
- Altura da cernelha (AC): altura no ponto mais alto, na região interescapular;
- Altura da garupa (AG): medida do solo até a tuberosidade sacral do ílio;
- Largura de garupa (LG): distância entre as protuberâncias ilíacas;
- Comprimento de garupa (CG): distância entre a tuberosidade coxal do ílio e a tuberosidade isquiática.

2.3.3 Modelos e análises

Os perfis das medições biométricas foram descritos quantitativamente pelos modelos não lineares. No entanto, diferentes funções de variâncias foram testadas. A forma geral

atribuída para os modelos não lineares foi $Y \sim Normal(\mu_{Y_t}, \sigma_{Y_t}^2)$. As funções matemáticas atribuídas foram as seguintes:

$$\mu_{Y_t} = Y_f - (Y_f - Y_0) \exp(-kt); \text{ (Modelo Monomolecular ou Brody)} \quad \text{Eq. (1)}$$

$$\mu_{Y_t} = Y_f / [1 + (Y_f - Y_0)(\exp(-kt))]; \text{ (Modelo Logístico)} \quad \text{Eq. (2)}$$

$$\mu_{Y_t} = Y_0 \exp[k(1 - \exp(-Dt))/D]; \text{ (Modelo Gompertz)} \quad \text{Eq. (3)}$$

$$\mu_{Y_t} = Y_f [1 - (Y_f - Y_0)(\exp(-kt))]^3; \text{ (Modelo Von Bertalanffy)} \quad \text{Eq. (4)}$$

Em que Y_f (kg) é o crescimento assintótico para modelos de crescimento; Y_0 (kg) é o crescimento inicial ao nascimento; k é a taxa de crescimento (d^{-1}) definida como produto $1/Y \times dY/dt$; D é a taxa de declínio de k e t é a tempo expressado em dias. As Eq. (1) a (5) são os modelos Monomolecular (Brody, 1945; France et al., 1996), Logístico, Gompertz (France et al., 1996) e Von Bertalanffy (Fitzhugh, 1976).

As variâncias foram modeladas de acordo com as seguintes funções:

$$\sigma_{Y_t}^2 = \sigma_0^2; \text{ (Variância Homogênea)} \quad \text{Eq. (5)}$$

$$\sigma_{Y_t}^2 = \sigma_0^2 [\exp(ct)]; \text{ (Variância Exponencial)} \quad \text{Eq. (6)}$$

$$\sigma_{Y_t}^2 = \sigma_0^2 + \sigma_b^2 [1 - \exp(-st)]; \text{ (Variância Assintótica)} \quad \text{Eq. (7)}$$

$$\sigma_{Y_t}^2 = \sigma_0^2 (\mu_{Y_t})^{2\psi}; \text{ (Variância Escalonada)} \quad \text{Eq. (8)}$$

Uma variância comum foi assumido na Eq. (5) onde σ_0^2 é a variância residual ; na Eq. (6) foi assumido um aumento exponencial da variância inicial (σ_0^2) em relação ao tempo com uma taxa específica crescente (c, d^{-1}); um aumento assintótico (σ_b^2) da variância inicial em relação ao tempo e com uma taxa específica decrescente (s, d^{-1}) foi assumida na Eq. (7); a variância residual ($\sigma_t^2 = \sigma^2$) escalonada por uma potência (ψ) em função da média esperada, μ_{Y_t} .

Os perfis que o modelo Gompertz melhor se ajustou foram utilizadas equações derivadas desse modelo com a finalidade de estimar a idade pontual em que o desenvolvimento da variável cessa (t_f), para Gompertz usou-se as seguintes equações matemáticas:

$$t_i = \frac{1}{D} \ln \left(\frac{k}{D} \right); \quad \text{Eq. (9)}$$

$$\mu_{t_i} = y_0 \exp \left[\frac{k(1-e^{-Dt_i})}{D} \right]; \quad \text{Eq. (10)}$$

$$km = \left(\frac{dy}{dt} \right)_i = k \exp^{-Dt_i} y_0 \exp \left[\frac{k(1-e^{-Dt_i})}{D} \right]; \quad \text{Eq. (11)}$$

Em que t_i é o valor de t na inflexão; μ_{t_i} é o valor da variável μ_t no ponto t_i e μm significa a taxa de crescimento máximo.

Algumas variáveis medidas no presente estudo apresentavam perfis que assemelhava a uma linha reta. Por essa razão, um modelo linear simples foi introduzido como Eq (12), a fim de verificar se um modelo linear era tão provável de imitar os padrões de crescimento do que os modelos não lineares das Eqs. (1) - (4):

$$\mu_{Y_t} = \beta_0 + \beta_1 t; \quad (\text{Modelo Linear}) \quad \text{Eq (12)}$$

Os parâmetros β_0 e β_1 são o intercepto e a inclinação do perfil de crescimento, respectivamente. Este modelo também foi montado em combinação com Eq (5) - (8).

Os 20 modelos (4 equações de crescimento \times 5 funções de variância) foram ajustados para o perfil de crescimento com o auxílio do procedimento NLMIXED do SAS (v. 9, SAS systems, Inc; Cary, USA). O algoritmo escolhido foi o Newton Raphson (TECH=NEWRAP)

Foi utilizado o critério de informação de Akaike corrigido ($AICc$) (Sugiura, 1978) e algumas funções derivadas para escolha do melhor modelo a ser utilizado (Burnham e Anderson, 2004). O $AICc$ de cada modelo foi registrado e, assim, foi possível calcular a variação (Δ) entre cada um dos 20 modelos utilizados e o modelo de menor $AICc$. A probabilidade de verossimilhança (w) foi calculada para cada um dos 20 modelos. A razão de evidência (ER) foi calculada a partir da maior w no conjunto de modelos ajustados e o

modelo de interesse. O modelo que apresentou Δ igual a 1,0, também apresentou maior w e menor valor ER , foi considerado o melhor modelo para o conjunto de dados em estudo. Foi utilizado o critério de parcimônia, portanto, o número de parâmetros (θ) foi considerado um critério de seleção do melhor modelo quando diferentes modelos tiveram valores de Δ iguais ou próximos ($\Delta \leq 2$). A quantidade de parâmetros significativos ($P < 0,05$) também foi levada em consideração na escolha do melhor modelo.

O modelo alométrico de Huxley e Teissier (1936) foi adotado para o escalonamento da variável perímetro torácico (PT) em relação à massa corporal, como demonstrado na equação a seguir:

$$PT = \alpha (\mu_{Y_t})^\beta \quad \text{Eq. (13)}$$

Onde μ_{Y_t} é a massa corporal; Y é a massa da variável que queremos encontrar; α é a constante da integração e define a intercepção com o eixo y ; β é uma medida da proporção das taxas de crescimento relativo ou coeficiente de alometria.

Empregou-se o método dos quadrados mínimos ordinários, solucionados por meio do processo iterativo de Gauss-Newton.

A análise dos dados foi realizada empregando-se o programa SAS (SAS Institute, Cary, NC, USA, 2002) versão 9.0 e o procedimento analítico usado foi o PROC NLIN.

2.4 Resultados

2.4.1 A seleção do modelo

As avaliações das melhores combinações entre os modelos propostos e as funções de variâncias quanto à verossimilhança para as variáveis biométricas testadas estão apresentadas na Tabela 2.1. Nem todas as combinações de modelo produziram ajustes com matriz hessiana positiva definida. Dessa forma, modelos que apresentaram menores valores de AICc mas não produziram ajustes com matriz hessiana positiva definida foram excluídos como opção de melhor modelo.

Pelo critério de parcimônia e levando em consideração os valores de AICc mais baixos para as variáveis estudadas, o modelo monomolecular ou função Brody e a função de variância escalonada foram melhores escolhas em 42,8% dos casos para μ_{Y_t} e 85,7% dos casos para $\sigma_{Y_t}^2$ respectivamente.

O modelo Gompertz foi a melhor escolha em 28,5% dos casos, sobretudo para as variáveis massa corporal e perímetro torácico. A variável largura de garupa apresentou como melhor modelo o Linear, com função de variância exponencial, correspondendo à 14,2% dos casos; de modo semelhante ao modelo Logístico escolhido para a variável comprimento de garupa.

Tabela 2.1. Melhores ajustes para modelos testados¹ para a massa corporal (MC), perímetro torácico (PT), altura de cernelha (AC), comprimento corporal (CC), altura de garupa (AG), largura de garupa (LG) e comprimento de garupa (CG) de cabritas Saanen em crescimento até a puberdade

Variável	Modelo – Variância	AICc [†]	Δ	w	ER
MC*	Eq (3)– Eq (8) [#]	1903	0	1	1
	Eq (3) – Eq (6)	1903	1	0	2
PT	Eq (3) – Eq (8) [#]	1453,3	0	0,159	1
	Eq (4) – Eq (8)	1453,3	0	0,159	1
	Eq (1) – Eq (8)	1453,9	0,6	0,118	1,350
	Eq (2) – Eq (8)	1454,2	0,9	0,102	1,568
	Eq (3) – Eq (6)	1454,3	1	0,097	1,649
	Eq (4) – Eq (6)	1454,4	1,1	0,092	1,733
	Eq (2) – Eq (6)	1455	1,7	0,068	2,339
	Eq (1) – Eq (6)	1455,1	1,8	0,065	2,460
	AC	Eq (1) – Eq (8) [#]	1472,5	0	0,234
Eq (1) – Eq (6)		1472,9	0,4	0,191	1,221
Eq (4) – Eq (8)		1473,9	1,4	0,116	2,014
Eq (4) – Eq (6)		1474,2	1,7	0,100	2,340
CC	Eq (1) – Eq (8) [#]	1593,8	0	0,168	1
	Eq (1) – Eq (6)	1594,3	0,5	0,131	1,284
	Eq (4) – Eq (8)	1594,3	0,5	0,131	1,284
	Eq (3) – Eq (8)	1594,6	0,8	0,113	1,492
	Eq (4) – Eq (6)	1594,6	0,8	0,113	1,492
	Eq (3) – Eq (6)	1594,9	1,1	0,097	1,733
AG	Eq (1) – Eq (7)	1595,8	2	0,062	2,718
	Eq (1) – Eq (8) [#]	1422,7	0	0,217	1
	Eq (4) – Eq (8)	1422,9	0,2	0,197	1,105
	Eq (3) – Eq (8)	1423,2	0,5	0,169	1,284
	Eq (1) – Eq (6)	1424,2	1,5	0,103	2,117
LG	Eq (4) – Eq (6)	1424,4	1,7	0,093	2,340
	Eq (12) – Eq (6) [#]	866,8	0	0,186	1
	Eq (1) – Eq (6)	867,6	0,8	0,125	1,492
	Eq (4) – Eq (6)	867,7	0,9	0,119	1,568
	Eq (3) – Eq (6)	867,8	1	0,113	1,649
	Eq (12) – Eq (8)	867,8	1	0,113	1,649
CG	Eq (2) – Eq (6)	868,2	1,4	0,093	2,014
	Eq (2) – Eq (8) [#]	934,2	0	0,143	1
	Eq (2) – Eq (6)	934,3	0,1	0,136	1,051
	Eq (3) – Eq (8)	934,8	0,6	0,106	1,350
	Eq (3) – Eq (6)	935	0,8	0,096	1,492
	Eq (4) – Eq (8)	935	0,8	0,096	1,492
	Eq (4) – Eq (6)	935,2	1	0,087	1,649
	Eq (1) – Eq (8)	935,7	1,5	0,068	2,117
	Eq (1) – Eq (6)	935,9	1,7	0,061	2,340

¹Os detalhes das equações (Eq) estão na seção Material e Métodos. [†] Critério de informação de Akaike corrigido para o conjunto de modelos testados; Δ = variação ou diferença entre dos valores de AICc; w = Probabilidade de verossimilhança dos modelos testados; ER = Razão de evidência entre os modelo e conjunto de modelos testados; [#] O modelo escolhido para representar a variável.

As estimativas dos parâmetros dos melhores modelos (μ_{Y_t}) e das funções de variância escolhidas ($\sigma_{Y_t}^2$) com seus respectivos erros padrão (EP_{θ}), para cada variável analisada, estão apresentadas na Tabela 2.2. As representações gráficas de cada modelo selecionado considerando-se os parâmetros estimados estão nas figuras 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 e 2.5. Os painéis (a;d) da figura 2.1 apresentam os valores mais prováveis observados, com os respectivos intervalos de confiança relacionados às variáveis massa corporal e perímetro torácico. Para ambas variáveis, nota-se curvas em formato sigmóide. Ainda na mesma figura, foram descritas a primeira derivada (painéis b;e) e a segunda derivada (painéis c;f) para ambas variáveis, respectivamente. A partir dos valores elevados de correlação das duas variáveis (massa corporal e perímetro torácico), obteve-se a equação de alometria das mesmas (figura 2.2).

A figura 2.3 ilustra os valores mais prováveis e os intervalos de confiança relacionados às variáveis altura de cernelha (painel a) e altura de garupa (painel b); ambos em função do tempo em dias (idade). A figura 2.4 também ilustra valores mais prováveis e os intervalos de confiança; porém para as características largura de garupa (painel a) e comprimento de garupa (painel b). O mesmo modelo de ilustração se aplica à figura 2.5, porém para a variável comprimento corporal.

Tabela 2.2. Estimativas dos parâmetros do modelo e da função de variância¹ com seus respectivos erros padrão (EP_θ) da combinação mais provável para cada variável

Variável	Modelo– Variância	Parâmetros de $\mu_{Y_t}(EP_\theta)$	Parâmetros de $\sigma_{Y_t}^2(EP_\theta)$
MC*	Eq (3)– Eq (8)	$3,1 (0,06) \exp \{0,03 (0,001)[1 - \exp(0,01(0) t)]/0,01(0)\}$	$[0,180(0,021)]^2 \times \mu_{Y_t}^{2[0,890(0,044)]}$
PT	Eq (3)– Eq (8)	$34,1 (0,45) \exp \{0,007 (0)[1 - \exp (0,01 (0,001) t)] / 0,01 (0,001)\}$	$[0,051(0,048)]^2 \times \mu_{Y_t}^{2[0,977 (0,231)]}$
AC	Eq (1) – Eq (8)	$72,1 (1,997) - 38,6 (1,63) \exp [-0,01 (0,001) t]$	$[0,062 (0,125)]^2 \times \mu_{Y_t}^{2[0,599 (0,251)]}$
CC	Eq (1) – Eq (8)	$77,9 (3,65) - 43,7 (3,227) \exp [-0,01 (0,001) t]$	$[0,004 (0,022)]^2 \times \mu_{Y_t}^{2[1,000 (0,726)]}$
AG	Eq (1) – Eq (8)	$75,4 (2,11) - 41,5 (1,81) \exp [-0,01 (0,001) t]$	$[0,014 (0,015)]^2 \times \mu_{Y_t}^{2[1,284 (0,264)]}$
LG	Eq (12) – Eq (6)	$5,9(0,11) + 0,03(0,001) t$	$[0,513 (0,089)]^2 \exp [0,005 (0,001) t]$
CG	Eq (2) – Eq (8)	$20,6 (0,52)/\{1 + 0,89 (0,04) [\exp (-0,01 (0,001) t)]\}$	$[0,192 (0,141)]^2 \times \mu_{Y_t}^{2[0,631 (0,262)]}$

¹Os detalhes das equações (Eq) estão na seção Material e Métodos.*MC = massa corporal; PT = perímetro torácico; AC = altura de cernelha; CC = comprimento corporal; AG = altura de garupa; LG = largura de garupa; CG = comprimento de garupa.

