

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESCOLA DE VETERINÁRIA

Colegiado de Pós-Graduação em Zootecnia

**Modelagem do desenvolvimento corporal e da glândula mamária de cabritas Saanen alimentadas para diferentes ganhos em peso**

Luiz Felipe Martins Neves

Belo Horizonte

2018

LUIZ FELIPE MARTINS NEVES

**Modelagem do desenvolvimento corporal e da glândula mamária de cabritas Saanen alimentadas para diferentes ganhos em pesos**

Dissertação 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 Mestre em Zootecnia

Área de concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. Dr. Iran Borges

Belo Horizonte  
2018

Dissertação defendida no dia 31 de janeiro de 2018 e aprovada pela comissão composta por:

  
Professor Iran Borges, DSc.  
(Orientador)

  
Adalmo Garcia Pereira, DSc.

  
Leonardo de Rago Nery Alves, DSc.

*“O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria se aprende é com a vida e com os humildes.”*

*Cora Coralina*

## **DEDICO**

A minha família...

Aos meus amigos...

A comunidade científica...

Ao Núcleo de Extensão e Pesquisa em Pequenos Ruminantes (NEPPER)...

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela força, saúde e sabedoria para desenvolver este trabalho.

Aos meus pais Izabel Cristina e Luiz Cláudio pelo incentivo e compreensão.

A minha irmã Bruna e meu cunhado Marcos pelas palavras de conforto nas horas difíceis.

Aos meus avós Ilda, Noêmia e João. Ao meu avô Múcio “*in memoriam*”, que está junto a Deus sempre intercedendo por mim.

Ao professor Iran Borges que acolhe seus orientados como se fossem seus filhos, sempre orientando, ensinando, sendo amigo, puxando orelha e dando carinho. A Neuzinha e o Rodrigo que nos recebem como da família.

Ao professor Felipe Brandão da Universidade Federal Fluminense (UFF) pelo apoio na dosagem da progesterona.

Aos funcionários da fazenda Hélio Barbosa da UFMG, em especial o Luiz, o Douglas, a Rose, o Carlinhos e o Marquinhos. A dona Luzia e dona Edina pelas comidas gostosas e o carinho para com todos.

As colegas de experimento Joana e Gabriela pelo apoio e momentos de alegria e ensinamentos.

A grande amiga Juliana Santos que fiz no alojamento da fazenda.

Aos meus colegas do NEPPER, Luciana, Cimara, Tássia, José André, Felipe, Celso, Jizênio e Joelma.

Ao grande amigo que fiz na Pós-Graduação Matheus Lima, pelo apoio, pela amizade, pelas palavras de incentivo, pelos puxões de orelha e pelos momentos de alegria.

Aos amigos da república Katiuscia, Wanderson e Zé.

Aos professores da Pós-Graduação que de uma forma ou outra contribuíram para minha formação profissional e pessoal.

Aos professores Idalmo Garcia (UFMG) e Leonardo Rago (Newton Paiva) por aceitar participar da minha banca de defesa.

A minha orientadora e amiga da graduação Daniela Siste, pelas palavras de incentivo e ensinamentos.

As amigas da graduação Liliana, Cynthia, Alice, Deise e Rose, pelo incentivo, pelo amparo nas horas difíceis e momentos felizes.

Aos funcionários da secretaria da Pós graduação Heloisa, Igor e Cibele.

Agradeço ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo durante todo mestrado

## SUMÁRIO

RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	15
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO.....	16
CAPÍTULO 2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Proteína bruta na dieta de ruminantes.....	17
2.2 Desenvolvimento da glândula mamária dos ruminantes.....	20
2.3 Fase reprodutiva dos ruminantes: Puberdade.....	21
2.4 Ganho de peso e biometria corporal dos ruminantes.....	22
2.5 Modelagem matemática aliada a produção animal.....	24
2.6 Referências Bibliográficas.....	26
CAPÍTULO 3. MODELOS NÃO LINEARES PARA ESTIMAR CRESCIMENTO CORPORAL E MEDIDAS BIOMÉTRICAS DE CABRITAS SAANEN ALIMENTADAS COM DIFERENTES NÍVEIS PROTEICOS.....	36
3.1 Resumo.....	36
3.2 Introdução.....	36
3.3 Material e Métodos.....	37
3.3.1 Animais, instalações e manejo.....	37
3.3.2 Reprodução.....	39
3.3.3 Medidas Biométricas.....	40
3.3.4 Análise estatística.....	40
3.4 Resultados.....	45
3.4.1 Seleção do melhor modelo.....	45
3.5 Discussão.....	59
3.6 Conclusão.....	63
3.7 Referências Bibliográficas.....	63
CAPÍTULO 4. MODELAGEM DO CRESCIMENTO DA GLÂNDULA MAMÁRIA DE CABRITAS SAANEN ALIMENTADAS COM DIFERENTES NÍVEIS PROTEICOS E DISTINTOS TIPOS DE NASCIMENTO.....	68
4.1 Resumo.....	68
4.2 Introdução.....	68
4.3 Material e Métodos.....	69
4.3.1 Animais, instalações e manejo.....	69

4.3.2 Reprodução.....	71
4.3.3 Mensuração da glândula mamária.....	71
4.3.4 Processamento da imagem digital.....	72
4.3.5 Detecção do primeiro estro.....	73
4.3.6 Análise estatística.....	73
4.4 Resultados.....	76
4.5 Discussão.....	81
4.6 Conclusão.....	83
4.7 Referência Bibliográfica.....	83
CAPÍTULO 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES FUTURAS.....	86
ANEXOS.....	87

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição centesimal e teores de nutrientes das rações experimentais ofertadas às cabritas Saanen para obtenção de distintos ganhos de peso médio diário.....	39
Tabela 2. Critério de informação para avaliação dos modelos de crescimento utilizado para descrever a massa corporal de cabritas Saanen submetidas a quatro níveis de proteína bruta na dieta.....	46
Tabela 3. Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo Logístico ( $Y_f$ , $Y_m$ e $k$ ) sendo esse modelo o mais provável para crescimento da massa corporal (kg) de cabritas Saanen submetidas a níveis de proteína bruta na dieta (PBd), combinados com a função de variância escalonada (VarPower) e a estrutura de variância auto regressiva contínua de ordem 1 (CorCar1).....	46
Tabela 4. Consumo de matéria seca (CMS), ganho de peso diário (GPD) e percentual de consumo de matéria seca por peso vivo (CMSPV) de cabritas Saanen do desaleitamento à 30 dias de gestação.....	47
Tabela 5. Critério de informação para avaliação dos modelos de crescimento utilizado para descrever as variáveis biométricas, altura de garupa (HG); comprimento corporal (CC); comprimento de garupa (CG); largura de garupa (LG); largura de peito (LP) e profundidade (prof) de cabritas Saanen submetidas a quatro níveis de proteína bruta na dieta.....	48
Tabela 6. Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo Gompertz ( $Y_0$ , $k$ e $D$ ) sendo esse modelo o mais provável para a variável biométricas comprimento de garupa (AG) de cabritas Saanen submetidas a níveis de proteína bruta na dieta (PBd), combinados com a estrutura de variância autorregressiva contínua de ordem 1 (CorCar1) e Função de Variância escalonada (VarPower).....	49
Tabela 7. Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo Michaelis-Menten ( $Y_0$ , $Y_f$ , $K$ e $m$ ) sendo esse modelo o mais provável para as variáveis biométricas altura de garupa (HG), comprimento corporal (CC), largura garupa (LG), largura de peito (LP) e profundidade (prof) de cabritas Saanen submetidas a níveis de proteína bruta na dieta (PBd), combinados com a estrutura de variância autorregressiva contínua de ordem 1 (CorCar1).....	50
Tabela 8. Composição centesimal e teores de nutrientes das rações experimentais ofertadas às cabritas Saanen para obtenção de distintos ganhos de peso médio diário.....	71
Tabela 9. Critério de informação para avaliação dos modelos de crescimento utilizado para descrever a área total das glândulas mamárias de cabritas Saanen submetidas a quatro níveis de proteína bruta na dieta e de tipo de nascimento diferentes (simples e múltiplos).....	79

Tabela 10. Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo Exponencial ( $Y_0$ e $k$ ), sendo esse modelo o mais provável para crescimento da área total das glândulas mamárias de cabritas Saanen nascidas de gestação (TN) simples (TN=1) ou múltiplas (TN=2) e submetidas a níveis de proteína PB na dieta (PBd), combinados com a função de variância escalonada (VarPower) e a estrutura de variância autorregressiva contínua de ordem 1 (CorCar1).....	79
Tabela 11. Médias e desvio padrão do crescimento de glândula mamária ( $\text{cm}^2 \cdot \text{dia}^{-1}$ ) conforme dieta e a fase de crescimento de cabras.....	80
Tabela 12. Média e desvio padrão de crescimento da glândula mamária conforme o tipo de puberdade.....	80

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Crescimento da massa corporal de cabritas Saanen submetidas a dietas com níveis de proteína bruta. A linha contínua são os valores estimados pelo modelo Logístico e (+) são os dados observados. Os painéis a, b, c e d representam as estimativas para animais submetidos a dietas com 15, 17, 18 e 19% PB, respectivamente.....51
- Figura 2. Crescimento da altura de garupa (HG) de cabritas Saanen submetidas a dietas com níveis de proteína bruta. A linha contínua são os valores estimado pelo modelo Michaelis-Menten generalizado (GMM) e (+) são os dados observados. Os painéis a, b, c e d representam as estimativas para animais submetidos a dietas com 15, 17, 18 e 19% PB, respectivamente.....52
- Figura 3. Crescimento do comprimento corporal de cabritas Saanen submetidas a dietas com níveis de proteína bruta. A linha contínua são os valores estimado pelo modelo de Michaelis-Menten generalizado (GMM) e (+) são os dados observados. Os painéis a, b, c e d representam as estimativas para animais submetidos a dietas com 15, 17, 18 e 19% PB, respectivamente.....53
- Figura 4. Crescimento do comprimento de garupa de cabritas Saanen submetidas a dietas com níveis de proteína bruta. A linha contínua são os valores estimado pelo modelo Gompertz e (+) são os dados observados. Os painéis a, b, c e d representam as estimativas para animais submetidos a dietas com 15, 17, 18 e 19% PB, respectivamente.....54
- Figura 5. Crescimento da largura de garupa de cabritas Saanen submetidas a dietas com níveis de proteína bruta. A linha contínua são os valores estimados pelo modelo de Michaelis-Menten generalizado (GMM) e (+) são os dados observados. Os painéis a, b, c e d representam as estimativas para animais submetidos a dietas com 15, 17, 18 e 19% PB, respectivamente.....55
- Figura 6. Crescimento da largura de peito de cabritas Saanen submetidas a dietas com níveis de proteína bruta. A linha contínua são os valores estimado pelo modelo de Michaelis-Menten generalizado (GMM) e (+) são os dados observados. Os painéis a, b, c e d representam as estimativas para animais submetidos a dietas com 15, 17, 18 e 19% PB, respectivamente.....56
- Figura 7. Crescimento da profundidade corporal de cabritas Saanen submetidas a dietas com níveis de proteína bruta. A linha contínua são os valores estimado pelo modelo de Michaelis-Menten generalizado (GMM) e (+) são os dados observados. Os painéis a, b, c e d representam as estimativas para animais submetidos a dietas com 15, 17, 18 e 19% PB, respectivamente.....57

Figura 8. Velocidade (painel a) e Aceleração (painel b) do crescimento da massa corporal (*MC*) de cabritas Saanen estimadas a partir da primeira ( $dy/dt$ ) e segunda derivada ( $d^2y/dt^2$ ) do modelo Logístico, respectivamente. As linhas contínuas, pontilhadas, traços e tracejados longos representam as velocidades de crescimento de *MC* de cabritas suplementadas com os níveis de proteína bruta, 15, 17, 18 e 19%, respectivamente.....58

Figura 9. Velocidade de Crescimento (primeira derivada do modelo,  $dy/dt$ ) das variáveis biométricas altura de garupa (*AG*, painel **a**), Comprimento corporal (*CC*, painel **b**), Comprimento de garupa (*CG*, painel **c**), Largura de garupa (*LG*, painel **d**), Largura de peito (*LP*, painel **e**) e profundidade corporal (*Prof*, painel **f**). As linhas contínuas, pontilhadas, traços e tracejados longos representam as velocidades de crescimento das variáveis biométricas de cabritas suplementadas com os níveis de proteína bruta de 15, 17, 18 e 19%, respectivamente. Tais estimativas foram obtidas a partir dos modelos de Michaelis-Menten generalizado (*AG*, *CC*, *LG*, *LP* e *Prof*) e Logístico (*CG*).....59

Figura 10. Crescimento da soma das duas glândulas mamárias para cada fator (teor de PB dietética×tipo de nascimento). Painel (a) fator 1×1, painel (b) fator 1×2, painel (c) 2×1, painel (d) 2×2; painel (e) 3×1; painel (f) 3×2; painel (g) 4×1; painel (h) 4×2. As linhas contínuas são as estimativas do modelo exponencial, e (+) são os observados.....81

Figura 11. Velocidade de Crescimento das duas glândulas mamárias (*GM*) para cada fator (teor de PB dietética×tipo de nascimento). Painel (a) fator 1×1, painel (b) fator 1×2, painel (c) 2×1, painel (d) 2×2; painel (e) 3×1; painel (f) 3×2; painel (g) 4×1; painel (h) 4×2. As linhas contínuas são as estimativas da primeira derivada ( $dy/dt$ ) modelo exponencial.....82

## LISTA DE ABREVIACÕES

AC = Altura de cernelha

AG = Altura de garupa

AGM = Almofada de gordura mamária

CA = Circunferência abdominal

CC = Comprimento corporal

CG = Comprimento de garupa

CNF = Carboidratos não fibrosos

CV = Coeficiente de variação

FDA = Fibra em detergente ácido

FDN = Fibra em detergente neutro

GM = Glândula mamária

GPD = Ganho de peso diário

GPMD = Ganho de peso médio diário

Kd = Taxa de degradação

LG = Largura de garupa

LP = Largura de peito

MC = Massa Corporal

MS = Matéria seca

NNP = Nitrogênio não proteico

NRC = National Research Council

PAR = Parênquima mamário

PB = Proteína bruta

PB<sub>d</sub> = Proteína bruta na dieta

PDR = Proteína degradável no rúmen

Pmic = Proteína microbiana

PNDR = Proteína não degradável no rúmen

PROF = Profundidade

PT = Perímetro torácico

PV = Peso vivo

## RESUMO

O manejo nutricional adequado de cabritas em crescimento é muito importante, uma vez que essas serão as futuras produtoras de leite. Objetivou-se com este trabalho avaliar o uso de modelos não lineares para estimar o crescimento da massa corporal, medidas biométricas e o crescimento da glândula mamária de cabritas Saanen alimentadas com níveis proteicos. Foram utilizadas 40 cabritas Saanen com idade de  $109,1 \pm 21,4$  dias, com peso vivo (PV) de  $12,9 \pm 2,9$ kg, providas de uma única fazenda. Essas cabritas foram monitoradas do desaleitamento até 30 dias de gestação, no período de fevereiro a dezembro de 2015. O experimento apresentou quatro grupos com dietas diferentes, cada grupo era composto por dez animais, cujo objetivo era obter diferentes ganhos de pesos. As dietas previziam um ganho de peso médio diário (GPMD) de 90, 130, 170 e 210g. A proteína bruta prevista foi de 15, 17, 18 e 19% para as dietas. As dietas foram de baixo ganho, médio-baixo ganho, médio-alto ganho e alto ganho. Os animais foram pesados e tiveram a glândula mamária mensurada semanalmente e as medidas biométricas foram feitas quinzenalmente. Não houve efeito ( $p < 0,05$ ) dos regimes alimentares no período pré-púbere. O modelo que se destacou para estimar o crescimento da massa corporal foi o Logístico. Para as medidas biométricas altura de garupa (HG), comprimento corporal (CC), largura da garupa (LG), largura do peito (LP) e profundidade de tronco (PROF) o modelo que se destacou foi o de Michaelis-Menten generalizado, já para comprimento de garupa (CG) o melhor modelo foi o de Gompertz. O crescimento da glândula mamária teve como melhor modelo o exponencial, vale ressaltar que não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) no crescimento da GM no período pré e pós-púbere. O uso de protocolos hormonais não influenciaram de forma negativa o crescimento da GM. O uso de modelos para estimar crescimento da massa corporal, medidas biométricas e crescimento da GM é eficaz. Para cabritas Saanen em crescimento recomenda-se o uso de 18% de PB na dieta afim de se obter máximo crescimento e desenvolvimento corporal e da GM.

**Palavras-chave:** caprinos, modelagem, progesterona, proteína

## ABSTRACT

A proper nutritional management of growing kids is very important, since they will be future milk producers. The aim of this work was to evaluate the use of nonlinear models to estimate body mass growth, biometric measurements and mammary gland (MG) growth of Saanen goats fed with different protein levels. For this experiment it was used 40 Saanen goats, provided by a single farm, with  $109.1 \pm 21.4$  days and live weight (LW) of  $12.9 \pm 2.9$  kg. These goats were monitored from weaning until 30 days of gestation, from February to December 2015. The experiment presented four groups with different diets, each group was composed of ten animals, whose objective was to obtain different weight gains. The diets predicted an average daily weight gain (ADWG) of 90, 130, 170 and 210 g. The diets predicted crude protein was 15, 17, 18 and 19%. Diets were low gain, medium-low gain, medium-high gain and high gain. Animals were weighed and had their mammary gland measured weekly, as biometric measurements were done biweekly. There was no effect ( $p < 0.05$ ) of pre-pubertal diets. The model that stood out to estimate body mass growth was the Logistic model. For the biometric measures of the rump height (HG), body length (CC), rump width (LG), breast width (LP) and trunk depth (PROF), the model that stood out was the generalized Michaelis-Menten. For length of croup (CG) the best was Gompertz model. MG growth was best evaluated by exponential model. It is worth mentioning that there was no significant difference ( $p < 0.05$ ) in MG growth in pre- and post-pubertal periods. The use of hormonal protocols did not negatively influence MG growth. The use of models to estimate body mass growth, biometric measurements and MG growth is effective. For growing Saanen kids, it is recommended 18% diet CP in order to obtain maximum body and MG growth.

**Key words:** goats, modeling, progesterone, protein

## CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

O consumo de matéria seca (MS) constitui o principal fator limitante no desenvolvimento dos ruminantes. Entre os fatores que afetam o consumo de MS pelos ruminantes está a deficiência de nitrogênio ruminal, na forma de amônia, aminoácidos ou peptídeos, que resulta em menor crescimento da microbiota ruminal por não atender seus requerimentos nutricionais (Sniffen et al., 1993).

A proteína é o ingrediente mais requerido, depois da energia, para o desenvolvimento das funções metabólicas dos ruminantes. A ingestão de proteína bruta abaixo de 7% da MS da dieta proporciona menor desempenho animal (Van Soest, 1994). Por outro lado, a ingestão em excesso de PB está relacionada ao maior custo da dieta e à maior excreção de ureia na urina com desperdício de proteína e energia.

O estabelecimento do nível proteico e de sua relação com a concentração energética da dieta torna-se importante para o atendimento das exigências dos animais em crescimento, que alcançam assim um bom desempenho. Isso deve ser levado em consideração principalmente para as futuras fêmeas lactantes, dado que o crescimento destas interfere, sobremaneira, no desempenho leiteiro já na primeira lactação.

A concentração proteica da dieta de animais em crescimento além de regular o desenvolvimento corporal, interfere na formação e desenvolvimento de estruturas anatômicas como a glândula mamária. Sejrsen et al. (2000) observaram que a taxa de crescimento corporal e mamário e a produção de leite sofre influencia de três fatores: a superalimentação na fase pré-púbere poderia reduzir o crescimento mamário e a futura produção de leite, o alto nível de alimentação no período pós-púbere e gestação não tem efeito sobre o crescimento mamário e produção de leite e o ganho de peso devido ao potencial genético está positivamente correlacionado com a produção de leite.

Além da mensuração do peso vivo, outra forma de acompanhar o desempenho dos animais dá-se através da biometria. Resende et al. (2001) trabalhando com cabras Saanen, mostraram que a biometria pode ser utilizada para estimar o peso vivo (PV), correlacionando este com o perímetro torácico, comprimento e altura do animal. Outros trabalhos mostram que há uma alta correlação entre peso vivo e medidas biométricas (Valdez et al., 1982; Mohamed & Amin, 1996; e Varade et al., 1997). Mensurações como altura de cernelha, comprimento corporal, comprimento da garupa, largura da

garupa, largura de peito e profundidade podem contribuir para a seleção de animais com maior aptidão leiteira.