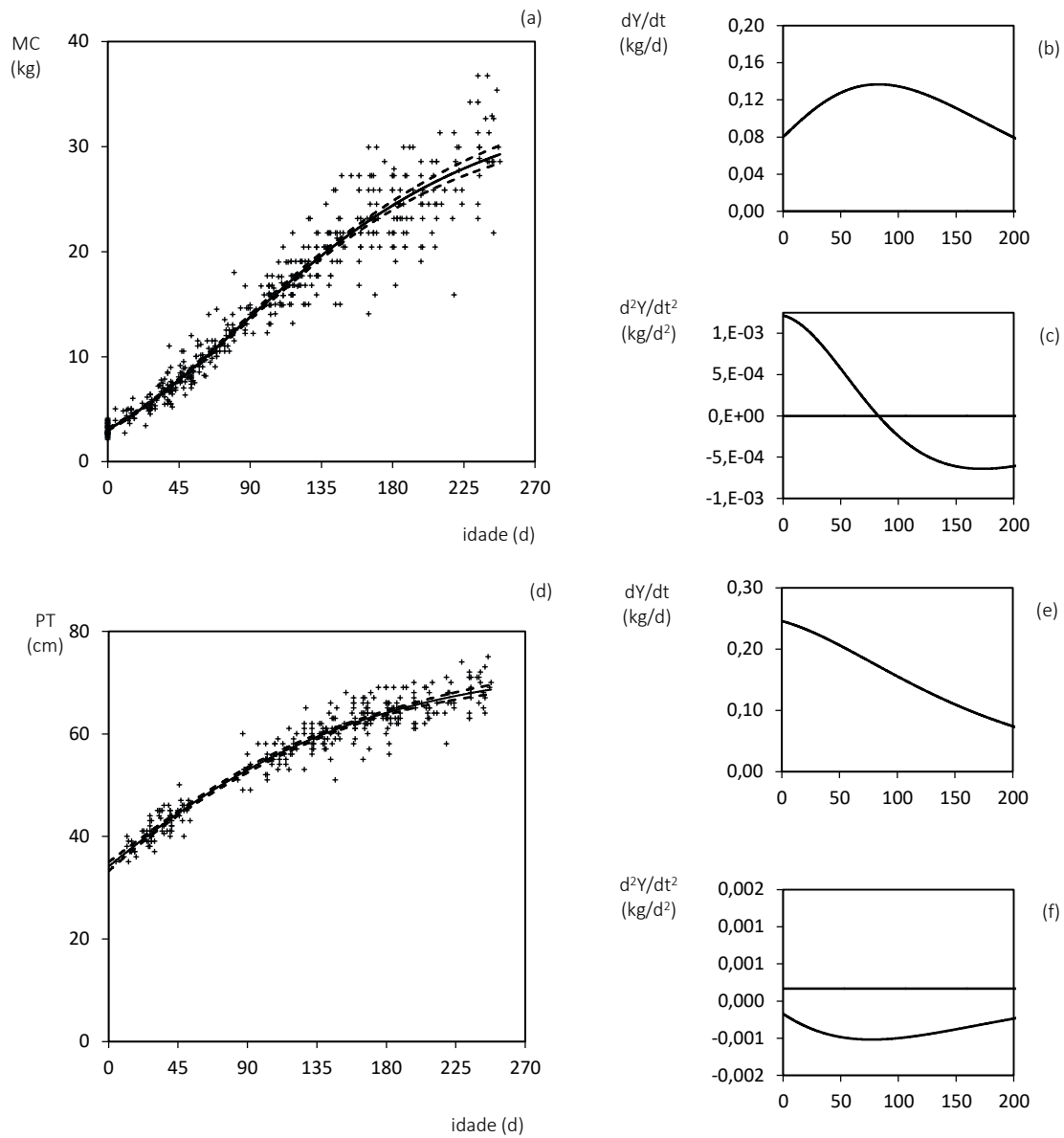


Figura 2.1. Observado (+), os valores mais prováveis esperados (linhas contínuas) e intervalos de confiança a 95% (linhas tracejadas) relacionado as variáveis crescimento ponderal (massa corporal-MC - (a)) e perímetro torácico (PT-(b)). Essa variável dependente foi descrita em funções do tempo (idade, dias). O modelo escolhido foi o Gompertz com função de variância escalonada. Os pequenos painéis (b; e) foram descritas a primeira derivada (dY/dt), enquanto que nos demais (c; f) então descrita a segunda derivada (d^2Y/dt^2)

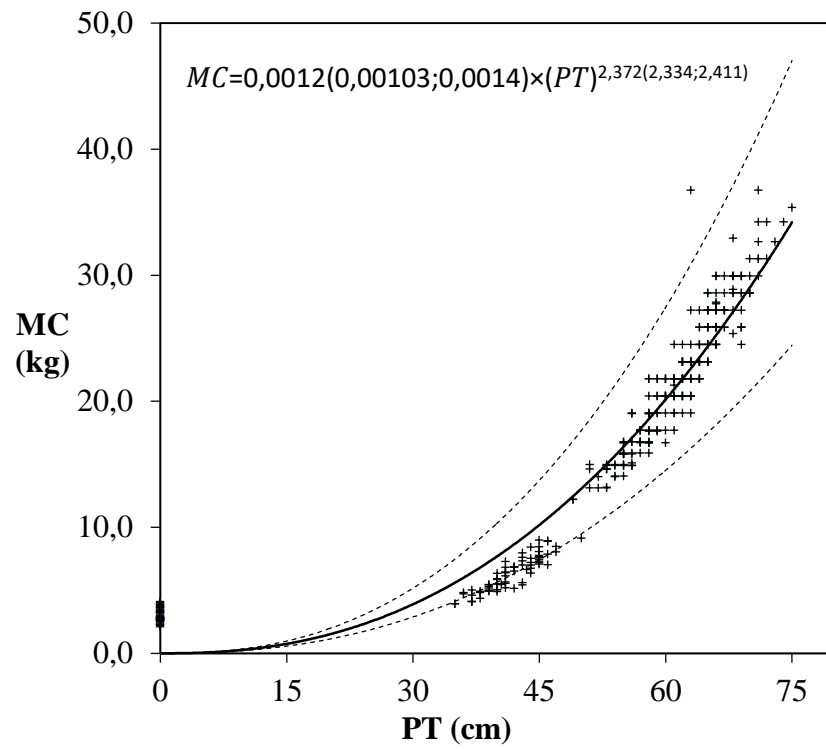


Figura 2.2. Equação e o perfil alométrico entre as variáveis perímetro torácico (cm) e massa corporal (kg)

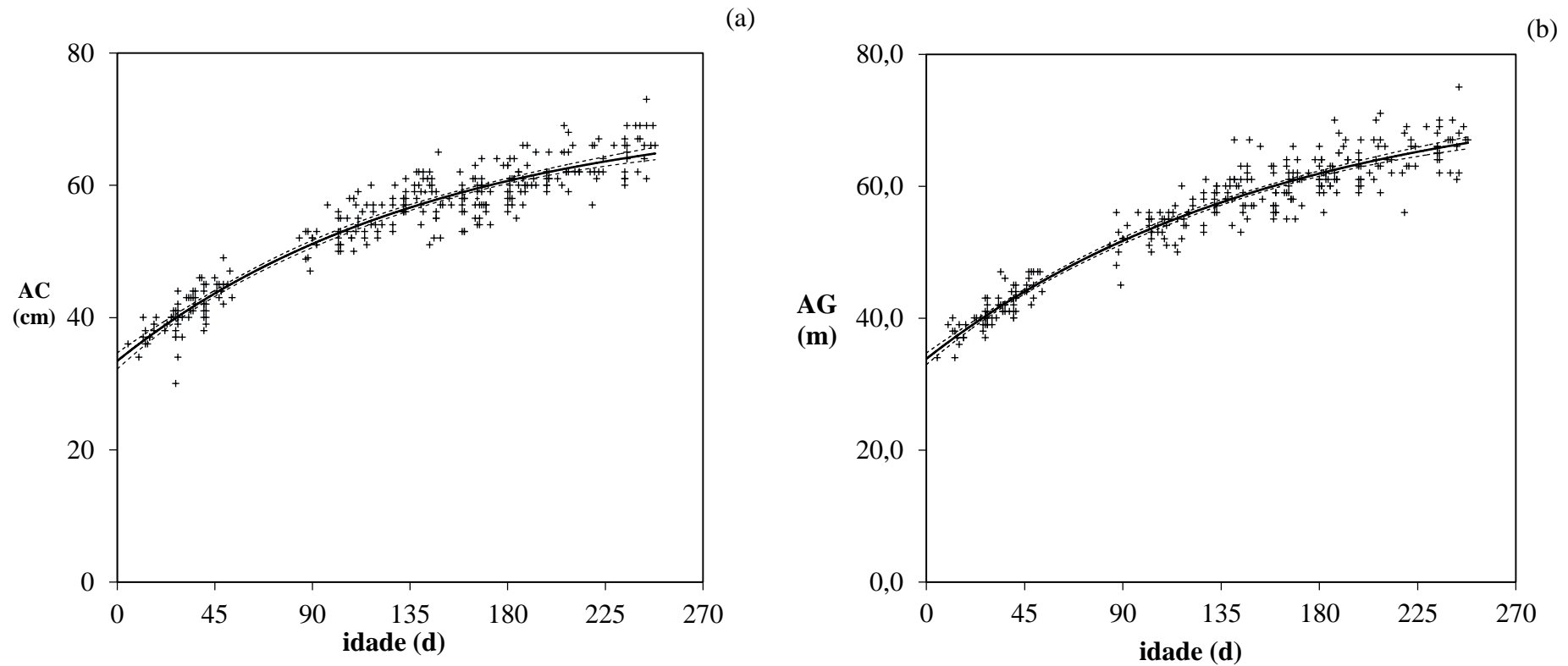


Figura 2.3. Observado (+), os valores mais prováveis esperados (linhas contínuas) e intervalos de confiança a 95% (linhas tracejadas) relacionado às variáveis altura de cernelha em centímetros (painel a) e altura de garupa em centímetros (painel b). Essa variável dependente foi descrita em funções do tempo (idade, dias)

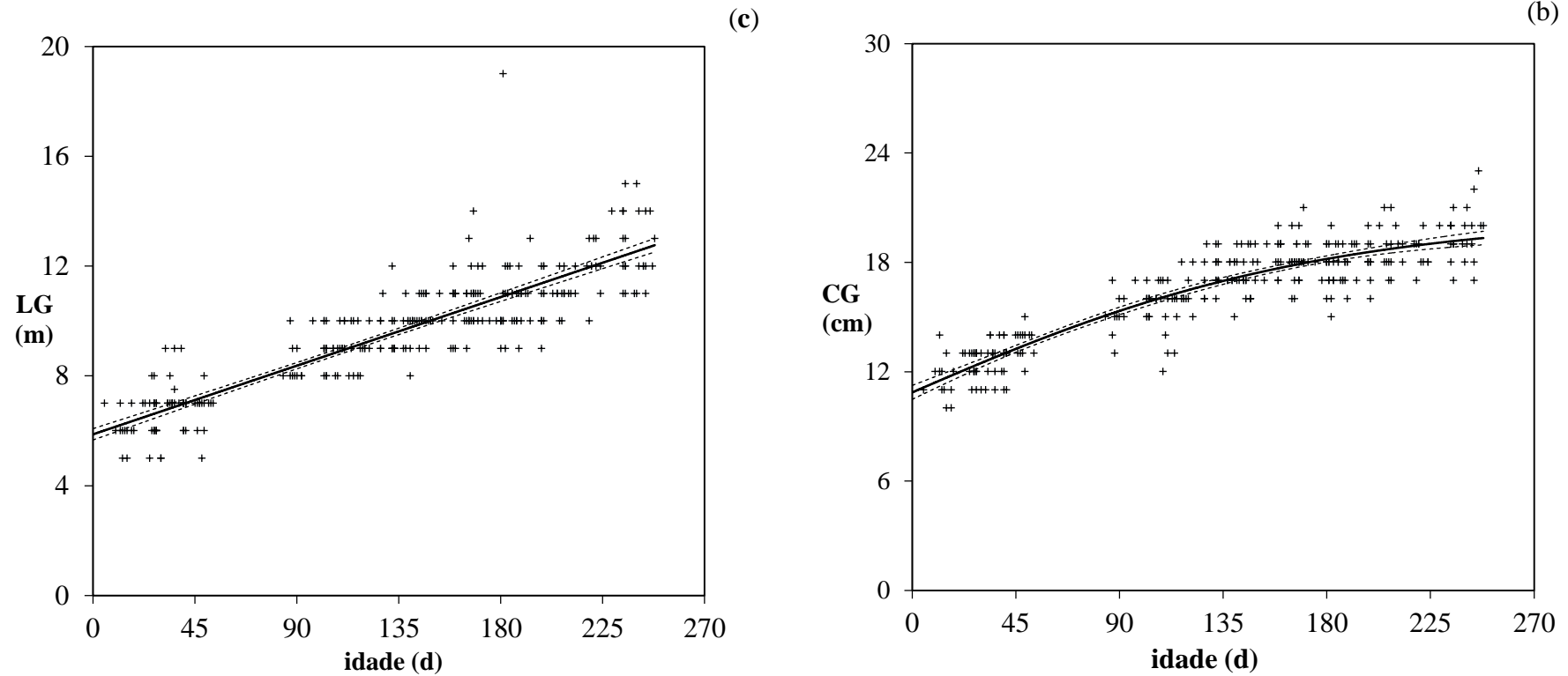


Figura 2.4. Observado (+), os valores mais prováveis esperados (linhas contínuas) e intervalos de confiança a 95% (linhas tracejadas) relacionado às variáveis largura de garupa em centímetros (painel a) e comprimento de garupa em centímetros (painel b). Essa variável dependente foi descrita em funções do tempo (idade, dias)