O uso de modelos clássicos de regressão é comum em diversas áreas, dentre elas a agropecuária. Porém, em muitas situações, algumas de suas suposições, como a normalidade e a linearidade dos parâmetros, não são satisfatórias. Essa situação despertou o desenvolvimento de novas técnicas estatísticas para os modelos de regressão, surgindo assim, novas classes de modelos como os de regressão não linear e os lineares generalizados.

A criação de um modelo matemático tem o objetivo de fazer algum tipo de cálculo ou previsão de como o sistema irá se comportar (Brockington, 1979). Para tal, utiliza, em sua maioria, análises de regressão na busca de representar ou descrever o sistema (Caixeta Filho, 2000).

A utilização de curvas de crescimento que relacionam o peso do animal com a idade tem despertado interesse de muitos pesquisadores em diversas áreas. Segundo Cruz et al. (2009) 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.

## **CAPÍTULO 2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Proteína bruta na dieta de ruminantes**

As proteínas são macromoléculas presentes nas células com variadas funções (estruturais, hormonais, enzimáticas entre outras), são compostas por aminoácidos unidos por ligações peptídicas, na qual é denominada proteína simples, podendo encontrar também as proteínas complexas, onde além dos aminoácidos temos outros grupos como heme (heme proteínas), lipídios (lipoproteínas) e açúcares (glicoproteínas) em sua composição (Lehninger et al., 2000).

A proteína bruta (PB) contida nos alimentos é dividida em duas frações, a proteína degradável no rúmen (PDR) e a proteína não degradável no rúmen (PNDR). A PDR é utilizada pelas bactérias presentes no rúmen para se desenvolverem, podendo ser

oriunda de duas fontes de nitrogênio não proteico (ureia, amireia, etc), como também de proteína verdadeira (farelo de soja, farelo de algodão, etc) (Guimarães et al., 2015).

A proteína presente na dieta dos ruminantes é dividida em frações de acordo com sua degradabilidade, nitrogênio não proteico (NNP), proteína verdadeira, e nitrogênio indisponível (Van Soest et al., 1981). Essas frações foram descritas como fração A (NNP), fração B (proteína verdadeira), e fração C (nitrogênio indisponível), respectivamente (Pichard e Van Soest, 1977). A fração de proteína verdadeira (B) ainda pode ser fracionada em subfrações B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e B<sub>3</sub>, esse fracionamento se dá de acordo com a taxa de degradação ruminal das mesmas (Van Soest et al., 1981; Krishnamoorthy et al., 1983).

A degradação da proteína no rúmen se dá através de enzimas (peptidases, proteases e deaminases), secretadas pelos microrganismos ruminais, essa degradação origina peptídeos, aminoácidos e amônia (Berchielli et al., 2011). Os microrganismos presentes no rúmen necessitam de esqueletos de carbono, disponibilidade de energia e fornecimento de peptídeos e amônia para que haja crescimento microbiano (Pereira et al., 2005).

Os aminoácidos que chegam ao intestino delgado dos ruminantes têm como fonte a proteína microbiana (Pmic), a PNDR, e a proteína endógena, sendo que, a proteína metabolizável (PM) compreende a digestão e absorção dessas fontes (Guimarães et al., 2015). Em torno de 60 a 85% da exigência proteica dos ruminantes em crescimento, manutenção e lactação é atendida pela Pmic sintetizada no rúmen (Timmermans Jr. et al., 2000), sendo o restante, atendido pela proteína dietética não degradável no rúmen e digerida no intestino (Paulino, 1999).

Dos compostos nitrogenados que chegam no rúmen 50 a 70% são degradados pelos microrganismos, liberando amônia. Durante a fermentação ruminal, sempre que excede o nível de utilização pelos microrganismos ruminais, a concentração de amônia é absorvida e, por meio da circulação entero-hepática, chega até fígado. Lá sofre transformação em ureia, que, juntamente com a ureia produzida no fígado a partir do metabolismo de aminoácidos, constitui a maior parte da ureia plasmática (Carvalho et al., 20010). Boa parte dessa ureia é reciclada via saliva e parede ruminal, retornando ao rúmen e o restante é excretado pela urina (Kozloski, 2002).

A concentração e o valor biológico da proteína bruta na dieta podem modificar o consumo pelos ruminantes, alterando tanto o mecanismo físico, como o fisiológico (Zundt et al., 2002). A Redução na concentração de proteína bruta (PB) na dieta para níveis abaixo de 12%, ou na disponibilidade de nitrogênio, poderá reduzir a digestão da fibra e, conseqüentemente, diminuir o consumo (Roseler et al., 1993).

Alguns autores relataram um aumento na ingestão de alimento, à medida que o nível de proteína bruta era elevado de 8 a 9% para 13 a 14% (Meherez & Orskov, 1978; Vieira et al., 1980), esse aumento no consumo pode estar ligado ao melhor desempenho fermentativo ruminal, uma vez que, um maior aporte proteico dietético proporcionará melhor desempenho da microbiota ruminal.

O efeito da adição de proteína sobre o consumo é observado quando ela se encontra em níveis baixos, uma vez que a deficiência de proteína degradável no rúmen na dieta limitaria a atividade microbiana, afetando assim, a ingestão e a digestibilidade dos nutrientes (Orskov & Robinson, 1981). Rodrigues et al. (2007) observaram em cabras Alpinas um maior estímulo ao consumo de matéria seca no tratamento com maior proporção de proteína em relação a energia disponível, os autores justificam esse comportamento com a disponibilidade de proteína, que proporciona maior crescimento da microbiota ruminal, logo acelera a taxa de degradação (Kd) estimulando maior consumo.

A PB dietética tem um importante papel no crescimento dos animais. Chobtang et al. (2009) trabalhando com cabritas tailandesas em crescimento alimentadas com níveis diferentes de PB na direta (8, 10, 12 e 14%), observaram maior consumo de matéria seca e desempenho (ganho de peso diário) no tratamento com 14% de PB na dieta, os autores atribuíram essa observação a um maior aporte proteico para formação de fibras musculares, proporcionando melhor desempenho.

Segundo o NRC (2007) uma cabrita em crescimento, pesando 30kg e com ganho diário de 100g, apresenta uma exigência de consumo de matéria seca de 3,06% em relação ao peso vivo, e uma exigência de 14,78% de PB. O teor de PB na dieta deve ser balanceado para não ocasionar problemas no desempenho das cabritas. Rações com teor de PB insuficiente para atender as exigências tem sido atribuídas à diminuição da manifestação de cio, atraso na aparição do primeiro cio, redução do índice de concepção do primeiro serviço e morte embrionária (Sasser, 1988; Kaur, 1995).

No caso de excesso de proteína na dieta alguns estudos mostram que pode influenciar negativamente a reprodução dos ruminantes. Bruckental et al. (1986) demonstraram que o uso de rações com 21% de PB em comparação a rações com 17% de PB, reduziu o índice de concepção, aumentou o intervalo entre partos, e retardou a manifestação do primeiro cio em vacas.

A PB também está diretamente relacionada ou desenvolvimento da glândula mamária (GM). Alguns autores sugerem que o acúmulo de gordura na GM não está simplesmente relacionado à ingestão de energia, mas sim a proporção de energia e proteína consumida pelo animal (Capuco et al. 1995; Dobos et al. 2000). Albino et al. (2015) trabalhando com novilhas holandês, relataram um acúmulo de gordura na GM dos animais, cujo tratamento tinha a concentração de energia metabolizável e proteína acima da exigência do NRC (2001).

## **2.2 Desenvolvimento da glândula mamária dos ruminantes**

Os mamíferos possuem uma estrutura anatômica denominada glândula mamária (GM), cuja função primária é secretar alimento para nutrir a cria (Ferreira et al., 2013; Larson, 1985). A GM também é responsável por outras funções, sendo uma delas à transferência de anticorpos (imunológica) da mãe para cria, a fim de proporcionar a sobrevivência da mesma em condições difíceis (Akers, 2002). Segundo alguns autores a origem evolutiva da GM não é clara, uma vez que tecidos moles não são bem preservados como fósseis (Akers e Denbow, 2013).

Algumas literaturas relatam que a GM foi formada através da junção do suor com glândula sebácea, pois segue os modos de secreção apócrinos e meócrinos (Kon e Cowie, 1961, Akers, 2002, Capuco e Akers, 2010). A formação e o desenvolvimento da GM são divididos em duas fases distintas a embrionária e a pós-natal. Dentre essas duas fases ocorrem diferentes funções biológicas, que começam antes do nascimento e continuam após a puberdade passando pela gestação, lactação e finalmente a involução (Ferreira et al., 2013).

Lérias et al.(2014) descreveram que a ejeção do leite contribui de forma significativa para o desenvolvimento da GM e que essa ejeção é controlada pelo sistema neuroendócrino. Segundo os autores o sistema endócrino está responsável por

sincronizar o desenvolvimento da GM com o estágio reprodutivo do animal, e o sistema nervoso de desencadear o mecanismo de remoção do leite, onde esses dois sistemas estão conectados no eixo hipotálamo-hipófise. De fato, esse eixo é responsável por gerenciar todo o processo de produção de leite através da liberação de prolactina, oxitocina, hormônio de crescimento, entre outros, e também regula outros órgãos os quais liberam hormônios (ovário, placenta, GM, entre outros) (Klein, 2013).

Para avaliação e tipificação dos tecidos na GM utilizou-se por muitos anos a técnica de abate comparativo, hoje em dia técnicas mais evoluídas vem sendo utilizadas na pesquisa, como é o caso do uso de ultrassom (Esselburn et al., 2015). Meyer et al. (2006) observaram em novilhas Holandesas, que quando aumentou-se a quantidade de PB (29%) e energia metabolizável da dieta, houve um aumento significativo da almofada de gordura mamária (AGM) e menor desenvolvimento do parênquima mamário (PAR), em relação ao tratamento de menor quantidade de PB (22%) e energia metabolizável.

Daniels et al. (2009) trabalhando com novilhas Holandesas, observaram ao abater animais de diferentes pesos (100, 150, 200, 250, 300 e 350kg) e com ganho de peso diário diferentes 650 e 950g, que não houve diferença significativa ( $p < 0.1$ ) nas características e desenvolvimento do PAR nos tratamentos de diferentes ganho de peso.

### **2.3 Fase reprodutiva dos ruminantes: Puberdade**

O manejo nutricional é um dos principais parâmetros que está relacionado à reprodução animal. Está diretamente relacionado com a reposição das fêmeas no sistema de produção, uma vez que o crescimento corporal e a fase reprodutiva apresentam estreita relação, tendo efeito direto na idade a puberdade, primeira cobrição, peso ao parto e futura produção de leite (Garcia e Garcia, 2012). Nesse sentido é fundamental ter um controle na nutrição dos animais evitando a subnutrição e o ganho de peso excessivo, pois ambos irão influenciar no estabelecimento da puberdade e desenvolvimento mamário (Lohakare, 2012).

Dependendo da latitude em que se encontram, cabras e ovelhas apresentam estacionalidade reprodutiva. Em regiões de elevada latitude, o estímulo para a manifestação e/ou intensificação dos fenômenos reprodutivos é o encurtamento (horas)

do dia (fotoperíodo) (Maia et al., 2017). Nos pequenos ruminantes a distinção entre puberdade e maturidade sexual deve ser bem descrita, nem sempre os animais que entram em puberdade fisiológica estão aptos a conceber e manter a gestação (Dyrmundsson, 1981).

A nutrição está diretamente relacionada a funções reprodutivas do desenvolvimento folicular para a ovulação, produção hormonal, fertilização e gestação (Short e Adams, 1988). A proteína é o principal nutriente que influencia a puberdade dos ruminantes, muitas das vezes o uso de alimentos ricos em proteína é negligenciado na formulação de ração, principalmente em sistemas de criação a pasto, onde geralmente são consumidas forragens de baixo valor nutritivo (Gunn, 2016).

Segundo Sasser et al. (1988) vacas alimentadas com ração deficiente em PB (320g/dia) apresentaram de taxa de concepção no primeiro serviço de 25% e taxa de gestação de 32%, o que foi significativamente diferente em relação a vacas que receberam 960g/dia de PB, apresentando taxa de concepção de 75% e de gestação de 74%.

#### **2.4 Ganho de peso e biometria corporal dos ruminantes**

As medidas biométricas são mensurações feitas no animal vivo, que expressam as medidas de regiões corporais dos animais, estas medidas podem ser utilizadas para selecionar animais para o melhoramento genético do rebanho e desta forma predizer características de desempenho dos animais (MENEZES et. al. 2007).

O crescimento dos tecidos pode ocorrer durante toda a vida dos animais, dependendo do tecido. A formação dos tecidos segue a ordem de crescimento não isométrica, sendo primeiramente o tecido ósseo, seguido do tecido muscular e, por último, do adiposo (Garcia et al., 2009). O uso de algumas técnicas demonstra a eficiência do sistema de produção, um delas seria a associação da pesagem e mensuração corporal (biometria) dos animais, técnica essa que proporciona o acompanhamento do desempenho do rebanho (Yáñez et al., 2004).

Algumas medidas biométricas estão diretamente relacionadas ao crescimento e desenvolvimento esquelético dos animais como a altura de cernelha (AC) e altura da

garupa (AG), já outras medidas geralmente variam mesmo em animais adultos como o perímetro torácico (PT) e circunferência abdominal (CA) (Prajapati et al., 1991). Medida de PT em caprinos tem como principal intuito estimar a capacidade respiratória e vascular do animal, essas características estão diretamente relacionadas a capacidade produtiva dos animais (Santana et al., 2001).

As medidas biométricas que vem sendo trabalhadas para determinar tamanho corporal, também servem como base para conhecer um pouco das exigências nutricionais e maturidade fisiológica do animal. Dentre as mais importantes podemos citar: comprimento corporal (CC), AC, AG, PT e o peso corporal (Rocha et al., 2003). Segundo Hammack e Shrode (1986) algumas medidas esqueléticas e a classificação do escore da condição corporal, juntamente com o peso vivo (PV) corporal e a idade do animal, auxiliam no conhecimento da taxa de crescimento e deposição de gordura na carcaça.

O PT é à medida que melhor auxilia na mensuração do peso vivo, facilitando o manejo em propriedades com menor grau de tecnificação, ou seja, ausência de balança (Oliveira, 2007). Souza et al.(2009) trabalhando com ovinos, relataram que o PT e o CC foram as melhores opções para predizer o PV, apresentando equações com os mais altos coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e baixo coeficiente de variação (CV), além de serem altamente significativos ( $P < 0.0001$ ).

Yakubu & Mohammed (2012) trabalhando com cabras Sokoto vermelha na Nigéria, observaram uma alta correlação das medidas de CC ( $r=0,92$ ) e PT ( $r=0,91$ ) com o PV dos animais. Alguns autores encontraram dados semelhantes a esse trabalho (Thiruvankadan, 2005; Ojedapo et al., 2007).

Borges et al. (2012) observaram que cabritos 7/8 Boer suplementados em *creep feeding* com durações diferentes (30, 50 e 70 dias), apresentaram medidas biométricas diferentes, os autores indicam o uso de 50 dias de suplementação, para que os animais tenham um bom desenvolvimento, principalmente das biometrias CC, AC, PT e AG. Menezes et al. (2007) relataram medidas biométricas diferentes entre cabritos Alpinos e 3/4 Boer, os autores descrevem um diferença estatística ( $p < 0.005$ ) na AC, AG e PT. Attha et al. (2004) observaram que o sexo dos caprinos em crescimento influencia as medidas biométricas, os machos apresentam maior largura de peito, e as fêmeas apresentam maior largura de garupa.

O ganho de peso diário (GPD) em ovinos Santa Inês, sofre maior influência de fatores externos (sanitários e nutricionais), em relação às medidas biométricas. Isso é confirmado no trabalho desenvolvido por Neto et al. (2012) onde a coleta de dados foi feita em 4038 ovinos em crescimento da raça Santa Inês. Araújo Filho et al. (2007) observaram que ovinos com diferentes concentrações de energia na dieta (2,5 Mcal EM/kg MS e 2,94 Mcal EM/kg MS), não apresentaram diferença significativa nas medidas de AC, PT, AG e CC, somente no escore da condição corporal.

Hermes et al. (2014) trabalhando com ovinos Santa Inês em crescimento, observaram que não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) nas medidas corporais dos animais, quando substituiu em níveis crescentes (0, 5, 10 e 15%) o milho por permeado de soro de leite em pó. Urbano et al. (2006) observaram no trabalho desenvolvido com borregos e borregas Morada Nova, uma alta correlação do peso vivo dos animais com as medidas biométricas sendo: PT (0,91), AG (0,90), CC (0,89), AC (0,89), CA (0,88). Os autores relataram diferença entre os sexos, no qual os machos apresentaram maior correlação ao peso vivo a medida AC e nas fêmeas a medida de CA.

## **2.5 Modelagem matemática aliada a produção animal**

Os modelos são representações matemáticas dos mecanismos que governam fenômenos naturais (Tedeschi, 2006) e a modelagem, é o conjunto de processos e meios usados na construção de modelos (Fontoura Júnior et al., 2007). Ambos se tornaram ferramentas fundamentais para apoiar à tomada de decisão nos sistemas de produção animal.

Os modelos apresentam três classificações: 1) físicos - representam uma visão, normalmente em menor escala que o original, de um objeto ou sistema (Ex.: miniaturas e maquetes); 2) conceituais ou teóricos - descrevem o sistema e seu comportamento através de teorias e representações gráficas; 3) matemáticos - representação teórica do mecanismo de funcionamento de um sistema através de equações (Fialho, 1999).

A modelagem matemática tem sido muito usual na área de produção animal, principalmente em casos de limitações de recursos para desenvolver projetos de pesquisa, onde há necessidade de um grande número de unidades experimentais. Além da praticidade e baixo custo, o uso de modelos matemáticos pode maximizar a produção

animal e ao mesmo tempo minimizar os impactos ambientais através da redução da excreção de nutrientes de maneira economicamente viável (Chizzotti et al., 2012).

Um dos primeiros conceitos mais importantes da modelagem é que a mesma seja o mais simples possível, já que por definição, os modelos são simplificações intencionais da realidade (Rothemberg, 1989). Os modelos são classificados de acordo com o tipo de equações que o constituem (lineares e não lineares), grau de explicação que estimam ou descrevem (empíricos e mecanistas), forma com que tratam as mudanças ocorridas em relação ao tempo físico (dinâmicos e estáticos) e quanto ao tratamento estatístico de suas variáveis e parâmetros (estocásticos e deterministas) (Fialho, 1999; Caixeta Filho, 2000; Thornley, 2001, Fontoura Júnior et al., 2007).

Após escolher o modelo matemático através do objetivo, é feita a formulação de hipóteses qualitativas e/ou quantitativas, a escolha do sistema, a determinação dos parâmetros, e as avaliações (Sauvant, 1992). A acurácia e a precisão das estimativas auxiliam na avaliação do modelo (Tedeschi, 2006). A análise gráfica facilita o entendimento do comportamento do sistema e facilita a formulação das hipóteses.

Uma ou mais medidas de tamanho podem ser observadas em um ou vários indivíduos, em uma ou mais vezes, idades e estágio de desenvolvimento (Fitzhugh, 1976). A observação de uma única medida de tamanho como o peso, gera dados univariados, já a observação de medidas múltiplas de tamanho como peso, altura, largura, comprimento, entre outras, gera dados multivariados (Fitzhugh, 1976).

Pesmen e Yardimci (2008) trabalhando com dois grupos de caprinos Saanen, sendo o primeiro composto por animais em lactação e o segundo animais de 1 ano, utilizou modelos matemáticos para estimar o peso corporal através das medidas biométricas. Os autores encontraram uma alta relação das medidas de PT, CA, AC e CC para o primeiro grupo, já o segundo grupo apresentou uma alta correlação do peso vivo com as medidas de PT e CC.

Perez et al. (2016) desenvolveram uma equação para estimar o peso vivo em caprinos, essa equação contem as medidas da altura da perna (AP), PT, AC e CC. Os autores relatam que quando for necessário trabalhar com somente uma medida a que teve maior correlação foi o PT em ambos sexos, já a que teve menor correlação foi a AC. Moaen-ud-Din et al. (2014) trabalhando com caprinos observaram que o uso de

regressão múltipla, ou seja, com várias medidas biométricas (PT, CC e AC) é mais eficiente do que o uso de uma regressão simples com somente uma medida.