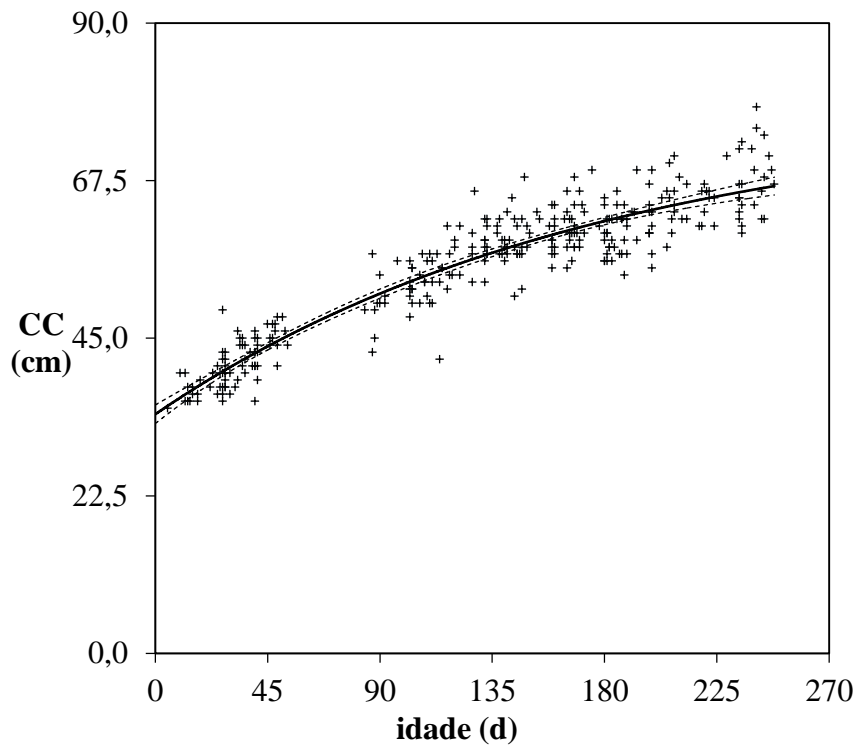


Figura 2.5. Observado (+), os valores mais prováveis esperados (linhas contínuas) e intervalos de confiança a 95% (linhas tracejadas) relacionado à variável comprimento corporal em centímetros. Essa variável dependente foi descrita em funções do tempo (idade, dias)

2.5 Discussão

2.5.1 Seleção de modelo não linear

É recomendado para seleção de múltiplos modelos não lineares é realizado com uso do critério de informação de Akaike (SUGIURA, 1978) em conjunto com algumas funções derivadas, pois desse modo, fornece uma base justa para seleção de múltiplos modelos (BURNHAM e ANDERSON, 2004).

A variável massa corporal apresentou-se com forma sigmoide na curva obtida pelos parâmetros estimados, cujo melhor modelo foi Gompertz com função de variância escalonada, estando de acordo com a observação de Regadas Filho et al. (2014), que afirmaram que este modelo representa eficientemente a variável em questão. Todavia, os mesmos autores concluíram que o mais indicado seria o modelo Richards uma vez que para Gompertz estimou valor de massa inicial irreal (5,6 kg). Diferentemente, no presente ensaio, a massa inicial estimada foi 3,079 kg, sendo similar à média (3,0 a 3,2 kg) encontrada por Cunha et al. (2004).

O ponto de inflexão na curva aconteceu em um intervalo de confiança (95%IC) de 83 (76; 89) dias de vida, sendo que nesse momento a massa estimada foi de 12,8 (12,1; 13,5) kg

e a taxa de crescimento máximo se equivaleu em 0,0124 (0,0118; 0,0131) correspondendo a 153,6 g. Regadas Filho et al. (2014) encontraram ponto de inflexão aos 112 dias, e a massa estimada de $20 \pm 1,1$ kg. Um dos comportamentos do modelo Richards utilizado por Regadas Filho et al. (2014) foi a apresentação do ponto de inflexão mais tardio, em relação ao modelo Gompertz. De acordo com Cunha et al. (2004), a raça Saanen, apesar de se caracterizar como raça leiteira, apresenta bom desempenho ponderal nas fases iniciais de vida, devido ao seu peso adulto elevado.

A massa corporal preconizada para fêmeas, no momento da monta, corresponde a 32 kg. O modelo estimou que esse peso aconteceu aos 317 dias de vida. Nota-se a redução na velocidade de crescimento após o ponto de inflexão (figura 2.1, painel b); além da desaceleração do ganho de massa corporal (figura 2.1, painel c). Rocha et al. (2015) apresentaram um modelo bifásico contemplando os modelos monomolecular (Brody) e Gompertz para crescimento (massa corporal) de caprinos leiteiros das raças Saanen e Alpina. No caso, os autores encontraram dois pontos de inflexão, um aos oito dias e outro aos 140 dias; o que difere do presente estudo. O resultado observado pelos autores também indicou alterações nas derivadas, com aceleração no ganho até os 27 dias de vida, seguido de uma redução nesta até zero e desaceleração, alcançado um valor mínimo aos 253 dias de vida.

Para perímetro torácico, o modelo Gompertz com função de variância escalonada apresentou o ponto de inflexão no início da curva (figura 2.1 painel d), sendo possível visualizar redução na velocidade de crescimento (figura 2.1 painel e), conforme o avanço da idade do animal em dias. O valor inicial estimado pelo modelo foi 34,1 cm. De acordo com Ferreira et al. (2014) e Zanotti et al. (2015), a importância da determinação desta variável está ligada à mensuração da área pulmonar e cardíaca do animal. Além disso, essa é medida que melhor expressa a predição do peso vivo de cabritos (YÁÑEZ et al., 2004) devido à alta correlação genética (KHAN et al., 2006). Baseando no potencial de predição de massa corporal através da medida do perímetro torácico de caprinos, Mahieu et al. (2011) mensuraram tal característica de 258 fêmeas da raça Criola de Quadalupe, com idades variadas (nascimento até 12 anos de idade). Os autores aplicaram um modelo de alometria similar ao desse ensaio e obtiveram $\alpha = 0,000322$ e $\beta = 2,68$.

O modelo selecionado para mensurar altura de cernelha (monomolecular com função de variância escalonado) estimou o valor final desta (72,1 cm), indicando que os animais do ensaio em questão alcançaram na puberdade 64,8 cm (63,9; 65,7 cm), o que corresponde a 90% da altura final estimada ou valor assintótico. De acordo com Ferreira et al. (2014), a medida do perímetro torácico de cabras Saanen, após o primeiro parto, apresenta média

73,54±5,81 cm; mostrando-se similar à encontrada no valor assintótico do modelo proposto nesse ensaio. Ainda segundo Ferreira et al. (2014), as medidas de altura de cernelha, bem como as de altura de garupa apresentaram grande homogeneidade entre os 1246 animais avaliados por eles. O valor médio encontrado pelos autores para a altura de garupa das cabras foi 73,34±5,47 cm, muito próximo do valor assintótico sugerido pelo modelo monomolecular (Brody) com função de variância escalonada (75,4 cm). Em trabalho com bovinos da raça Gir, Lagrotta et al. (2010) classificaram a altura de garupa como a característica que apresenta maior potencial de resposta à seleção genética por características morfológicas através de sua alta herdabilidade (0,54) e fácil mensuração. Os mesmos autores destacaram que a altura de garupa possui alta correlação com tamanho do úbere. Para caprinos, Ferreira et al. (2014) evidenciaram que a correlação entre altura de garupa com ligamento traseiro do úbere é inversa ou negativa, com valor moderado a alto (-0,49). É possível então, sugerir que animais que apresentam altura de garupa elevada e estrutura dos ligamentos traseiros do úbere relaxada, possam então apresentar úberes com maior comprimento.

A largura de garupa é uma característica de valor moderado de herdabilidade (0,22), mas que possui grande relação à reprodução, que geralmente apresenta valores baixos de herdabilidade (FERREIRA et al., 2014). Então, selecionar animais com maior largura de garupa implica em ganho nesse aspecto. Para essa característica, o modelo escolhido estimou a largura inicial em $5,9 \pm 0,1$ cm.

A característica comprimento de garupa possui correlação genética negativa, moderada a elevada (-47) com as características inserção do ubre e formato do mesmo (FERREIRA et al., 2014). Em bovinos leiteiros, Lagrotta et al. (2010) constataram que a característica em discussão apresenta correlação genética moderada a elevada com o diâmetro dos tetos (0,43). Sugere-se que em caprinos possa ocorrer o mesmo efeito, e que a seleção de fêmeas com menor comprimento de garupa, possa acarretar em maior adaptabilidade do aparelho mamário ao equipamento de ordenha mecânica, devido aos tetos mais estreitos. Todavia, se os tetos são muito estreitos, também poderá ocorrer baixa adequação ao equipamento. Para o comprimento de garupa a estimativa de valor final foi de $20,6 \pm 0,5$ cm, com o modelo escolhido Logístico com função de variância escalonada. Em cabras no período imediato do pós parto, Ferreira et al. (2014) obtiveram médias aproximadas à proposta pelo modelo ($23,2 \pm 2,6$ cm).

O comprimento corporal é uma característica de altas correlações genéticas com altura no animal, seja ela medida no ponto da cernelha (0,67) ou na região da garupa do animal (0,65) (FERREIRA et al. 2014); logo, selecionar animais para uma única dessas característica

implica em um ganho nas outras duas. O modelo monomolecular (Brody) com função de variância escalonada, estimou como o ponto máximo no crescimento de caprinos em $77,9 \pm 3,7$ cm, estando este abaixo da média encontrada por Ferreira et al. (2014). Ressalta-se que o modelo proposto foi testado em fêmeas acompanhadas até o momento da puberdade, e que o crescimento prolonga-se em relação a esta.

2.6 Conclusões

O crescimento ponderal e o desenvolvimento biométrico de cabritas Saanen apresentam funções de crescimento diferentes. Os modelos com ponto de inflexão foram os mais prováveis para os perfis de massa corporal, perímetro torácico (Gompertz) e comprimento de garupa (Logístico). No entanto, o modelo exponencial assintótico (Monomolecular) foi o que melhor imita os perfis de altura de cernelha, comprimento corporal e altura de garupa. Largura de garupa foi melhor estimada pelo crescimento retilíneo.

A função de variância escalonada serviu para explicar o comportamento da variância de todas as variáveis estudadas exceto para largura de garupa que apresentou comportamento exponencial.

2.7 Referências Bibliográficas

- BRODY, S. (1945). Bioenergetics and Growth. With Special Reference to the Efficiency Complex in Domestic Animals. New York: Reinhold Publishing Co.
- BURNHAM, K.P.; ANDERSON, D.R. Multimodel inference: understanding AIC and BIC in model selection. *Sociological Methods e Research* 33, 261–304, 2004.
- CUNHA, E.A.; BUENO, M.S.; RODRIGUES, C.F..C. et al. Desempenho e características de carcaça de cabritos Saanen e mestiços Boer x Saanen abatidos com diferentes pesos. *Boletim de Indústria Animal*, v.61, n.1, p.63-73, 2004.
- FERREIRA, T.A.; PEREIRA, I.G.; GOUVEIA, A.M.G. et al. Avaliação genética de caprinos da raça Saanen nascidos no Brasil de 1979 a 2009. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.66, n.4, p.1179-1188, 2014.
- FITZHUGH, H. A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *Journal of animal Science*, v. 42, n. 4, p. 1036-1051, 1976.

- FRANCE, J., DIJKSTRA, J. & DHANOA, M. S. Growth functions and their application in animal science. *Annales de Zootechnie* 45 (Supplement 1), 165–174, 1996.
- HUXLEY, Julian S.; TEISSIER, Georges. Terminology of relative growth. *Nature*, v. 137, n. 3471, p. 780-781, 1936.
- KHAN, H.; MUHAMMAD, F.; AHMAD, R. et al. Relationship of body weight with linear body measurements in goats. *Journal of Agricultural and Biological Science*, v.1, n.3, p.51-54, 2006.
- LAGROTTA, M.R.; EUCLYDES, R.F.; VERNEQUE, R.S. et al. Relação entre características morfológicas e produção de leite de vacas da raça Gir. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.4, p.423-429, 2010.
- MAHIEU, M.; NAVÈS, M.; ARQUET, R. Predicting of body mass of goats from body measurements. *Livestock Research for Rural Development*, v.23, n.9, 2011.
- PINHEIRO, J.C. & BATES, D.M. (2000). *Mixed-effects Models in S and S-PLUS*. New York: Springer-Verlag Inc. RATKOWSKY, D. A. (1990). *Handbook of Nonlinear Regression Models*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- REGADAS FILHO, J.G.L.; TEDESCHI, L.O.; RODRIGUES, M.T. et al. Comparasion of growth curves of two genotypes of dairy goats using nonlinear mixed models. *Journal of Agriculture Science*, v.152, p.829-842, 2014.
- ROCHA, N.S.; VIEIRA, R.A.M.; ABREU, M.L.C. et al. Traditional and biphasic models to describe the growth of goat kids of specialized dairy breeds. *Small Ruminant Research*, v.123, p.35-46, 2015.
- SUGIURA, N. Further analysis of the data by Akaike's Information Criterion and the finite corrections. *Communications in Statistics, Theory and Methods*, 13-26, 1978.
- YÁÑEZ, E.A.; RESENDE, K.T.; FERREIRA, A.C.D. et al. Utilização de medidas biométricas para predizer características da carcaça de cabritos Saanen. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, p.1564-1572, 2004.
- ZANOTTI, J.; PARIS, M.; KULLMANN, J.R. et al. Desenvolvimento de fêmeas leiteiras mediante o uso de leite cru ou sucedâneo. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.14, n.2, p.153-161, 2015.

CAPÍTULO 3. APLICAÇÃO DE MODELOS NO ESTUDO DE CURVAS DE LACTAÇÃO DE CABRAS SAANEN

3.1 Resumo

Objetivou-se, no presente estudo, ajustar uma função matemática para descrever o perfil de lactação das cabras Saanen com diferentes ordens de lactação e tipo de nascimento. Para tal, utilizou-se banco de dados proveniente de propriedade especializada na produção de caprinos leiteiros, localizada no município Bonfim (MG). Foram utilizados um total de 1.167 registros produção média diária de leite (kg) produzidos por 89 cabras Saanen que produziram 168 perfis de lactação. Os perfis foram analisados de acordo com a ordem de lactação (OL) e tipo de nascimento (TN). O efeito da OL foi verificado até a quinta lactação (OL_1 , OL_2 , OL_3 , OL_4 e OL_5). Para TN foram verificados o efeito de nascimentos simples (TN_1), duplos (TN_2) e triplos (TN_3) sendo que as cabras apresentavam até a oitava ordem de lactação. Foram testados os modelos Exponencial decrescente (Brody), Wood e Cobby e Le Du; e as funções de variância homogênea, exponencial e escalonada. O modelo de Wood combinado com a função de variância escalonada foi o mais provável para explicar os perfis de lactação com as diferentes ordens de lactação. Por outro lado, os perfis de lactação de cabras com os tipos de nascimentos diferentes (simples, duplos e triplos) são melhores ajustados com o modelo exponencial decrescente e função de variância escalonada.

Palavras chave: caprinos, confinadas, funções matemáticas, produção, prolificidade.

3.2 Introdução

O estudo do comportamento produtivo de cabras leiteiras especializadas ao longo da lactação permite a avaliação de fatores genéticos e ambientais sobre características de produção, que incluem o tempo para atingir o pico produtivo, o volume produzido no ponto máximo e a persistência da lactação na fase de declínio.

Ribeiro et al. (2004) alertaram que cabras de clima tropical apresentam curva de lactação linear, com pico pouco suave ou inexistente. Além disso, o formato da curva de lactação pode ser influenciado por fatores como ordem de parto e tipo de nascimento.

Na literatura são apresentados diversos modelos que descrevem o comportamento da curva de lactação. No entanto, os parâmetros utilizados nos modelos, muitas vezes, não se ajustam adequadamente.

O modelo mais comumente usado na estimativa da curva de lactação é a função gama incompleta, proposta por Wood (1967); porém, notam-se desvios e falhas nas estimativas dos parâmetros da curva bem como no seu formato. Desde então, uma série de modelos empíricos para predição da curva de lactação tem sido apresentados. Entretanto, vários pesquisadores têm proposto modelos visando melhorar a funcionalidade, propriedades matemáticas e capacidade de previsão dos modelos.

Desse modo, torna-se fundamental o estudo de outros modelos que venham caracterizar os efeitos provocados pelos fatores ambientais e genéticos, a fim de ajustar a curva.

O objetivo do presente estudo foi ajustar uma função matemática para descrever o perfil de lactação das cabras Saanen com diferentes ordens de lactação e tipo de nascimento.

3.3 Material e Métodos

3.3.1 Caracterização da área experimental

O banco de dados explorado pertence a uma propriedade especializada na produção de cabras leiteiras, localizada no município de Bonfim (mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais), a 20°18'17,46" S e 44°13'45,61" O, altitude de 930 m, clima subtropical úmido (classificação climática de Köppen-Geiger: Cwa).

3.3.2 Análises quantitativas

Foram utilizados um total de 1.167 registros produção média diária de leite (kg) produzidos por 89 cabras Saanen que produziram 168 perfis de lactação. Os perfis foram analisados de acordo com a ordem de lactação (*OL*) e tipo de nascimento (*TN*). O efeito da *OL* foi verificado até a quinta lactação (*OL*₁, *OL*₂, *OL*₃, *OL*₄ e *OL*₅). O número registros e de perfis de lactação para cada *OL* foram: *OL*₁ = 458; 56, *OL*₂ = 208; 30, *OL*₃ = 116; 14, *OL*₄ = 151; 19 e *OL*₅ = 147; 17. Para *TN* foram verificados o efeito de nascimentos simples (*TN*₁), duplos (*TN*₂) e triplos (*TN*₃) sendo que as cabras apresentavam até a oitava ordem de lactação. Para tanto, o números e de perfis analisados para cada *TN* forma: *TN*₁ = 523; 55, *TN*₂ = 584; 53, *TN*₃ = 60; 5. A interpretação cinética desses perfis de lactação foi efetuada por meio do emprego da teoria dos modelos não lineares.

3.3.3 Modelos para descrever curvas de lactação e matriz de covariância

A estrutura geral atribuída aos modelos de lactação foi $Y_t = L_t + e_t$, para $Y_t \sim Normal(L_t, \sigma_{Y_t}^2)$, e as funções não lineares (L_t) utilizadas foram:

$$L_t = a \exp(-ct) \quad \text{Eq. (1)}$$

$$L_t = at^b \exp(-ct) \quad \text{Eq. (2)}$$

$$L_t = a - bt - a \exp(-ct) \quad \text{Eq. (3)}$$

Os modelos não apresentam fatores aleatórios com exceção do erro no qual foi assumida distribuição independente ($e_t \sim Normal(0, \sigma_{Y_t}^2)$). Em que L_t é o fluxo de leite em um determinado tempo $t(h)$; a é o valor teórico do fluxo máximo de leite (Eq.(1)), enquanto que nos demais modelos (Eqs. (2)-(3)) esse parâmetro representa apenas o fluxo inicial de leite; b é a taxa de ascendência até o pico de lactação (Eqs. (2)-(3)); c é a taxa de declínio no fluxo de leite após o pico de lactação (Eqs. (1)-(3)). As Eqs. (1) a (3) são os modelos exponencial decrescente (Brody, 1923), modelo de Wood (1967) e Modelo de Cobby e Le Du (1967).

A completa especificação dos modelos é dada por:

$$Y_{iq} = f(\Theta_i, t_{iqn}) + e_{iqn} \quad \text{Eq. (4)}$$

Nesse modelo, $Y_{ijk} = L_t = f(\Theta_{ijk}, t_{ijk})$ é o valor esperado da produção de leite em um dado tempo t , e $\Theta' = [\theta_1 \ \theta_2]$ e $\Theta' = [\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3]$ é o vetor transposto de parâmetros do modelo de cinética de produção de leite descritos pelas Eqs. (1) e Eqs. (2)-(3), respectivamente. As cabras foram consideradas as unidades experimentais e a produção de leite (kg) no q -ésima cabra observado no n -ésimo tempo. Assim havia $q = 1, \dots, r_q$ ($OL_1: r_q = 56$; $OL_2: r_q = 30$; $OL_3: r_q = 14$; $OL_4: r_q = 19$; $OL_5: r_q = 17$; $TN_1: r_q = 55$; $TN_2: r_q = 53$; $TN_3: r_q = 5$) unidades experimentais (cabras) para cada i -ésimo OL ou TN , e $n = 1, \dots, r_n$ ($OL_1: r_n = 17$; $OL_2: r_n = 13$; $OL_3: r_n = 13$; $OL_4: r_n = 16$; $OL_5: r_n = 11$; $TN_1: r_n = 17$; $TN_2: r_n = 16$; $TN_3: r_n = 11$) tempos tomados como medidas repetidas para cada unidade experimental dentro de cada ordem de lactação ou tipo de nascimento (i). Foi considerada como efeito fixo a a ordem de lactação e o tipo de nascimento (OL ou TN), o que totalizou cinco (5) OL e três (3) TN . Em notações matriciais, os modelos podem ser apresentados das seguintes formas:

Para ordem de lactação (*OL*)

$$\Theta_i = \begin{bmatrix} \theta_{11} \\ \theta_{21} \\ \vdots \\ \theta_{25} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1\alpha_{11} + w_2\alpha_{12} + w_3\alpha_{13} + w_4\alpha_{14} + w_5\alpha_{15} \\ w_1\alpha_{21} + w_2\alpha_{22} + w_3\alpha_{23} + w_4\alpha_{24} + w_5\alpha_{25} \\ \vdots \\ w_1\alpha_{51} + w_2\alpha_{52} + w_3\alpha_{53} + w_4\alpha_{54} + w_5\alpha_{55} \end{bmatrix} \quad \text{Eq. (5)}$$

$$\Theta_i = \begin{bmatrix} \theta_{11} \\ \theta_{21} \\ \theta_{31} \\ \vdots \\ \theta_{35} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1\alpha_{11} + w_2\alpha_{12} + w_3\alpha_{13} + w_4\alpha_{14} + w_5\alpha_{15} \\ w_1\alpha_{21} + w_2\alpha_{22} + w_3\alpha_{23} + w_4\alpha_{24} + w_5\alpha_{25} \\ w_1\alpha_{31} + w_2\alpha_{32} + w_3\alpha_{33} + w_4\alpha_{34} + w_5\alpha_{35} \\ \vdots \\ w_1\alpha_{51} + w_2\alpha_{52} + w_3\alpha_{53} + w_4\alpha_{54} + w_5\alpha_{55} \end{bmatrix} \quad \text{Eq. (6)}$$

Para tipo de nascimento (*TN*)

$$\Theta_i = \begin{bmatrix} \theta_{11} \\ \theta_{21} \\ \vdots \\ \theta_{23} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1\alpha_{11} + w_2\alpha_{12} + w_3\alpha_{13} \\ w_1\alpha_{21} + w_2\alpha_{22} + w_3\alpha_{23} \\ \vdots \\ w_1\alpha_{21} + w_2\alpha_{22} + w_3\alpha_{23} \end{bmatrix} \quad \text{Eq. (7)}$$

$$\Theta_i = \begin{bmatrix} \theta_{11} \\ \theta_{21} \\ \theta_{31} \\ \vdots \\ \theta_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1\alpha_{11} + w_2\alpha_{12} + w_3\alpha_{13} \\ w_1\alpha_{21} + w_2\alpha_{22} + w_3\alpha_{23} \\ w_1\alpha_{31} + w_2\alpha_{32} + w_3\alpha_{33} \\ \vdots \\ w_1\alpha_{31} + w_2\alpha_{32} + w_3\alpha_{33} \end{bmatrix} \quad \text{Eq. (8)}$$

Para os parâmetros (p) das Eq. (1) e Eqs. (2)-(3) foram atribuídos os efeito fixo de OL ou TP nas (α_{pi}), em cada parâmetro $\forall p = 1,2$ (Eq (1)) ou $\forall p = 1, \dots, 5$ (Eqs. (2)-(3)). A variável de incidência w_i foi atribuído valor zero (0) ou um (1) para produzir a OL ou TN desejado.

A variância ($\sigma_{Y_t}^2$) foi modelada com as seguintes funções:

$$\sigma_{Y_t}^2 = \sigma_0^2 \quad \text{Eq. (9)}$$

$$\sigma_{Y_t}^2 = \sigma_0^2 [-\exp(ct)] \quad \text{Eq. (10)}$$

$$\sigma_{Y_t}^2 = \sigma_0^2 (R(t))^{2\psi} \quad \text{Eq. (11)}$$

Em que na Eq. (9) é assumida uma variância homogênea; a Eq. (10) assume um aumento exponencial da variância inicial (σ_0^2) em função do tempo a uma taxa crescente (c, h^{-1}); e a Eq. (11) é a variância escalonada (ψ , adimensional) em função de L_t .

Foram ajustados sessenta modelos aos perfis de lactação (combinação entre as três funções L_t e as três de $\sigma_{Y_t}^2$). Para tanto, utilizou-se o procedimento para modelos não lineares mistos (PROC NLMIXED) do SAS (v.9, release 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). O algoritmo utilizado para estimação do método da máxima verossimilhança foi o Newton-Raphson (*tech=NEWRAP*).

Foi utilizado o critério de informação de Akaike corrigido (*AICc*) (Sugiura, 1978) e algumas funções derivadas para escolha do melhor modelo a ser utilizado (Burnham e Anderson, 2004). O *AICc* de cada modelo foi registrado e, assim, foi possível calcular a variação (Δ) entre cada um dos 60 modelos utilizados e o modelo de menor *AICc*. A probabilidade de verossimilhança (w) foi calculada para cada um dos 60 modelos. A razão de evidência (*ER*) foi calculada a partir da maior w no conjunto de modelos ajustados e o modelo de interesse. O modelo que apresentou Δ igual a 1,0, também apresentou maior w e menor valor *ER*, foi considerado o melhor modelo para o conjunto de dados em estudo. O princípio de parcimônia foi levado em consideração para escolha do melhor modelo desde que a qualidade do ajuste fosse semelhante. Nesse sentido, o número de parâmetros (θ) foi considerado um critério de seleção do melhor modelo quando diferentes modelos tiveram valores de Δ iguais ou próximos ($\Delta \leq 10$). A quantidade de parâmetros significativos ($P < 0,05$) também foi levada em consideração na escolha do melhor modelo.

Devido a capacidade do NLMIXED de predição dos parâmetros do modelo e a realização de testes em relação hipótese não-linear geral, então, a função $\hat{f}(\theta, t)$ dos parâmetros pode ser predita (Littell et al., 2006;. Vonesh, 2012). Portanto, com base na matriz de covariância estimada de Y_t e a estimativas dos parâmetros com base nos dados, os intervalos de confiança (95%*IC*) foram estimados para $\hat{f}(\hat{\theta}, t)$ e para as figuras na saída do NLMIXED:

$$95\%IC = \hat{f}(\hat{\theta}, t) \pm t_{(1-\alpha, gl)} EP_{\hat{f}(\hat{\theta}, t)} \quad \text{Eq. (12)}$$

A estimativa $EP_{\hat{f}(\hat{\theta}, t)}$ é o erro padrão da estimativa $\hat{f}(\hat{\theta}, t)$; $t_{(1-\alpha, gl)}$ é o valor crítico da distribuição bicaudal do teste t de *Student* com a utilização do nível de significância $P < 0,05$ e os graus de liberdade utilizada para calcular a estimativa, $gl = n - \theta$ sendo que n representa o número de observações e θ correspondente ao número de parâmetros $\hat{f}(\hat{\theta}, t)$, incluindo os parâmetros das funções de variância de Eqs. ((9)-(11)).

3.4 Resultados

3.4.1 Modelo escolhido para avaliar o efeito do tipo de nascimento na curva de lactação

A tabela 3.1 apresenta a verossimilhança dos modelos testados, ajustados às curvas de lactação conforme o tipo de nascimento. O modelo combinado Exponencial decrescente (Brody 1923) com a função de variância escalona foi tido como o mais provável, uma vez que este apresentou menor critério de informação de Akaike (AICc) e diferença entre os valores de AICc (Δ) igual a zero.

Tabela 3.1. Verossimilhança dos modelos¹ ajustados às curvas de lactação conforme tipo de nascimento e ordem de lactação

Modelo – Variância	AICc [†]	Δ	w	ER	Θ
Tipo de nascimento					
Eq (1)– Eq (11) ac [#]	2611,3	0	7×10^{-1}	1	12
Eq (2)– Eq (11) ac	2613,3	2	3×10^{-1}	2,7	12
Eq (2)– Eq (11) abc	2617,1	5,8	4×10^{-2}	18,2	12
Ordem de lactação					
Eq (2)– Eq (11) bc [#]	2572,4	0	9×10^{-1}	1	9

¹Os detalhes das equações (Eq) estão na seção Material e Métodos. As letras **a b c** denotam os parâmetros para cada tipo de nascimento (1, 2 e 3). [†]Critério de informação de Akaike corrigido para o conjunto de modelos testados; Δ = variação ou diferença entre dos valores de AICc; w = Probabilidade de verossimilhança dos modelos testados; ER = Razão de evidência entre os modelo e conjunto de modelos testados; Θ = Número de parâmetros dos modelos testados; [#] O modelo escolhido para representar a curva de lactação.