Alade et al. (2008) trabalhando com caprinos na Nigéria observaram que, o PT teve uma maior correlação ao peso vivo, os autores relataram que ao usar o PT associado com AC e CC melhorou a acurácia dos dados, outra característica associada a acurácia descrita pelos autores foi que a idade contribui para melhorá-la, ou seja, a medida que os animais vão chegando ao peso adulto a correlação das medidas com o peso vivo aumenta. Outros autores relatam em seus trabalhos uma alta correlação (r) de medidas como PT, CC, AC e AG com o peso vivo dos animais, e atribuem essa estimativa a uma ferramenta para uso em pesquisas e fazendas com baixo grau tecnológico (De Villiers et al., 2010; Mahieu et al., 2011; Tsegaye, 2013).

## 2.6 Referências Bibliográficas

- AKERS, R. M. Lactation and the mammary gland. 1st ed ed. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 2002.
- AKERS, R. M.; DENBOW, D. M. Anatomy and physiology of domestic animals. Second edition ed. Ames, Iowa: John Wiley & Sons Inc., p. 671, 2013.
- ALADE, N. K.; RAJIAND, A. O.; ATIKU, M. A. Determination of appropriate model for the estimation of body weights in goats. *Journal of Agricultural and Biological Science*, n.3, p.52-57, 2008.
- ARAÚJO FILHO, J. T.; COSTA, R. G.; FRAGA, A. B.; SOUSA, W. H.; GONZAGA NETO, S.; BATISTA, A. S. M.; CUNHA, M. G. G. Efeito de dieta e genótipo sobre medidas morfométricas e não constituintes da carcaça de cordeiros deslanados terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.8, n.4, p. 394-404, 2007.
- ATTAH, S.; OKUBANJO, A. O.; OMOJOLA, A. B.; ADESEHINWA, A. O. K. Body and carcass linear measurements of goats slaughtered at different weights. *Livestock Research for Rural Development*. V.16, Art.#62, 2004. Disponível em: <http://www.lrrd.org/lrrd16/8/atta16062.htm>, acessado em 13 de outubro de 2017.

- BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Nutrição de Ruminantes. 2ª edição. Jaboticabal, SP, editora Prol Gráfica, 2011. p.616.
- BORGES, G. D. S; MACEDO, V. P; ATOJI, K.; BAIFFUS, F. S. B. Biometria corporal de cabritos lactentes com acesso ao creep feeding em diferentes idades. Synergismus Scyentifica, n.7, 2012.
- BRODERICK, G.A. Quantifying forage protein quality. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.). Forage quality, evaluation, and utilization. Madison: American Society of Agronomy, p.200-228, 1994.
- BROCKINGTON, N.R. Computer modelling in agriculture. London: Oxford University, p.156, 1979.
- BRUCKENTAL, I.; TAGARI, H.; AMIR, S.; KENNIT, H.; ZAMWELL, S. The effect on the performance of dairy cattle of plant protein concentration and of urea or urea phosphate supplementation in the diet. Animal Production, v.43, p.73-82, 1986.
- CAIXETA FILHO, J. V. Pesquisa Operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais. Piracicaba: ED. J. V. CAIXETA FILHO, p.212, 2000.
- CAPUCO, A.V. and AKERS, R.M., Management and Environmental Influences on Mammary Gland Development and Milk Production. In. GREENWOOD, P.L.; BELL, A.W.; VERCOE, P.E.; VILJOEN, G.J. Managing the Prenatal Environment to Enhance Livestock Productivity. 1 ed. Springer Science & Business Media. p. 259- 292. 2010.
- CAPUCO, A. V.; SMITH, J. J.; WALDO, D. R.; REXROAD, C. E. Influence of prepubertal dietary regimen on mammary growth of Holstein heifers. Journal of Dairy Science, n.78, p.2709–2725, 1995.
- CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; SILVA, R. R.; PEREIRA, M. L. A.; VIANA, P. T.; SANTOS, A. B.; PEREIRA, T. C. J. Balanço de nitrogênio, concentrações de ureia e síntese de proteína microbiana em caprinos alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio. Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, n.10, p.2253-2261, 2010.
- CHIZZOTTI, M.L.; NETO, O. R. M.; LADEIRA, M.M. et al. Modelagem e meta análise em zootecnia: aplicação prática para a bovinocultura de corte brasileira. In: IV

SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE E VIII SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2012, Viçosa. Anais... Viçosa, p.197-207, 2012.

CHOBTANG, J.; INTHARAK, K.; ISUWAN, A. Effects of dietary crude protein levels on nutrient digestibility and growth performance of Thai indigenous male goats. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, n.31, p.591-596, 2009.

CRUZ, G.R.B.; COSTA, R.G.; RIBEIRO, M.N. Curva de crescimento de caprinos mestiços no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.4, n.2, p.204-210, 2009.

DANIELS, K. M.; MCGILLIARD, M. L.; MEYER, M. J.; VAN AMBURGH, M. E.; CAPUCO, A. V.; AKERS, R. M. Effects of body weight and nutrition on histological mammary development in Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*, v. 92, n. 2, p. 499–505, 2009.

DE VILLIERS, J. F.; GCUMISA, S. T.; GUMEDE, S. A. Weight band to estimate the live weight of meat goats. *Agri Update: Information from the KZN Department of Agriculture, Environmental Affairs and Rural Development*, South Africa, 2010.

DOBOS, R. C.; NANDRA, K. S.; RILEY, K.; FULKERSON, W. J.; LEAN, I. J.; KELLAWAY, R. C. The effect of dietary protein level during the pre-pubertal period of growth on mammary gland development and subsequent milk production in Friesian heifers. *Livestock Production Science*, n.63, p.235–243, 2000.

DYRMUNDSSON, O. R. Natural factors affecting puberty and reproductive performance in ewe lambs: a review. *Livestock Production Science*, n.8, p.55-65, 1981.

ESSELBURN, K.M.; HILL, M. T.; BATEMAN, H. G.; FLUHARTY, F. L.; MOELLER, S. J.; O'DIAM, K. M.; DANIELS, K. M. Examination of weekly mammary parenchymal area by ultrasound, mammary mass, and composition in Holstein heifers reared on 1 of 3 diets from birth to 2 months of age. *Journal of Dairy Science*, v. 98, n. 8, p. 5280–5293, 2015.

FERREIRA, A. M.; BISLEV, S. L.; BENDIXEN, E.; ALMEIDA, A. M. The mammary gland in domestic ruminants: A systems biology perspective. *Journal of Proteomics*, v. 94, p. 110–123, dez. 2013.

- FIALHO, F.B. Sistemas de apoio à decisão na produção de suínos e aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. Anais...Porto Alegre: SBZ, 1999. p.307-317.
- FITZHUGH JR, H. A. Analysis of Growth Curves and Strategies for Altering Their Shape. *Journal of Animal Science*, n.42, p.1035-1051, 1976.
- FONSECA, J. F.; SOUZA, J. M. G.; BRUSCHI, J. H. Considerações sobre eficiência reprodutiva no sistema de produção. V Simpósio Mineiro de Ovinocultura; Lavras, MG. Lavras: Universidade Federal de Lavras, p. 152-80, 2009.
- FONTOURA JÚNIOR, J.A.S.; MENEZES, L.M.; CORRÊA, M.N.; DIONELLO, N.J.L. Utilização de modelos de simulação em sistemas de produção de bovinos de corte. *Vet. Zootec.* v.14, n.1, p.19-30, 2007.
- GARCIA, I. F. F.; PEREZ, J. R. O.; PEREIRA, I. G.; COSTA, T. I. R.; MARTINS, M. O. Estudo alométrico dos tecidos da carcaça de cordeiros Santa Inês puros ou mestiços com Texel, Ile de France e Bergamácia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 3, p. 539-546, 2009.
- GARCIA-GARCIA, R.M. Integrative control of energy balance and reproduction in females. *International Scholarly Research Notices Veterinary Science*, p.1-13, 2012.
- GUNN, P. J. Effects of excess dietary protein on fertility in the beef herd. *Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle*, p. 169-179, 2016.
- HAMMACK, S. P.; SHRODE, R. R. Calfhood weights, body measurements and measures of fatness versus criteria of overall size and shape for predicting yearling performance in beef cattle. *Journal of Animal Science*, v. 63, n. 2, p. 447-452, 1986.
- HERMES, P. R.; COSTA, P. B.; CAVILHÃO, C.; TAFFAREL, L. E.; POZZA, M. S. S.; LIBARDI, K. D. C. Avaliação do crescimento de cordeiros alimentados com permeado de soro de leite em pó. *Scientia Agraria Paranaensis*, v.13, p. 334-338, 2014.
- KAUR, H.; ARORA, S.P. Dietary effects on ruminant livestock reproduction with particular reference to protein. *Nutrition Research Review*, v.8, p.121-136, 1995.
- KLEIN, B. *Cunningham's Text Book of Veterinary Physiology*, 5ª edição, Missouri, USA, 2013.