A estimativa dos respectivos parâmetros do modelo segue na tabela 3.2. O tipo de nascimento influenciou na curva de lactação proposta pelo modelo mais provável (Exponencial decrescente com função de variância escalonada). Para o parâmetro que corresponde ao valor máximo teórico do fluxo de leite (a), cabras que apresentaram parto simples, obtiveram média inferior (2,4 (2,3;2,6)) àquelas que apresentaram parto duplo com dois (3,3 (3,1;3,4)) e com três cabritos (4,2 (3,5;4,8)); e entre essas cujo parto foi duplo, as que tiveram três filhotes foram superiores (95% IC).

Em contrapartida, as cabras com parto simples, obtiveram menor média da taxa de decréscimo da lactação (0,0005 (0,0003;0,0008)) que às aquelas que pariram dois (0,0022 (0,0018;0,0025)) e três (0,0033 (0,0025;0,0042)) cabritos (95%IC).

Tabela 3.2. Estimativas dos parâmetros do modelo e da função de variância¹ com seus respectivos erros padrão (EP_{θ}) da combinação mais provável para cada variável

TN	Modelo– F. Variância	Estimativa dos parâmetros (valor inferior; valor superior)			
		μ_{Yt} (Modelo)		σ_{Yt}^2 (Função de variância)	
		a	c	s_0	r
1	Eq (1)– Eq (11)	2,4 (2,3;2,6)	0,0005 (0,0003;0,0008)		
2		3,3 (3,1;3,4)	0,0022 (0,0018;0,0025)	0,4 (0,3;0,5)	0,7 (0,4;1,1)
3		4,2 (3,5;4,8)	0,0033 (0,0025;0,0042)		

¹A melhor combinação foi modelo Brody (1923) com função de variância escalonada.

A representação do modelo para os diferentes tipos de parto segue nas figuras 3.1 (painel a correspondendo “a” parto simples e painel “b” dois cabritos) e 3.2 (parto triplo). Na fase inicial da lactação há maior dispersão dos dados, e no decorrer da curva de produção nota-se uma redução da mesma, independentemente do tipo de parto analisado. No entanto, as curvas correspondentes à produção das cabras de parto simples e triplo, apresentam maior dispersão na fase final da lactação. As figuras ilustram ainda a menor taxa de decréscimo na curva de produção das cabras de parto simples, em relação às demais analisadas.

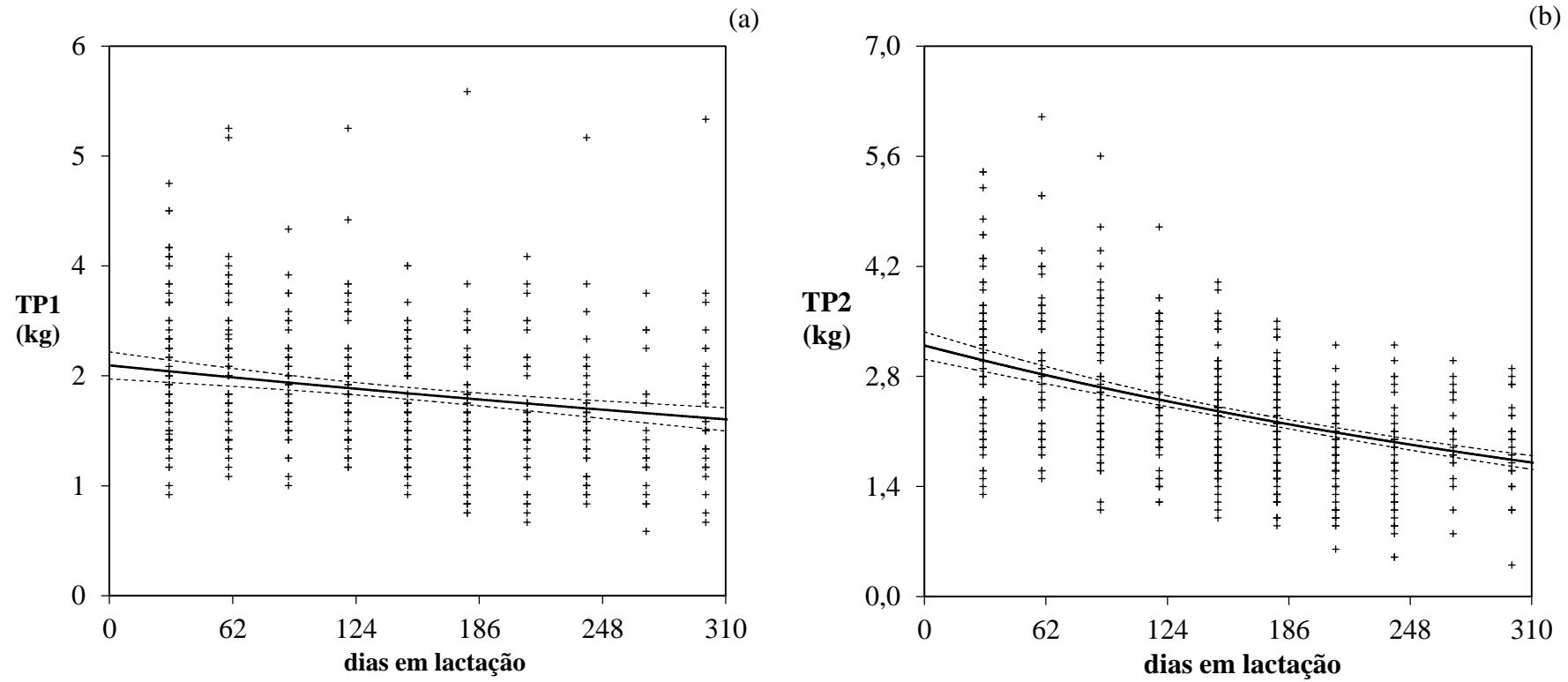


Figura 3.1. Curva de produção de leite conforme o tipo de nascimento ao longo da lactação. TP1 = parto simples (painel a); TP2 = parto duplo (painel b). Observado (+), predito (linha sólida) 95% de intervalo de confiança (linha tracejada)

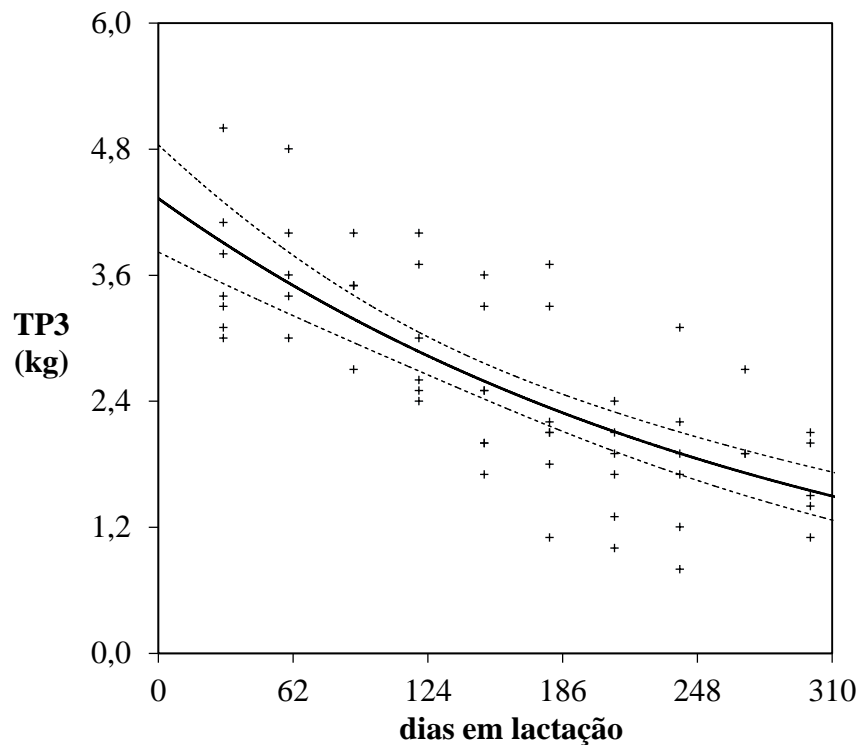


Figura 3.2. Curva de produção de leite conforme o tipo de nascimento ao longo da lactação. TP3 = parto triplo com três crias. Observado (+), predito (linha sólida) 95% de intervalo de confiança (linha tracejada)

3.4.2 Modelo escolhido para avaliar o efeito da ordem de lactação na curva de produção

O melhor modelo para os efeitos das diferentes ordens de lactação na curva de produção foi Wood (1967). Os demais modelos testados não foram equiprováveis, apresentando diferença entre os valores de AICc maior que 10 (tabela 3.1). De acordo com Ribeiro e Pimenta Filho (1999) o modelo de Wood é adotado na maioria dos estudos de curva de lactação, pois permite a estimativa de características básicas da curva, como produção máxima de leite, tempo para atingir essa produção e persistência, com apenas três parâmetros.

Os parâmetros estimados pelo modelo escolhido, para as diferentes ordens de lactação seguem na tabela 3.3. O parâmetro “a” e foi comum para todas as lactações (2,3 (2,2;2,4)), não havendo efeitos provocados por estas. O tempo que as cabras, das diversas ordens de lactação, alcançaram o pico de produção tendeu a zero (b/c), e o pico de fluxo de leite tendeu ao parâmetro a. Zambom et al. (2005) estudaram o comportamento do modelo de Wood na lactação de cabras Saanen que receberam dietas contendo diferentes proporções de volumoso:concentrado, e estimaram o parâmetro “a” médio em 2,11 kg de leite. Como no presente ensaio, não foi possível estimar o consumo das cabras, pois elas receberam dieta *ad libidum*, sendo o controle efetuado apenas pelo escore corporal (3,5), pressupõe-se que as

Tabela 3.3. Estimativas dos parâmetros do modelo e da função de variância¹ com seus respectivos erros padrão (EP_{θ}) da combinação mais provável para cada variável

Ordem de Lactação	Modelo– F. Variância	Estimativa dos parâmetros (valor inferior; valor superior)					
		μ_{Y_t} (Modelo)			$\sigma_{Y_t}^2$ (Função de variância)		
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>s₀</i>	<i>r</i>	
1			NE*	0,0005 (0,0003;0,0007)			
2			0,09 (0,07;0,12)	0,0032 (0,0026;0,0038)			
3	Eq (2)– Eq (11)	2,3 (2,2;2,4)	0,11 (0,08;0,14)	0,0025 (0,0017;0,0032)		0,4 (0,3;0,5)	0,7 (0,4;1,0)
4			0,12 (0,09;0,14)	0,0026 (0,0019;0,0032)			
5			0,14 (0,11;0,17)	0,0043 (0,0033;0,0052)			

¹A melhor combinação foi modelo Wood (1967) com função de variância escalonada. *NE = não estimado

cabras do presente ensaio tenham ingerido mais alimentos e convertido mais nutrientes em leite.

A taxa de acréscimo produtivo até o pico não foi influenciada pelas diferentes ordens de lactação. Já a taxa de declínio (c) apresentou diferenças, sendo que animais de primeira ordem de lactação apresentaram taxa inferior às demais ordens estudadas (95%IC). Nota-se também que animais de terceira lactação apresentaram declínio inferior àqueles de quinta lactação (95%IC). O mesmo aconteceu na comparação dos animais de quarta lactação em relação aos de quinta (95%IC). A figura 3.3 ilustra as curvas de produção de leite observadas a partir dos parâmetros estimados para a primeira lactação (painel a) e para a segunda lactação. Nota-se pequena dispersão dos dados, sobretudo no início e no fim da curva de lactação obtida para cabras em primeira lactação; já a curva que corresponde à segunda lactação apresenta maior variância na fase inicial.

A figura 3.4 contém as curvas estimadas para cabras de terceira (painel a) e de quarta (painel b) lactações. Na curva estimada para as cabras de terceira lactação, observa-se maior dispersão de dados na fase inicial, devido à falta de informações nessa fase, tendendo ao infinito. A dispersão tende a ser uniforme a partir da fase intermediária da lactação. Já a curva estimada com os dados oriundos das cabras de quarta lactação nota-se que apesar da tendência da variância ao infinito, o modelo detectou uma ascendência na fase inicial da lactação, havendo uma tendência à uniformidade na variância após esse momento.

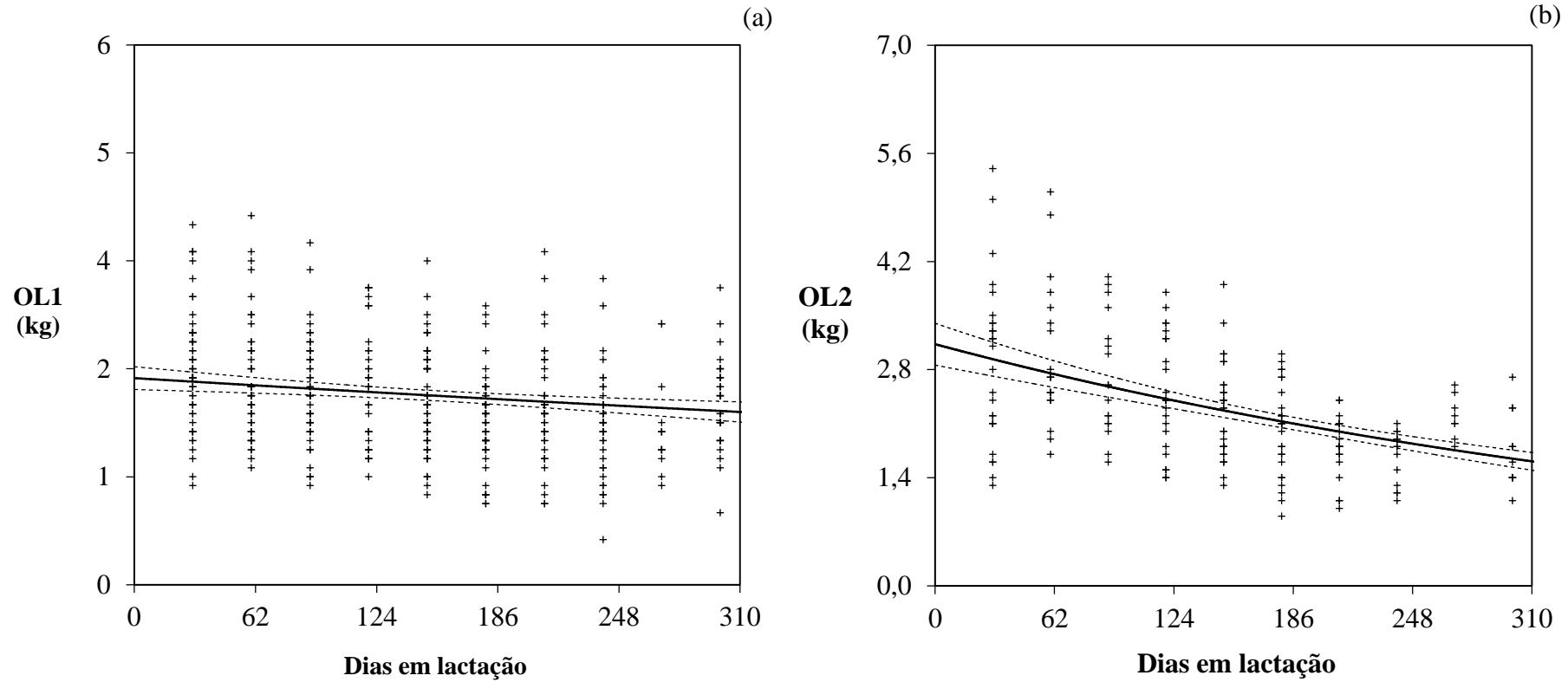


Figura 3.3. Curvas de produção de leite observadas na 1^a e 2^a ordens de lactação (OL1 e OL2) ao longo da lactação. Observado (+) predito (linha sólida), 95% de intervalo de confiança (linha tracejada)

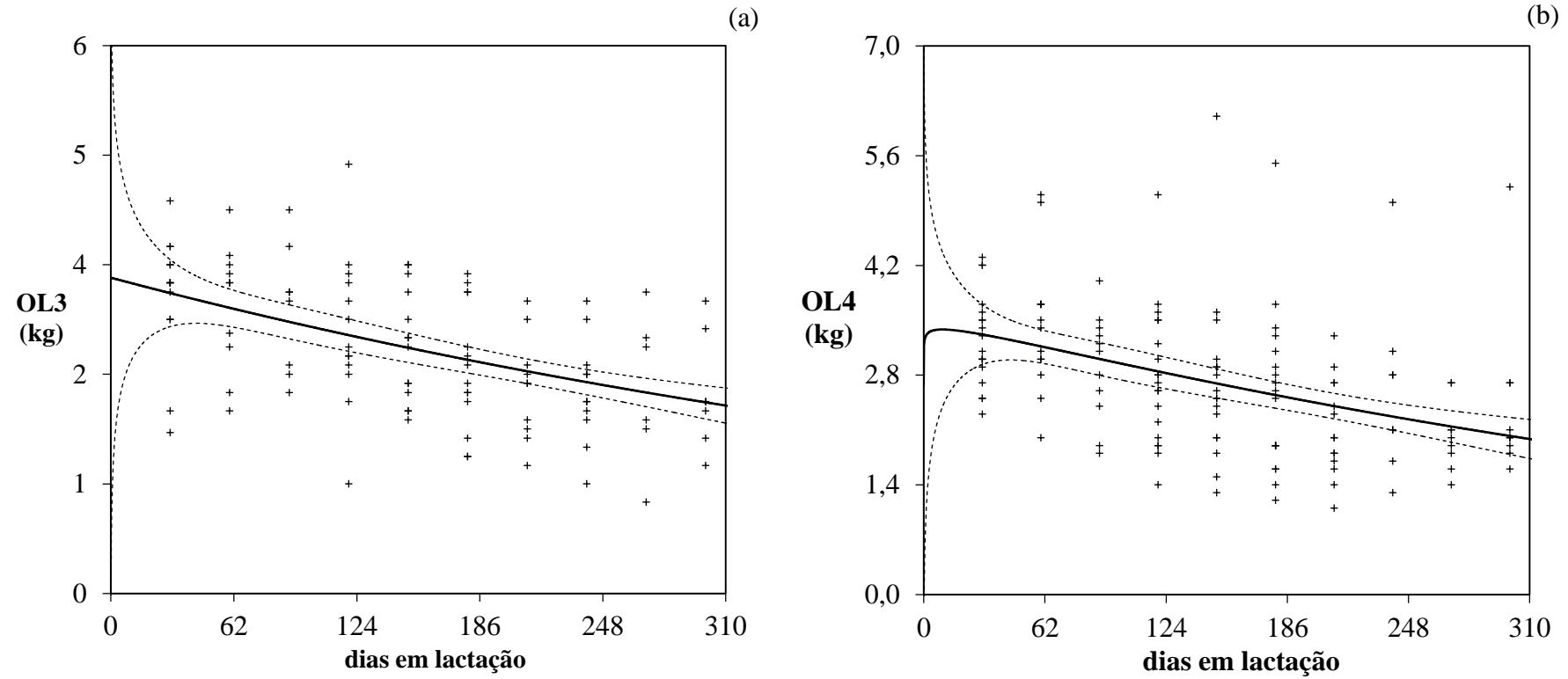


Figura 3.4. Curvas de produção de leite observadas na 3^a e 4^a ordens de lactação (OL3 e OL4) ao longo da lactação. Observado (+) predito (linha sólida), 95% de intervalo de confiança (linha tracejada)

Para a curva obtida a partir dos dados oriundos das cabras de quinta lactação (figura 3.5), a dispersão foi maior na fase inicial da lactação, tendendo à redução da variância entre os 124 e 186 dias e, em seguida, ocorre aumento na dispersão dos dados.

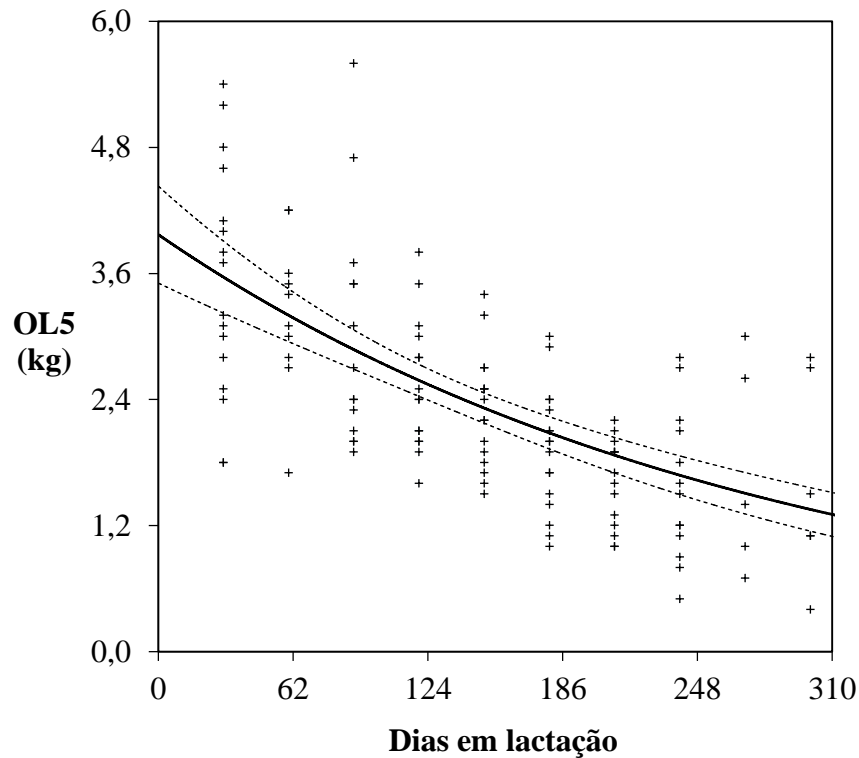


Figura 3.5. Curva de produção de leite observada na 5ª ordem de lactação (OL5) ao longo da lactação. Observado (+) predito (linha sólida), 95% de intervalo de confiança (linha tracejada)

3.5 Discussão

3.5.1 Seleção de modelo não linear e efeito do tipo de nascimento na curva de lactação das cabras

A escolha do modelo mais provável para determinar o efeito do tipo de nascimento sobre a curva de lactação foi pautada no critério de Akaike mais baixo. O critério de seleção de modelos equiprováveis levou em consideração valores de delta menor ou igual a dois, bem como o número de parâmetros. Não foi possível estimar a taxa de ascendência na produção de leite, correspondente à fase inicial da lactação. Ribeiro et al. (2004) também relataram essa dificuldade, uma vez que o controle leiteiro acontece mensalmente; o que se enquadra no presente ensaio. Uma das causas para que o modelo Exponencial decrescente com função de variância escalonada tenha sido o mais provável, pode ser justamente a ausência desse parâmetro.

O tipo de nascimento influenciou o comportamento da curva, sobretudo no parâmetro “a” do modelo, que representa o valor máximo teórico do fluxo de leite. De acordo com Haresing (1989), Gonzalez e Vizcaya (1993) e Correa et al. (2014), o aumento da produção leiteira em partos duplos em relação aos partos simples ocorre em função do aumento da produção de hormônios placentários durante a gestação, os quais têm influência sobre o desenvolvimento do úbere bem como sobre a produção. Desse modo, nota-se superioridade estatística para este parâmetro do modelo, para as lactações cujas fêmeas apresentaram três cabritos, em relação às que pariram dois; e dessas em relação às que tiveram parto simples (95%IC). Em contrapartida, a análise do parâmetro correspondente à taxa de decréscimo na produção leiteira na lactação (c) do modelo escolhido, permite inferir que as cabras que pariram um único cabrito apresentam menor taxa em relação às que apresentaram parto duplo. McManus et al. (2003) constataram semelhança na resposta com cabras das raças Saanen, Alpina, Toggenburg e mestiças; porém a função mais provável para definir o formato na curva de lactação foi a Linear Hiperbólica.

3.5.2 Efeito da ordem de lactação na curva de produção

As diferentes ordens de lactação não influenciaram o parâmetro “b” estimado a partir do modelo mais provável, correspondente à taxa de acréscimo na produção até o pico. Como o controle leiteiro foi realizado mensalmente, os dados foram agrupados, o que mascarou o momento do pico nas diversas curvas.

Para o parâmetro “c”, correspondente à taxa de decréscimo após o pico, os resultados apontaram diferenças estatísticas. Cabras de primeira ordem de lactação apresentaram menor taxa em relação às das outras ordens. A menor taxa de decréscimo está associada à maior persistência da lactação. Diferindo dos resultados aqui apresentados, Silva et al. (2005) observaram maior taxa de decréscimo da produção após o pico e menor persistência da lactação para cabras de primeira lactação, em relação às de segunda. Vale ressaltar que os autores trabalharam com cabras em regime de semi confinamento, suplementadas com silagem de milho e concentrado, diferentemente do presente ensaio onde o regime foi exclusivamente de confinamento. Já Ribeiro e Pimenta-Filho (1999), observaram resposta semelhante, através de uma maior persistência de lactação para cabras de primeira ordem de lactação em relação às demais. Os autores em questão trabalharam com cabras mestiças (meio sangue Alpinas meio sangue Gurguéia), e os dados foram obtidos também por controle leiteiro mensal, o que impossibilitou a visualização do pico de produção, assim como no presente estudo.

De acordo com Fernández et al. (2002) e León et al. (2012), a persistência à lactação vai diminuindo conforme se avança na ordem de lactação das cabras. Os resultados no presente estudo indicam e corroboram com tal afirmação, exceto ao se comparar a segunda lactação com a quinta, e a terceira lactação com a quarta, onde ocorreu igualdade para o parâmetro c , e, conseqüentemente, para a persistência da lactação.

3.6 Conclusões

Para registros de lactação que ocorreram em sistema de produção comercial de leite caprino a intervalos maiores que aqueles em ambientes acadêmicos altamente controlados, o modelo de Wood, com apenas a estimativa da produção inicial comum as cinco primeiras ordens de lactação combinado com a função de variâncias escalonada, foi o mais provável para explicar os perfis de lactação com as diferentes ordens de lactação, no que se refere a taxa de ascendência do fluxo de leite e o pico de lactação.

Os perfis de lactação de cabras com os tipos de nascimentos diferentes (simples, duplos e triplos) são melhores ajustados com o modelo exponencial decrescente com os valores máximo teórico e taxa de decrescente do fluxo de leite para cada tipo de nascimento e função de variância escalonada.

3.7 Referências Bibliográficas

- BRODY, S., RAGSDALE, A. C. and TURNER, C. W. The rate of decline of milk secretion with the advance of the period of lactation. *J. gen. Physiol.* n.5, p.441-444, 1923.
- COBBY, J. M.; LE DU, Y. L. P. On fitting curves to lactation data. *Animal Production*, v. 26, n. 02, p. 127-133, 1978.
- CORREA, G.F.; ROKENKOHL, J.E.; OSORIO, M.T.M. Produção e Qualidade do Leite Ovino. In: SELAIVE-VILLARROEL, A. B.; OSÓRIO, J. C. S. Produção de ovinos no Brasil. São Paulo: Roca, p. 485-500, 2014.
- FERNÁNDEZ, C.; SANCHEZ, A.; GARCÉZ, C. Modeling the lactation curve for test-day milk yield in Murciano-Granadina goats. *Small Ruminant Research*, v.46, p.29-41, 2002.
- GONZALEZ, C.; VIZCAYA, R. *Producción de leche ovina*. 1ª ed. Unicornio Centro Editor, Argentina, 1993, 166p.
- HARESING, W. *Producción ovina*. 1ª ed. S. A. Editor, México, 1989, 592p.

- LEÓN, J.M.; ÁLVAREZ-RODRÍGUEZ, J.; REVILLA, R.; et al. Characterization of the lactation curve in Murciano-Granadina dairy goats. *Small Ruminant Research*, v.107, n.1, p.76-84, 2012.
- LITTELL, R. C., MILLIKEN, G. A., STROUP, W. W., WOLFINGER, R.D. & SCHABENBERGER, O. (2006). SAS® for Mixed Models. Cary, USA: SAS Institute Inc.
- MCMANUS, C.; SOARES FILHO, G.; MARIANTE, A.S. et al. Fatores que influenciam os parâmetros das curvas de lactação em cabras no Distrito Federal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.6, p.1614-1623, 2003.
- RIBEIRO, M.N.; EL FARO, L.; PIMENTA FILHO, E.C. et al. Modelos matemáticos para ajuste da curva de lactação de cabras mestiças no Cariri Paraibano. *ARS Veterinária*, Jaboticabal, v.20, n.3, p.276-282, 2004.
- RIBEIRO, M.N.; PIMENTA FILHO E.C. Estudo de efeitos ambientais que influem 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.
- WOOD, P.D.P. Algebraic model of lactation curve in cattle. *Nature*, v.206, p.164-165, 1967.
- ZAMBOM, M.A.; ALCALDE, C.R.; MARTINS, E.N.; et al. Curva de lactação e qualidade de leite de cabras Saanen recebendo rações com diferentes relações volumoso: concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p.2515-2521, 2005.