- KON, S. K.; COWIE, A. T. Milk: The mammary gland and its secretions. London: Academic Press Inc, v.1, 1961.
- KOZLOSKI, G.V. Bioquímica dos ruminantes. Santa Maria: UFSM, 2002. 140p
- KRISHNAMOORTHY, U. C., SNIFFEN, C. J. STEM, M. D.; VAN SOEST, P. J. Evaluation of a mathematical model of digesta and in-vitro simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen undegraded nitrogen content of feedstuffs. British Journal of Nutrition, p.50-55, 1983.
- LARSON, B. L. (Org.). Lactation. 1st ed. Ames: Iowa State University Press, 1985.
- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. Princípios de Bioquímica. 2. ed. São Paulo: Sarvier, p. 839, 2000.
- LÉRIAS, J. R. et al. The mammary gland in small ruminants: major morphological and functional events underlying milk production – a review. Journal of Dairy Research, v. 81, n.03, p.304–318, 2014.
- LOHAKARE, J. D.; SÜDEKUM, K. H.; PATTANAIK, A. K. Nutrition-induced changes of growth from birth to first calving and its impact on mammary development and first-lactation milk yield in dairy heifers: a review. Journal of Animal Science, n.25(9), p.1338-1350, 2012
- MAHIEU, M.; NAVÈS, M.; ARQUET, R. Predicting the body mass of goats from body measurements. Livestock Research for Rural Development. v.23, 2011. Disponível em <http://www.lrrd.org/lrrd23/9/mahi23192.htm>. Acessado em 17 de outubro de 2017.
- MAIA, A. L. R. S.; OLIVEIRA, M. E. F.; SOUZA-FABIAN, J. M. G.; BALARO, M. F. A.; BRANDÃO, F. Z.; FONSECA, J. F. Distúrbios reprodutivos em cabras leiteiras e impactos potenciais nos sistemas de produção. Revista Acadêmica: Ciência Animal, n.15, p.77-89, 2017.
- MEHEREZ, H.Z.; ORSKOV, E.R. Protein degradation and optimum urea concentration in cereal based diets for sheep. British Journal of Nutrition, v.40, n.2, p.437-345, 1978.
- MENEZES, J. J. L.; GONÇALVES, H. C.; RIBEIRO, M. S.; RODRIGUES, L.; CAÑIZARES, G. I. L.; MEDEIROS, B. B. L.; GIASSETTI, A. P. Desempenho e

- medidas biométricas de caprinos de diferentes grupos raciais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.3, p.635-642, 2007.
- MEYER, M. J.; CAPUCO, A. V.; ROSS, D. A.; LINTAULT, L. M.; VAN AMBURGH, M. E. Developmental and nutritional regulation of the perpuberal heifer mammary gland: I. Parenchyma and fat pad mass and composition. *Journal of Dairy Science*, v. 89, p. 4289–4297, 2006a.
- MOAEEN-UD-DIN, M.; AHMAD, N.; IQBAL, A.; ABDLLAH, M. Evaluation of different formulas for weight estimation in beetal, teddi and crossbred (Beetal x Teddi) goats. *Journal of Animal and Plant Sciences*, n.16, 2006.
- MOHAMED, I.D.; AMIN, J.D. Estimating body weight from morphometric measurements of Sahell (Borno Withe) goats. *Small Ruminant Research*, v.24, p.1-5, 1996.
- NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, 7. ed. Washington: National Academy of Science, 2001.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (U.S.) (Ed) (2007) 'Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids.' (National Academies Press: Washington, D.C).
- NETO, M. R. T.; CRUZ, J. F.; MALHADO, C. H. M.; CARNEIRO, P. L. S.; NUNES, R. C. S.; SOUZA, L. M.; SOUZA, L. E. B. Characterization of body biometrics during growth of elite Santa Ines sheep. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, n.1, p.58-64, 2012.
- OJEDAPO L. O.; ADEDEJI T. A.; OLAYENI T. B.; ADEDEJI O. S.; ABDULLAH A. R.; OJEBIYI O. O. (2007): Influence of age and sex on body weight and some body linear measurements of extensively reared WAD goats in derived savannah zone of Nigeria. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, n.6, p.114-117, 2007.
- OLIVEIRA, D. F. Desenvolvimento ponderal e biometria corporal de caprinos da raça Anglonubiana criados em sistema semi-intensivo. 2007. 54 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetininga, 2007.

- ORSKOV, E.R.; ROBINSON, J.J. The application of modern concepts of ruminant protein nutrition to sheep production systems. *Livestock Production Science*, v.8, n.4, p.339-350, 1981.
- PAULINO, M.F. Misturas múltiplas na nutrição de bovinos de corte a pasto. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE, Goiânia. Anais... Goiânia: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, p.95-105, 1999.
- PESMEN, G.; YARDIMCI, M. Estimating the live weight using some body measurements in Saanen goats. *Archiva Zootechnica*, n.11, p.30-40, 2008.
- PEREIRA, E. S.; ARRUDA, A. M. V.; MIRANDA, L. F.; MIZUBUTI, I. Y.; MUNIZ, E. B.; PINTO, A. P. Importância da inter-relação carboidrato e proteína em dietas de ruminantes. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 26, n.1, p. 125-134, 2005.
- PEREZ, Z. O.; YBAÑEZ, A. P.; YBAÑEZ, R. H. D.; SANDOVAL, J. F. G. J. Body weight estimation using body measurements in goats (*Capra hircus*) under field condition. *Philippine Journal of Veterinary and Animal Sciences*, n.42, p.1-7, 2016.
- PICHARD, D. G., VAN SOEST, P. J. Protein solubility of ruminant feeds. *Cornell Nutrition Conference*, p.91, 1977.
- PRAJAPATI, K. B.; RADADIA, N. S.; TAJANE, K. R.; PATEL, J. P. Relationship between different measures of body size in Mehsana buffaloes. *Indian Journal Animal Science*, v. 61, n. 1, p. 88-90, 1991.
- RESENDE, K. T.; MEDEIROS, A. N.; CALEGARI, A.; YÁÑEZ, E. A. Utilización de medidas corporales para estimar el peso vivo de caprinos Saanen. 26º Jornadas Científicas Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Sevilla, España, p.340-344, 2001.
- ROCHA, E. D.; ANDRADE, V. J.; EUCLIDES FILHO, K.; NOGUEIRA, E.; FIGUEIREDO, G. R. Tamanho de vacas Nelore adultas e seus efeitos no sistema de produção de gado de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 55, p. 474-479, 2003.
- RODRIGUES, C. A. F.; RODRIGUES, M. T.; BRANCO, R. H.; SILVA, M. M. C.; FILHO, R. A. T.; QUEIROZ, A. C.; Consumo, digestibilidade e produção de leite de

- cabras leiteiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta e energia líquida. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.5, p.1658-1665, 2007.
- ROSELER, D.K.; FERGUSON, J.D.; SNIFFEN, C.J.; HERREMA, J. Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, v.76, n.2, p.525-534, 1993.
- ROTHERBERG, J. The nature of modelling. In WIDMAN, L. E.; LOPARO, K. A.; NIELSEN, N. R. *Artificial intelligence, simulation and modeling*. New York: John-Wiley, cap. 3, p. 75-92, 1989.
- SANTANA, A. F.; COSTA, G. B.; FONSECA, L. S. Correlações entre peso e medidas corporais em ovinos jovens da raça Santa Inês. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 1, p. 74-77, 2001.
- SASSER, R.G.; WILLIAMS, R.J.; BULL, R.C; RUDER, C.A.; FALK, D.G. Postpartum reproductive performance in crude protein restricted beef cows: Return to estrus and conception. *Journal of Animal Science*, v.66, p.58-63, 1988.
- SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *British Journal of Nutrition*, v.32, p.199-208, 1974.
- SEJRSEN, K. et al. High body weight gain and reduced bovine mammary growth: physiological basis and implications for milk yield potential. *Domestic Animal Endocrinology*, v. 19, p. 93–104, 2000.
- SHORT, R. E.; ADAMS, D. C. Nutritional and hormonal interrelationships in beef cattle reproduction. *Canadian Journal of Animal Science*, n.68, p.29-39, 1988.
- SNIFFEN, C.J.; BEVERLY, R.W.; MOONEY, C.S. Nutrient requirement versus supply in dairy cow: Strategies to account for variability. *J. Dairy Sci.*, v.70, p.3660-3178, 1993.
- SOUZA, S.; LEAL, A.; BARIONI, C.; MATOS, A.; MORAIS, J.; ARAÚJO, M.; NETO, O.; SANTOS, A.; COSTA, R. Utilização de medidas biométricas para estimar peso vivo em ovinos. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, v.17, n.3, p.61-66, 2009.
- TEDESCHI, L.O. Assessment of the adequacy of mathematical models. *Agr. Syst.* v.89, p. 225–247, 2006.

- TIMMERMANS JR., S.J., JOHNSON, L.M., HARRISON, J.H.; DAVIDSON, D. Estimation of the flow of microbial nitrogen to the duodenum using milk uric acid or allantoin. *Journal of Dairy Science*, v.83, n.6, p.1286-1299, 2000.
- THIRUVENKADAN, A. K. Determination of best-fitted regression model for estimation of body weight in Kanni Adu kids under farmer's management system. *Livestock Research for Rural Development*. v.17, article 85, 2005. Disponível em <http://www.lrrd.org/lrrd17/7/thir17085.htm>, acessado em 13 de outubro de 2017.
- THORNLEY, J.H.M. Modeling grassland ecosystems. *GRASSLAND CONGRESS*, 19, Piracicaba. Anais... p.1029-1036, 2001.
- VALDEZ, C.A.; FAGAN,D.V.; VICERA, I.B. The correlation of body weight to external body measurements in goats. *Philippine Journal of Animal Industry*, v.37, n.4, p.62-89, 1982.
- VAN SOEST, P. J., SNIFFEN, C. J.; MERTENS, D. R.; FOX, D. G.; ROBINSON, P. H.; KRISHNAMOORTHY, U. C. A net protein system for cattle: The rumen submodel for nitrogen. In: F. N. Owens (Ed.) *Protein Requirements for Cattle: proceedings of an International Symposium*. MP-109. p 265. Division of Agriculture, 1981.
- VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed.; Ithaca, New York: Cornell University, p. 476, 1994.
- VARADE, P.K.; ALI, S.Z.; MALKHEDE, P.S. Body measurements of local goats under field conditions. *Indian Veterinary Journal*, v.74, p.448-449, 1997.
- VIEIRA, D.M.; MACLEOD, G.K.; BURTON J.H.; STONE, J. B. Nutrition of the weaned Holstein calf. I. Effect of dietary protein levels on rumen metabolism. *Journal of Animal Science*, v.50, n.5, p.937-944, 1980.
- YAKUBU, A.; MOHAMMED, G. L. Application of path analysis methodology in assessing the relationship between body weight and biometric traits of red sokoto goats in northern nigeria. *Biotechnology in Animal Husbandry* n.28 (1), p.107-117 , 2012.
- YÁÑEZ, E. A.; RESENDE, K. T.; FERREIRA, A. C. D.; MEDEIROS, A. N.; SOBRINHO, A. G. S.; FILHO, J .M. P.; TEIXEIRA, I. A. M. A.; ARTO. S. M. B.

Utilização de Medidas Biométricas para Predizer Características da Carcaça de Cabritos Saanen. Revista Brasileira de Zootecnia, v.33, n.6, p.1564-1572, 2004.

ZUNDT, M.; MACEDO, F. A. F.; MARTINS, E. N.; MEXIA, A. A.; YAMAMOTO, S. M. Desempenho de Cordeiros Alimentados com Diferentes Níveis Proteicos. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.3, p.1307-1314, 2002.