CAPÍTULO 4. DESEMPENHO ECONÔMICO EM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CAPRINOS LEITEIROS

4.1 Resumo

O estudo avaliou a rentabilidade de um sistema intensivo de produção de caprinos leiteiros da raça Saanen. Para tanto, foram avaliados os índices produtivos de uma propriedade localizada na mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte – MG, no período de dezembro de 2011 a novembro de 2015. Foram coletados dados de escrituração zootécnica e contábeis a partir de registros da propriedade. A análise foi feita a partir dos indicadores econômicos: margem bruta, margem líquida e lucro; e as taxas anuais do índice nacional de preços ao consumidor (IPCA) foram determinadas como custo de oportunidade. Foram avaliados quatro ciclos de produção e os resultados foram obtidos por estatística descritiva. Os resultados econômicos foram margem bruta (R\$95.147,44; R\$97.261,78; R\$105.958,56 e R\$99.808,93), margem líquida (R\$26.017,49; R\$14.099,67; R\$18.034,40 e R\$28.657,64) e lucro (R\$21.895,24; R\$8.630,03; R\$10.562,58 e R\$15.935,98) para os anos de 2012, 2013, 2014 e 2015 respectivamente. Conclui-se que o sistema é viável financeiramente.

Palavras-chave: cabra, custos, indicadores econômicos, leite, margem bruta, receita total.

4.2 Introdução

A nova ordem mundial dos negócios agropecuários adorna a caprinocultura com a mesma relevância, pluralidade e comportamento dos demais setores da economia como a indústria, o comércio e serviços, exigindo do produtor rural uma nova percepção da administração dos seus empreendimentos. Dessa forma, a necessidade de abandonar a posição tradicional de camponês/fazendeiro torna-se evidente, forçando o produtor a assumir a postura de empresário rural, independentemente do tamanho de sua propriedade e do seu sistema de produção.

A análise econômica é uma ferramenta gerencial pela qual o produtor passa a conhecer, de forma sistêmica, os resultados financeiros obtidos em cada atividade da empresa rural é mediante os índices econômicos, aliados aos zootécnicos, que o produtor pode tomar, conscientemente, suas decisões e encarar o seu sistema de produção como uma empresa.

Khan et al. (2009) ressaltaram que a falta de organização e de gestão da cadeia produtiva de caprinos e interação entre seus elos dificultam a apropriação de resultados e de

tecnologias e a estruturação de canais de comercialização fundamentais para que a atividade cumpra bem o seu papel.

Para que o produtor de leite caprino passe a administrar o seu sistema de produção como uma empresa, faz-se necessário que ele tenha conhecimento de quanto custa para produzir determinado bem, ou seja, é importante saber qual o custo de produção; pois os custos são a compensação que os proprietários dos empreendimentos devem receber para continuar na atividade (HOFFMANN et al., 1981).

Dessa forma, objetivou-se avaliar a viabilidade econômica de um sistema de produção de caprinos leiteiros da raça Saanen a partir da obtenção dos indicadores econômicos margem bruta, margem líquida e lucro.

4.3 Material e Métodos

4.3.1 Local, instalações, animais e manejo experimental

O estudo foi realizado em uma propriedade de cabras leiteiras localizada no município de Bonfim (mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais), a 20°18'17,46" S e 44°13'45,61" O, altitude de 930 m, clima subtropical úmido (classificação climática de Köppen-Geiger: Cwa), no período de dezembro de 2011 a novembro de 2015. O ciclo total de produção durou 1460 dias, aproximadamente, quatro anos.

A propriedade possui uma área de 4 ha, sendo 1 ha destinado a produção de milho para silagem, 0,2 ha para instalações, 1 ha para produção de cana de açúcar, 1,3 ha para plantio de capim elefante e 0,5 ha de reserva. A área é predominantemente constituída de topografia acidentada.

As instalações do capril consistem em um galpão com área total de 988 m², com baias de piso ripado, depósitos de volumoso e concentrado, sala de ordenha e de armazenamento de leite, corredores de circulação, pista de alimentação, escritório e banheiros; um bodil com área de 35 m² também de piso ripado; e uma unidade de cria, com área de 178 m², de piso ripado, foi parcialmente construída no ano 2013 e finalizada no decorrer do ano 2014.

O sistema analisado possui manejo intensivo de produção, sendo que os animais permanecem em regime de confinamento durante todo o ano. O rebanho estava estabilizado, sua composição nos diversos anos se encontra na tabela 4.1.

A alimentação foi constituída de capim elefante picado e/ou silagem de milho à vontade, suplementação concentrada a base de farelos de soja e milho também à vontade e mistura mineral comercial para caprinos. O controle da oferta de concentrado aos animais em

cada baía foi realizado através da técnica de escore corporal, mantendo as cabras com escore 3,5, conforme técnica de avaliação preconizada por Morand-Fehr e Hervieu (1989).

Os animais foram anualmente vacinados, contra as clostridioses e raiva e vermifugados semestralmente.

4.3.2 Análises econômicas

Todos os investimentos e capital direcionado ao sistema foram depreciados, através do método linear. Foram considerados 25 anos de vida útil para benfeitorias e 12 anos para equipamentos (CONAB, 2007). Não foi considerada a depreciação do capital investido em terras, pois somente têm depreciação os bens de vida útil limitada.

A descrição da renda bruta ou receitas provenientes do capril seguiu o modelo indicado por Matsunaga et al. (1976), que inclui a variação de estoque ou inventário animal.

A análise dos custos de produção procedeu conforme a metodologia de Custo Operacional Total de Produção, descrita também por Matsunaga et al. (1976).

Foi adotado o critério da participação da renda do leite na renda bruta da atividade, para determinação do custo unitário do leite; conforme Noronha (1987) e Canziani (1999).

Os indicadores econômicos utilizados na avaliação do sistema, margem bruta, margem líquida e lucro seguiram o recomendado por Gomes (1996). Considerou-se como custo de oportunidade as taxas médias do índice nacional de preços ao consumidor (IPCA), acumulado ao longo dos anos, correspondendo à 5,83%, 5,91%, 6,41% e 10,62%, respectivamente, para os anos 2012, 2013, 2014 e 2015.

Os resultados econômicos foram obtidos e comparados por meio de análises descritivas em planilhas do programa Microsoft[®] Excel[®] 2010 e agrupados em tabelas, objetivando melhor comparação, discussão e apresentação dos mesmos.

4.4 Resultados

4.4.1 Composição do rebanho, índices zootécnicos e balanço econômico

O rebanho analisado apresentou-se estabilizado ao longo dos anos, e sua respectiva composição no período experimental é apresentada na tabela 4.1. A pequena variação encontrada é decorrente de vendas estratégicas de animais, sobretudo de animais mais velhos (5^a, 6^a e 7^a ordens de lactação).

Tabela 4.1. Composição do rebanho analisado (em nº de cabeças) ao longo dos anos avaliados

Rebanho (nº cabeças)	Anos			
	2012	2013	2014	2015
Cabras	90	90	96	105
Cabras em produção	65	73	69	63
Bodes	3	3	3	3
Cabritas	44	54	48	30
Cabritos	10	10	10	10
TOTAL	212	230	226	211

Na tabela 4.2, apresentam-se os índices zootécnicos obtidos a partir das informações produtivas do rebanho.

Tabela 4.2. Índices zootécnicos no sistema de produção de leite de cabra avaliado para os diversos anos

Item	2012	2013	2014	2015
Peso médio da mãe ao nascer (kg)	3,20	3,10	3,40	3,40
Idade a 1ª cobrição (meses)	10-12	10-12	10-12	10-12
Idade ao 1º parto (meses)	15-17	15-17	15-17	15-17
Nº de fêmeas expostas à monta	88	78	80	67
Nº de fêmeas paridas	65	73	69	63
Fertilidade ao parto (%)	73	93	86	94
Produção total de leite (L)	65.431,7	62.561,0	53.997,6	72.825,4
Produção média por cabra por lactação (L)	1006,6	857	782,6	1115,9
Produção média diária por cabra (L)	3,30	2,81	2,56	3,65
Nº de crias nascidas	123	113	146	131
Prolificidade	1,89	1,54	2,11	2,08
Nº de crias desmamadas	113	95	140	114

O valor atualizado das benfeitorias e dos equipamentos, que compreenderam o investimento inicial (2012) foi R\$70.707,63. Contudo, o produtor fez novos investimentos nos anos seguintes: R\$28.291,26 em 2013, R\$33.104,58 em 2014 e R\$15.391,74 em 2015; estando estes relacionados à construção da unidade de cria e à compra de um caminhão para transporte do leite.

Os itens que compuseram as despesas ou custos de produção foram agrupados conforme a tabela 4.3.

Tabela 4.3. Relação dos itens que compõem os custos de produção

Categoria	Descrição
Concentrado	Fontes energéticas e proteicas, sal branco e sal mineral.
Volumoso	Corretivo, sementes, herbicidas, análise do solo, operações mecanizadas
Sanidade	Algodão, seringas, agulhas, vacinas contra clostridioses, antibioticos, anti-inflamatórios, antimastíticos, matabicheiras, entre outros.
Energia elétrica	Energia elétrica de toda a propriedade.
Transporte	Transporte do leite para indústria ou entreposto, transporte de insumos e animais.
Mão de obra	Contratada, e encargos trabalhistas
Serviços	Mão de obra temporária e de serviços diversos prestados.
Encargos	ITR, IPVA caminhão, Funrural e associação de produtores.
Outras despesas	Reparos e manutenções diversas.

O preço médio do litro do leite pago pela indústria oscilou durante os anos, sendo R\$1,80 em 2012, R\$2,00 em 2013, R\$2,20 em 2014 e R\$1,82 em 2015; sendo estes utilizados como base para os cálculos das receitas atribuídas à venda do leite. O aumento do preço de compra do leite *in natura*, pela indústria, nos anos 2013 e 2014 decorreu de um acordo realizado com o produtor, sendo que o mesmo deveria arcar com as despesas de custos com o transporte do leite até o laticínio, localizado cerca de 500 km da propriedade. Em 2015, houve uma mudança de empresa compradora do leite, e o produtor passou a entregar o leite a 70 km do capril, justificando a redução no preço de venda. Em virtude dessa redução, foi potencializado o mercado local do leite, criando uma alternativa à venda industrial, sem que ocorra redução da cota mínima do leite estabelecida em contrato com a indústria. Ocorreu assim, a venda de 6.699,4 litros (9,61% do total produzido) de leite ao preço unitário (litro) equivalente à R\$2,50.

Os resultados referentes a todas as receitas obtidas pela propriedade, nos anos analisados, são apresentados na tabela 4.4.

O custo total de produção do leite na propriedade oscilou ao longo dos anos, correspondendo à R\$1,51, R\$1,68, R\$1,97, R\$1,66, respectivamente, para os anos 2012, 2013, 2014 e 2015; e a média desses custos corresponde à R\$1,71.

Tabela 4.4. Descrição das receitas anuais (em reais, R\$) do sistema de produção de caprinos leiteiros

Receitas	Ano 2012	Ano 2013	Ano 2014	Ano 2015
Leite	117.777,20	125.122,00	118.794,80	141.556,58
Venda de cabritas	27.250,00	23.200,00	25.225,00	1.350,00
Venda de carcaças	6.925,00	4.201,00	2.501,00	1.776,00
Venda de cabras	11.100,00	6.300,00	11.700,00	33.598,22
Venda de reprodutores	–	2.350,00	3.600,00	6.183,38
Animais de descarte	4.410,00	2.082,50	3.246,25	2.676,00
Outras rendas	2.204,00	1.710,00	3.285,00	4.787,00
Variação do inventário animal	–	8.100,00	13.500,00	–
Receitas Totais	169.666,20	173.065,50	181.852,05	191.927,18

A tabela 4.5 corresponde ao balanço ou resumo da análise econômica do sistema produtivo em questão.

Tabela 4.5. Resumo da análise econômica (em reais, R\$) do sistema intensivo de produção de caprinos leiteiros

Item	Anos				Média
	2012	2013	2014	2015	
Custo variável total	74.518,76	75.803,72	75.893,49	92.118,25	79.583,56
Custo fixo total	69.129,95	83.162,11	87.924,16	71.151,29	77.841,88
Custo operacional total	143.648,71	158.965,83	163.817,65	163.269,54	157.425,43
Custo oportunidade	4.122,25	5.469,64	7.471,82	12.721,66	7.446,34
Custo total	147.770,96	164.435,47	171.289,47	175.991,20	164.871,78
Margem bruta	95.147,44	97.261,78	105.958,56	99.808,93	99.544,18
Margem líquida	26.017,49	14.099,67	18.034,40	28.657,64	21.702,30
Lucro	21.895,24	8.630,03	10.562,58	15.935,98	14.255,96

4.5 Discussão

4.5.1 Composição do rebanho, índices zootécnicos obtidos e balanço econômico

Apesar da estabilidade do rebanho apresentada na tabela 4.1, a venda de cabras mais velhas, com ordens de lactação elevada, nos anos 2012 e 2013, impactaram diretamente na produção, sobretudo no ano 2015, havendo maior participação no rebanho de fêmeas de 2^a e 3^a ordens de lactação sendo ordenhadas, elevando a produtividade do sistema.

O aumento da produtividade no último ano possibilitou a propriedade obter lucro mesmo em um cenário de crise no setor, onde o IPCA alcançou a marca de 10,62%, freando as vendas de produtos supérfluos e havendo reajuste do preço do leite pago pela indústria,

sobretudo no ano 2015. Essa medida seguiu a estratégia indicada por Gomes (1996), segundo a qual há aumento do lucro, mesmo que ocorrendo a redução do preço de venda do produto. A produção total média por cabra durante a lactação, sobretudo nos anos 2012 e 2015, apresentou-se com valores superiores 915 litros encontrados por Guimarães (2001), em um sistema de produção similar ao retratado nesse ensaio. Todavia, ressalta-se que o autor não forneceu dieta *ad libitum* para os animais, como ocorreu no presente estudo.

A principal variável que compõe a renda do sistema estudado, ao longo dos anos, foi a venda de leite, alcançando o ponto máximo no ano 2015, com 73,7% dessa. Vê-se o resultado direto da estratégia de aumentar a produtividade do rebanho nesse ano, mesmo com a redução do preço do leite pago pela indústria. O aumento gradativo do percentual correspondente à venda de cabras adultas atingiu seu máximo também em 2015, juntamente com a redução das vendas de cabritas. Para forçar a venda de animais adultos estes foram leiloados, à produtores diversos; sendo a maioria dos lotes leiloados compostos de fêmeas 5ª e 6ª ordens de lactação gestantes ou recém paridas. Após a saída desses animais ficaram somente duas cabras com idade avançada no rebanho.