## **CAPÍTULO 3. MODELOS NÃO LINEARES PARA ESTIMAR CRESCIMENTO CORPORAL E MEDIDAS BIOMÉTRICAS DE CABRITAS SAANEN ALIMENTADAS COM DIFERENTES NÍVEIS PROTEICOS**

### **3.1 Resumo**

O objetivo foi estimar o crescimento corporal e medidas biométricas em função dos níveis de inclusão de proteína bruta na dieta de cabritas Saanen em crescimento. Para isso foram utilizadas 40 cabritas Saanen com idade de  $109,1 \pm 21,4$  dias, com peso vivo (PV) de  $12,9 (\pm 2,9)$  kg, providas de uma única fazenda. Essas cabritas foram monitoradas do desaleitamento até 30 dias de gestação, no período de fevereiro a dezembro de 2015. As medidas biométricas foram feitas a cada 14 dias e os animais pesados semanalmente. Foram utilizados modelos não lineares para estimar crescimento da massa corporal e crescimento de medidas biométricas. Para testar a qualidade destes modelos foi utilizado o método de Akaike, verossimilhança e razão de evidência. O modelo que melhor estimou o crescimento corporal foi o Logístico, para o crescimento das medidas corporais o modelo que se destacou foi o de Michaelis-Menten, somente uma medida que apresentou o modelo diferente o modelo de Gompertz. O crescimento da massa corporal de cabritas Saanen pode ser estimado através do modelo Logístico. Para a alimentação de cabritas Saanen em crescimento sugere-se o uso de 18% de PB na dieta. O crescimento das medidas biométricas podem ser estimado com o modelo de Michaelis-Menten e Gompertz.

**Palavras-chave:** caprinos, modelagem, peso vivo, proteína

### **3.2 Introdução**

A proteína é o segundo componente dietético mais requerido, depois da energia, para o desenvolvimento das funções metabólicas dos ruminantes. As principais fontes de proteína no sistema de produção de ruminantes são a microbiana e a dietética não degradada no rúmen, as quais são digeridas no abomaso e intestino delgado, suprindo os aminoácidos necessários para o desempenho dos ruminantes (Broderick et al., 1994).

A determinação da concentração proteica e de sua relação com a concentração energética da dieta torna-se importante para atender as exigências dos animais em

crescimento, que alcançam assim um bom desempenho. Essa proteína será utilizada pelo animal para o seu crescimento, ganho de peso e desenvolvimento corporal.

A modelagem matemática tem contribuído com muitas informações na área de produção animal, ainda mais em situações de escassez de recursos para desenvolver pesquisa, principalmente no quesito de número de animais, que representam a unidade experimental. Além da rapidez e do baixo custo, o uso de modelos matemáticos permite a maximização da produção animal e ao mesmo tempo minimiza os impactos ambientais através da redução da excreção de nutrientes de maneira economicamente viável (Chizzotti et al., 2012).

Os modelos matemáticos podem ser classificados de acordo com o tipo de equação empregada, seja linear e não linear, quanto ao grau de explicação que estimam ou descrevem são tipo como empírico e mecanístico, quanto à forma com que tratam as mudanças em relação ao tempo físico são considerados dinâmicos ou estáticos e quanto ao tratamento estatístico de suas variáveis e parâmetros são chamados estocásticos ou deterministas (Fialho, 1999; Caixeta Filho, 2000; Thornley, 2001, Fontoura Júnior et al., 2007). O uso desses modelos associados a uma boa nutrição dos animais pode ser uma importante ferramenta para um sistema de produção.

Esse trabalho teve como objetivo estimar o crescimento corporal e medidas biométricas em função dos níveis de inclusão de proteína bruta na dieta de cabritas Saanen em crescimento.

### **3.3 Material e Métodos**

#### **3.3.1 Animais, instalações e manejo**

Foram utilizadas 40 cabritas Saanen com idade de  $109,1 \pm 21,4$  dias, com peso vivo (PV) de  $12,9 \pm 2,9$ kg, providas de uma única fazenda. Essas cabritas foram monitoradas do desaleitamento até 30 dias de gestação, no período de fevereiro a dezembro de 2015. O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental Hélio Barbosa da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, localizada na cidade de Igarapé, região metropolitana de Belo Horizonte, em Minas Gerais.

As cabritas foram alojadas em duplas, em baias com dimensão de 2,0 x 3,8m, o tipo de piso era o de cama composta por serralha e para enriquecimento ambiental foram utilizados paletes de madeira (1,2 x 1,1m) para que as cabritas pudessem escolher como local de descanso, ócio ou ruminção.

O experimento apresentou quatro grupos com dietas diferente, cada grupo era composto por dez animais, cujo objetivo era obter diferentes ganhos de pesos. As dietas prediziam um ganho de peso médio diário (GPMD) de 90, 130, 170 e 210g. As dietas foram formuladas para atender aos requisitos de nutrientes para os ganhos esperados (NRC, 2007), e foram aproximadamente isoenergéticas com 2,75 Mcal de energia bruta. A proteína bruta prevista foi de 15, 17, 18 e 19% para as dietas. As dietas foram de baixo ganho, médio-baixo ganho, médio-alto ganho e alto ganho. Foram formulada para conter feno de tifton, farelo de soja, milho fubá e sal mineral, a proporção volumoso:concentrado foi de 30:70 permitindo 10% de sobra. A composição da dieta está na tabela 1

**Tabela 1.** Composição centesimal e teores de nutrientes das rações experimentais ofertadas às cabritas Saanen para obtenção de distintos ganhos de peso médio diário

	<b>Rações</b>			
	<b>Baixo</b>	<b>Médio-baixo</b>	<b>Médio-alto</b>	<b>Alto</b>
<b>Ingredientes (%MS)</b>				
Feno de <i>Cynodon</i>	28,78	28,95	29,40	28,25
Milho fubá	53,90	47,60	43,64	42,17
Farelo de soja	13,90	19,54	22,49	25,05
Bicarbonato de sódio	1,00	0,99	1,00	0,99
Fosfato bicalcico	0,46	0,61	0,70	0,80
Minerais e vitaminas (premix) <sup>1</sup>	0,48	0,50	0,49	0,50
NaCl	0,48	0,50	0,49	0,50
<b>Nutrientes (%MS)</b>				
PB	14,51	17,53	18,15	18,75
FDN	17,68	19,52	18,44	16,84
FDA	5,89	6,78	6,30	5,80
CNF	55,62	49,45	49,45	49,85

<sup>1</sup>Um quilograma contém: 135.000,00 UI de vitamina A, 68.000,00 UI de vitamina D3, 450,00 UI de vitamina E, 240,00 g de Ca, 71,00 g de P, 28,20 g de K, 20,00 g de S, 20,00 g de Mg, 400,00 mg de Cu, 30,00 mg de Co, 10,00 mg de Cr, 250,00 mg de Fe, 40,00 mg de I, 1,350,00 mg de Mn, 15,00 mg de Se, 1.700,00 mg de Zn, 710,00 mg de Fl (máximo).

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, em refeições iguais, às 08h e 16h, e tinham acesso *ad libitum* à água. A ingestão de alimento foi registrada diariamente e ajustada semanalmente de acordo com o peso do animal. Para calcular a ingestão de alimento individual, a ingestão de matéria seca foi dividida pela soma de peso dos animais por baía e depois multiplicada pelo peso de cada animal.

O Comitê de Ética e Bem-estar dos Animais da Universidade Federal de Minas Gerais, sob protocolo nº 265/2013 aprovou previamente todos os procedimentos deste experimento de acordo com as diretrizes de bem-estar animal e ética.

### 3.3.2 Reprodução

Quando os animais atingiram 32 kg de PV, foi realizado um protocolo hormonal de indução e sincronização de nove dias. O protocolo consistiu em uma administração

de 5 mg de dinoprost trometamina (Lutalyse®, Pfizer, Guarulhos, Brasil) na área vulvo-vaginal e colocação de uma esponja intravaginal impregnada com 60 mg de medroxiprogesterona (Progespon®, Zoetis / Syntex, Buenos Aires, Argentina) no dia 0.

Oito dias após o início do protocolo, foi novamente administrado de 5 mg de dinoprost trometamina (Lutalyse®, Pfizer, Guarulhos, Brasil) na área vulvo-vaginal e foi aplicado 200 UI de gonadotrofina coriônica equina (Novormon®, Zoetis/Syntex, Buenos Aires Argentina) no músculo semitendíneo. Vinte e quatro horas após essas injeções, a esponja foi removida e as cabras foram levadas para outro galpão. Foram selecionados dois bodes, esses foram colocados em baias separadas (3x2m). As fêmeas foram consideradas no estro quando permitiram que fossem montadas. O acasalamento ocorreu a cada 12 horas após o início do estro até o final, sempre às 07 e 19h. Não mais do que três cabras foram sincronizadas para se acasalar com o mesmo bode no mesmo dia e obedecendo a um intervalo de três dias entre acasalamentos entre grupos. Após 24 dias do último acasalamento, um diagnóstico ultra-sonográfico transretal de modo B com um transdutor linear de 5 MHz (Chison D600 Vet®, Chison, Jiang Su Province, China) foi feito para verificar a gestação.

### **3.3.3 Medidas Biométricas**

As cabritas foram pesadas semanalmente antes da primeira refeição. As medidas biométricas foram mensuradas a cada 14 dias, sendo elas altura de garupa (HG), comprimento corporal (CC), comprimento da garupa (CG), largura da garupa (LG), largura do peito (LP) e profundidade de tronco (PROF).

A HG foi medida da ponta do ílio até o solo, o CC avaliou a distância entre a borda cranial da escápula e a articulação coxo-femoral, o CG mensurou a distância entre a tuberosidade coxal do ílio e a tuberosidade isquiática, a LG distâncias entre as protuberâncias ilíacas, a LP compreendeu a distâncias entre as bordas craniais da escápula e a PROF o comprimento entre a cernelha e o externo. As medidas foram tomadas com auxílio de um hipômetro com escala de 0,5 cm.

### **3.3.4 Análise estatística**

Para as análises de massa corporal e variáveis biométricas foi considerado o efeito dos níveis de proteína bruta na dieta. Para tanto, foram utilizadas 345, 304, 323 e 250 observações de registro de massa corporal (MC) de acordo com os tratamentos com 15, 17, 18 e 19 % de PB na dieta, respectivamente, o que segundo NRC (2007) proporcionaria ganhos de 90, 130, 170 e 210g diariamente. O número de observações utilizadas para as variáveis biométricas altura de garupa (HG), largura de garupa (LG), comprimento de garupa (CG), comprimento corporal (CC), largura de peito (LP) e profundidade (PROF) foram 167, 147, 156 e 120 observações para os tratamentos com 15, 17, 18 e 19 % de PB na dieta, respectivamente. Foram utilizados nove animais para os tratamentos 15, 17 e 19 % de PB e dez animais para o tratamento 18 % PB. Portanto, para cada tratamento, o número de perfis analisados por meio do emprego da teoria dos modelos não lineares foi de animais.