A crescente receita decorrente da venda de reprodutores (tabela 4.4), para os anos estudados é resultado do ganho genético dos animais da propriedade. Essa estratégia agregou valor a um produto, pois, os animais machos são comumente comercializados na forma de carcaça, justificando a redução gradual de venda de animais abatidos.

Os gastos com dieta corresponderam aos principais custos variáveis do sistema, sendo que no último ano avaliado houve aumento das despesas com insumos, o que elevou esse somatório em relação aos anos anteriores. O mesmo aconteceu com a energia elétrica.

Em relação aos custos fixos, a contratação de um segundo funcionário elevou as despesas com mão de obra no sistema.

O contrato junto à indústria realizado em 2015 reduziu as despesas atreladas ao transporte. Dal Monte et al. (2010) mensuraram custos de sistemas de produção de caprinos leiteiros de alta tecnologia nos Cariris paraibanos e encontraram custos para o transporte de leite na ordem de 10,17% do custo operacional total. Para o presente ensaio, os custos do transporte representaram 16,10%, 20,10% e 20,17%, respectivamente para os anos 2012, 2013 e 2014. Considerando que a distância entre o capril e o laticínio estudado pelos autores supra citados era menor do que a do sistema por ora avaliado, o valor encontrado nesse estudo corrobora com a realidade dos sistemas de produção atividade; uma vez que o fato de reduzir a distância percorrida com o leite em 2015, reduziu consideravelmente o percentual correspondente ao transporte no custo operacional total (8,26%).

O custo de produção do leite ao longo dos anos avaliados mostrou-se compatível com aqueles apontados por Borges (2003). Chama-se a atenção que a venda de animais impacta muito, e de forma positiva, no custo de produção do leite, e por isso recomenda-se que sistemas de produção de caprinos leiteiros potencializem a venda de animais (BORGES E BRESSLAU, 2001).

O indicador margem líquida foi positivo em todos os anos, sinalizando a viabilidade da atividade à médio prazo. Na avaliação de três sistemas de produção de caprinos leiteiros em regime intensivo de manejo, similares à propriedade aqui avaliada, Gonçalves et al. (2008) encontraram valores positivos para a margem líquida (R\$8.970,90; R\$26.639,62 e R\$20.858,22), próximos aos aqui obtidos. Naquela oportunidade os autores ressaltaram que o capril que apresentou menor margem líquida não produzia volumoso próprio, efetuando compra de feno ou pré-secados, fato que encareceu muito o custo de produção do leite do sistema de produção.

O indicador lucro obtido na atividade para os quatro anos estudados apresentou média geral positiva em R\$14.255,95; correspondendo esse valor à superioridade financeira da atividade quando comparada à média (7,19%) correspondente ao indicador oficial do Governo Federal para aferição de metas inflacionárias custo de oportunidade testado (IPCA).

4.6 Conclusão

O sistema de produção de caprinos leiteiros da raça Saanen analisado mostrou-se viável economicamente.

A venda de animais para reprodução favorece na obtenção de lucro da propriedade.

4.7 Referências Bibliográficas

BORGES, C. H. P. Custos de produção do leite de cabra na região Sudeste do Brasil. In: II Simpósio Internacional de Caprinos e Ovinos de Corte. *Anais...* João Pessoa: EMEPA, p.1-14, 2003,CD-ROOM.

BORGES, C. H. P.; BRESSLAU, S. Custo de produção do leite de cabra – Capril Pedra Branca, Bom Jardim, RJ. In: ENCONTRO DE CAPRINOCULTORES DO SUL DE MINAS E MÉDIA MOGIANA, 5., Espírito Santo do Pinhal. *Anais...* Espírito Santo do Pinhal: CREUPI, 2001, p.1-21.

CANZIANI, J.R.F. Uma abordagem sobre as diferenças de metodologia utilizadas no cálculo do custo de produção da atividade leiteira a nível individual (produtor) e a nível regional. In:

- Seminário sobre metodologias de cálculo do custo de produção do leite, 1, Piracicaba. *Anais...Piracicaba:USP*, 1999.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Metodologia de cálculo de custos de produção, 2007. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/custosproducaometodologia.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2014.
- DAL MONTE, H. L. B.; COSTA, R. G.; JUNIOR, E. V. H. et al. Mensuração dos custos e avaliação de rendas em sistemas de produção de leite caprino nos Cariris Paraibanos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.11, p.2535-2544, 2010.
- GOMES, S. T. *A economia do leite*. Coronel Pacheco: EMBRAPA, p.17-23, 1996.
- GONÇALVES, A. L.; LANA, R. P.; VIEIRA, R. A. M. et al. Avaliação de sistemas de produção de caprinos leiteiros na Região Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 2, p. 366-376, 2008.
- HOFFMANN, R.; ENGLER, J. J. C.; SERRANO, O. et al. *Administração da empresa agrícola*. 3.ed. São Paulo: Livraria Pioneira, 1981, 325p.
- GUIMARÃES, M. P. S. L. M. P. Custos de produção do leite de cabra – Capril Sanri, Florestal, MG. In: Encontro dos caprinocultores do sul de minas e média mogiana, 5, Espírito Santo do Pinhal. *Anais...* Espírito Santo do Pinhal: CREUPI, 2001.
- KHAN, A. S.. MARTINS, G. A.; NASCISO SOBRINHO, J.; CARVALHO, J. M. M. *As ações do Banco do Nordeste do Brasil em P & D na arte da pecuária de caprinos e ovinos no Nordeste brasileiro*. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, Série BNB Ciência e Tecnologia; n. 32, 2009. 436 p.
- MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N. Metodologia de custo de produção utilizada pela IEA. *Agricultura em São Paulo*, v.23, n.1, p.123-139, 1976.
- NORONHA, J. F. Depreciação. In: NORONHA, J. F. *Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica*. São Paulo: Atlas, cap. 6, p.169-179, 1987.
- MORAND-FEHR, P.; HERVIEU, J. Apprécier l' état corporel des chèvres: Intérêt et method. *Reussir La Chevre*, n.231, p.22-34, 1989.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da modelagem em caprinocultura leiteira, sobretudo em animais especializados participantes de controle leiteiro representa avanço técnico, por permitir que pesquisadores e demais profissionais possam entender melhor o comportamento de fenômenos diversos sobre as variáveis estudadas. Todavia, ressalta-se a dificuldade de se estudar curvas de lactação em rebanhos comerciais, uma vez que o controle leiteiro mensal representa um intervalo de tempo muito grande, sobretudo para os dois primeiros meses de lactação, onde se encontra o pico produtivo, dificultando assim a estimativa dos parâmetros e de estatísticas derivadas deles.

A viabilidade do sistema de produção está relacionada às técnicas de controle de custos e a outras que buscam maximizar a produtividade. Além disso, a proximidade do mercado consumidor pode ser um importante fator de incentivo ao produtor, com redução de despesas.

Apêndice

Tabela 5. Calibração do perímetro torácico para estimativa de massa corporal (MC) em cabritas Saanen

Fita (cm)	MC Médio (kg)	Mínimo (kg)	Máximo (kg)	Fita (cm)	MC Médio (kg)	Mínimo (kg)	Máximo (kg)
20	1,49	1,12	1,94	47	11,29	8,22	15,24
21	1,67	1,25	2,19	48	11,86	8,63	16,04
22	1,86	1,40	2,45	49	12,46	9,06	16,85
23	2,07	1,55	2,72	50	13,07	9,49	17,69
24	2,29	1,71	3,02	51	13,70	9,94	18,56
25	2,53	1,88	3,33	52	14,35	10,40	19,45
26	2,77	2,06	3,66	53	15,01	10,88	20,36
27	3,03	2,25	4,01	54	15,69	11,36	21,30
28	3,30	2,45	4,37	55	16,39	11,86	22,26
29	3,59	2,66	4,76	56	17,10	12,37	23,25
30	3,89	2,88	5,16	57	17,84	12,89	24,27
31	4,21	3,11	5,59	58	18,59	13,42	25,31
32	4,53	3,35	6,03	59	19,36	13,97	26,37
33	4,88	3,60	6,50	60	20,14	14,53	27,46
34	5,24	3,86	6,98	61	20,95	15,10	28,58
35	5,61	4,13	7,49	62	21,77	15,68	29,72
36	6,00	4,41	8,02	63	22,61	16,28	30,89
37	6,40	4,70	8,56	64	23,48	16,89	32,08
38	6,82	5,00	9,13	65	24,36	17,51	33,30
39	7,25	5,32	9,72	66	25,25	18,14	34,55
40	7,70	5,64	10,33	67	26,17	18,79	35,83
41	8,16	5,97	10,97	68	27,11	19,45	37,13
42	8,64	6,32	11,62	69	28,06	20,13	38,46
43	9,14	6,68	12,30	70	29,04	20,81	39,82
44	9,65	7,04	13,00	71	30,03	21,52	41,20
45	10,18	7,42	13,73	72	31,04	22,23	42,62
46	10,73	7,81	14,47	73	32,07	22,96	44,06

Continuação...

Continuação...

75	34,20	24,45	47,02	105	75,97	53,61	105,82
76	35,29	25,22	48,55	106	77,69	54,81	108,27
77	36,40	26,00	50,10	107	79,44	56,03	110,74
78	37,53	26,79	51,69	108	81,22	57,26	113,26
79	38,68	27,60	53,30	109	83,01	58,50	115,80
80	39,86	28,42	54,94	110	84,83	59,76	118,38
81	41,05	29,26	56,61	111	86,67	61,04	120,99
82	42,26	30,11	58,31	112	88,53	62,33	123,63
83	43,49	30,97	60,04	113	90,42	63,63	126,31
84	44,75	31,85	61,80	114	92,33	64,96	129,02
85	46,02	32,74	63,58	115	94,26	66,29	131,77
86	47,31	33,65	65,40	116	96,22	67,65	134,55
87	48,63	34,57	67,25	117	98,20	69,02	137,36
88	49,97	35,50	69,13	118	100,20	70,40	140,21
89	51,32	36,45	71,04	119	102,23	71,80	143,09
90	52,70	37,42	72,98	120	104,27	73,22	146,00
91	54,10	38,39	74,95	121	106,35	74,65	148,95
92	55,52	39,39	76,95	122	108,44	76,10	151,94
93	56,96	40,39	78,98	123	110,56	77,56	154,96
94	58,43	41,41	81,04	124	112,71	79,04	158,01
95	59,91	42,45	83,14	125	114,88	80,53	161,10
96	61,42	43,50	85,26	126	117,07	82,04	164,23
97	62,95	44,56	87,42	127	119,28	83,57	167,39
98	64,50	45,64	89,61	128	121,52	85,12	170,58
99	66,07	46,74	91,83	129	123,79	86,68	173,81
100	67,66	47,85	94,08	130	126,08	88,25	177,08
101	69,28	48,97	96,36	131	128,39	89,84	180,38
102	70,92	50,11	98,68	132	130,73	91,45	183,71
103	72,58	51,26	101,03	133	133,09	93,08	187,09

Continuação...

Continuação...

134	135,47	94,72	190,50
135	137,88	96,38	193,94
136	140,32	98,05	197,42
137	142,78	99,74	200,94
138	145,26	101,45	204,49
139	147,77	103,17	208,08
140	150,31	104,91	211,71
141	152,86	106,67	215,38
142	155,45	108,44	219,08
143	158,06	110,23	222,81
144	160,69	112,04	226,59
145	163,35	113,86	230,40
146	166,04	115,71	234,25
147	168,75	117,56	238,14
148	171,48	119,44	242,06
149	174,24	121,33	246,02
150	177,03	123,24	250,02

Tabela 6. Planilha de balanço econômico com os indicadores de viabilidade

Receitas	Ano 2012	Ano 2013	Ano 2014	Ano 2015	Média
Leite	117.777,20	125.122,00	118.794,80	141.556,58	125.812,65
Venda de cabritas	27.250,00	23.200,00	25.225,00	1.350,00	19.256,25
Venda de carcaças	6.925,00	4.201,00	2.501,00	1.776,00	3.850,75
Venda de Cabras	11.100,00	6.300,00	11.700,00	33.598,22	15.674,56
Venda reprodutores	-	2.350,00	3.600,00	6.183,38	3.033,35
Animais de descarte	4.410,00	2.082,50	3.246,25	2.676,00	3.103,69
Outras rendas	2.204,00	1.710,00	3.285,00	4.787,00	2.996,50
Variação do inventário animal	-	8.100,00	13.500,00	-	5.400,00
Receitas Totais	169.666,20	173.065,50	181.852,05	191.927,18	179.127,73
CUSTOS					
Concentrado	50.063,34	51.989,82	51.062,40	60.909,49	53.506,26
Volumoso	20.300,00	20.415,00	21.005,00	22.980,97	21.175,24
Medicamentos e vacinas	1.846,06	857,49	1.291,60	1.806,69	1.450,46
Energia elétrica	2.309,36	2.541,41	2.534,49	6.421,10	3.451,59
Custo variável total	74.518,76	75.803,72	75.893,49	92.118,25	79.583,56
Transporte	23.131,92	31.961,34	33.039,72	13.479,90	25.403,22
Mão de obra	20.640,00	22.464,00	28.800,00	35.141,00	26.761,25
Serviços de terceiros	7.530,00	8.110,00	4.670,00	5.038,00	6.337,00
Encargos	1.994,75	2.001,40	2.025,60	2.612,27	2.158,51
Outras despesas	15.833,28	18.625,37	19.388,84	14.880,12	17.181,90
Despesas fixas totais	69.129,95	83.162,11	87.924,16	71.151,29	77.841,88
Depreciação	6.450,00	6.450,00	9.088,43	12.167,16	8.538,90
Custo variável total	74.518,76	75.803,72	75.893,49	92.118,25	79.583,56
Custo fixo total	69.129,95	83.162,11	87.924,16	71.151,29	77.841,88
Custo operacional total	143.648,71	158.965,83	163.817,65	163.269,54	157.425,43
Custo oportunidade total	4.122,25	5.469,64	7471,82	1.2721,66	7446,34
Custo total	147.770,96	164.435,47	171.289,47	175.991,20	164.871,78
Margem bruta	95.147,44	97.261,78	105.958,56	99.808,93	99.544,18
Margem líquida	26.017,49	14.099,67	18.034,40	28.657,64	21.702,30
LUCRO	21.895,24	86.30,03	10.562,58	159.35,98	14.255,96