Os modelos utilizados para estimar o comportamento do crescimento de MC e das variáveis biométricas de cabritas foram os seguintes:

$$M_{Y_t} = Y_f / [1 + b(\exp(-kt))] \quad \text{Eq. (1)}$$

$$M_{Y_t} = Y_0 \exp[k(1 - \exp(-Dt))/D] \quad \text{Eq. (2)}$$

$$M_{Y_t} = (Y_0 K^c + Y_f t^c) / (K^c + t^c) \quad \text{Eq. (3)}$$

Os modelos acima são: Logístico (Eq. (1) France et al., 1996), Gompertz (Eq. (2) - France et al., 1996) e Michaelis-Menten generalizado (Eq. (3) - López et al., 2000). Em que  $Y_0$  e  $Y_f$  são os valores iniciais (ao nascimento) e assintóticos nos modelos, respectivamente, sendo a unidade para esses parâmetros variável para MC (kg) e variáveis biométricas (cm);  $b$  é a diferença entre  $Y_f$  e  $Y_0$ ;  $k$  é a taxa de crescimento ( $d^{-1}$ ) definida como produto  $1/Y \times dY/dt$ ;  $D$  é a taxa de declínio de  $k$  (Eq. 2) e  $t$  é o tempo ou idade expresso em dias. Apenas os modelos Logístico (Eq. (1)) e Gompertz (Eq. (2)) foram utilizados nos ajustes dos dados de MC.

Para o entendimento mais amplo das análises realizadas, os modelos foram avaliados da seguinte forma:

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

Nesse modelo,  $Y_{ij} = M_{Y_t} = f(\Theta_i, t_{ijk})$  é o valor estimado para MC e variáveis biométricas em dada idade  $t$ , e  $\Theta' = [\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3]$  e  $\Theta' = [\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3 \ \theta_4]$  é o vetor transposto de parâmetros dos modelos de crescimento descritos pelas Eqs. (1-2) e Eq. (3), respectivamente. As cabritas foram consideradas as unidades experimentais aleatórias ( $u_{j(i)}$ ), sendo a massa corporal (kg) ou a biometria (cm) na  $j$ -ésima cabrita observada na  $k$ -ésima idade (tempo). Portanto, havia  $j = 1, \dots, l_j$  ( $PB_{15\%}: l_j = 9$ ;  $PB_{17\%}: l_j = 9$ ;  $PB_{18\%}: l_j = 10$ ;  $PB_{19\%}: l_j = 9$ ) unidades experimentais para cada  $i$ -ésimo nível de proteína na dieta e  $k = 1, \dots, l_k$  ( $PB_{15\%}: l_k = 29 \text{ a } 43$ ;  $PB_{17\%}: l_k = 27 \text{ a } 43$ ;  $PB_{18\%}: l_3 = 25 \text{ a } 43$ ;  $PB_{19\%}: l_4 = 25 \text{ a } 33$ ) tempos tomados como medidas repetidas em cada unidade experimental dentro de cada um dos quatro níveis de proteína na dieta ( $i$ ). Assim, o modelo pode ser apresentado em notação matricial da seguinte forma:

$$\Theta_i = \begin{bmatrix} \theta_{11} \\ \theta_{21} \\ \theta_{31} \\ \vdots \\ \theta_{34} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1\alpha_{11} + x_2\alpha_{12} + x_3\alpha_{13} + x_4\alpha_{14} \\ x_1\alpha_{21} + x_2\alpha_{22} + x_3\alpha_{23} + x_4\alpha_{24} \\ x_1\alpha_{31} + x_2\alpha_{32} + x_3\alpha_{33} + x_4\alpha_{34} \\ \vdots \\ x_1\alpha_{31} + x_2\alpha_{32} + x_3\alpha_{33} + x_4\alpha_{34} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{11(i)} \\ u_{21(i)} \\ u_{31(i)} \\ \vdots \\ u_{3l_j(4)} \end{bmatrix} \quad \text{Eq. (5)}$$

$$\Theta_i = \begin{bmatrix} \theta_{11} \\ \theta_{21} \\ \theta_{31} \\ \theta_{41} \\ \vdots \\ \theta_{44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1\alpha_{11} + x_2\alpha_{12} + x_3\alpha_{13} + x_4\alpha_{14} \\ x_1\alpha_{21} + x_2\alpha_{22} + x_3\alpha_{23} + x_4\alpha_{24} \\ x_1\alpha_{31} + x_2\alpha_{32} + x_3\alpha_{33} + x_4\alpha_{34} \\ x_1\alpha_{41} + x_2\alpha_{42} + x_3\alpha_{43} + x_4\alpha_{44} \\ \vdots \\ x_1\alpha_{41} + x_2\alpha_{42} + x_3\alpha_{43} + x_4\alpha_{44} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{11(i)} \\ u_{21(i)} \\ u_{31(i)} \\ u_{41(i)} \\ \vdots \\ u_{4l_j(4)} \end{bmatrix} \quad \text{Eq. (6)}$$

Para os parâmetros ( $h$ ) das Eqs. (1)-(2) e Eq. (3) foram atribuídos os efeitos fixos de nível de proteína na dieta ( $\alpha_{hi}$ ) e os efeitos aleatórios em cada parâmetro  $\forall h = 1,3$  (Eqs (1)-(2)) ou  $\forall h = 1, \dots, 4$  (Eq. (3)). Para a variável de incidência  $x_i$  foi atribuído valor zero (0) ou um (1) para produzir a o nível de proteína utilizado.

Como forma de acomodar a variação associada às medições repetidas no tempo na mesma unidade experimental, foi utilizada a estrutura de covariância denominada autorregressiva contínua de ordem 1 (*CorCAR1*), conforme as recomendações de Pinheiro e Bates (2000). E para modelar a variância ( $\sigma_{Y_t}^2$ ) foram utilizadas as seguintes funções de variância:

$$\sigma_{Y_t}^2 = \sigma_0^2 \quad \text{Eq. (7)}$$

$$\sigma_{Y_t}^2 = \sigma_0^2 (R(t))^{2\psi} \quad \text{Eq. (8)}$$

Na Eq. (7) pressupõe homocedasticidade da variância (homogênea), sendo, portanto, o desvio padrão elevado ao quadrado ( $\sigma_0^2$ ) e na Eq. (8) é assumido uma variância escalonada (*VarPower*) em função de  $M_t$  com a constante de escalonamento  $\psi$  (adimensional).

Os modelos de crescimento foram combinados com a presença ou não da estrutura de variância (*CorCar1*) e das funções de variância. Juntamente com essas combinações, foram testadas as combinações do efeito aleatório nos parâmetros de cada modelo de crescimento. Essas combinações forma ajustadas com uso da função “*nonlinear mixed-effects model*” do procedimento *nlme* do software de uso livre R (PINHEIRO e BATES, 2000).

A qualidade do ajuste dos modelos foi avaliada pelo critério de informação de Akaike (Akaike, 1974) corrigido para pequenas amostras (*AICc*) a partir da derivada de uma variante de segunda ordem do AIC (SUGIURA, 1978) Eq. (9).

$$AICc = n \times \ln(SQR/n) + 2\theta + 2\theta \times (\theta + 1/n - \theta - 1) \quad \text{Eq. (9)}$$

Onde  $SQR$  é soma dos quadrados do erro,  $\theta$  é número de parâmetros estimados, ao qual é incluído também os parâmetros da estrutura e da função de variância,  $n$  é o tamanho amostral.

Além do  $AICc$  foram utilizadas funções derivadas deste, conforme as recomendações de Burnham e Anderson (2004) para auxiliar na escolha do modelo mais provável:

$$\Delta = AICc - \min AICc \quad \text{Eq. (10)}$$

$$w = \exp(-\Delta/2) / \sum \exp(\Delta/2) \quad \text{Eq. (11)}$$

$$ER = \frac{\max w}{w} \quad \text{Eq. (12)}$$

Na Eq (10) o termo  $\min AICc$  significa o menor valor de  $AICc$  entre todos modelos testados para uma variável, e dessa forma, é possível obter um  $\Delta$  para cada modelo. Em seguida, com o  $\Delta$  de cada modelo é possível calcular a probabilidade de verossimilhança ( $w$ ) para cada um do grupo de modelos testados (Eq. (11)). Por fim, a razão de evidência ( $ER$ ) de cada modelo pode ser computada a partir da razão entre o maior valor de  $w$  ( $\max w$ ) de desse grupo de modelo e  $w$  de cada modelo (Eq. (12) (Vieira et al., 2012).

Considera-se que um modelo tenha capacidade semelhante a outro de imitar o comportamento dos dados observados com mínima perda de informação, quando os valores de  $\Delta$ , estiverem entre 0 e 2. Pode ser utilizado o critério de parcimônia para escolha do melhor modelo entre esses valores (escolha do modelo com o menor número de parâmetros). Valor  $2 < \Delta \leq 10$  significa que o desempenho do modelo foi razoável, e valor  $\Delta > 10$  é considerado modelo que falhou na reprodução dos dados (Burnham e Anderson, 2004; Vieira *et al.*, 2012). O modelo com  $ER = 1$  é recomendado como o

melhor, os modelos com valores de  $1 < ER \leq 20$  são considerados modelos menos prováveis e aqueles cujo  $ER > 20$  são as piores escolhas.

Após a escolha dos melhores modelos para cada variável as estimativas da velocidade de crescimento foram realizadas a partir da primeira derivada do modelo escolhido ( $dy/dt$ ). Para a massa corporal foi também verificada a aceleração ( $d^2y/dt^2$ ) do crescimento com objetivo de observar melhor a idade onde ocorreu o ponto de inflexão.

Para consumo de matéria seca, ganho de peso diário e percentual de consumo de matéria seca por peso vivo utilizou-se ANAVA, e teste F significativo ( $p > 0,05$ ), posteriormente foi aplicado o teste de Tukey nas médias dos tratamentos, o modelo utilizado foi:

$$\gamma_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij} \quad \text{Eq. (13)}$$

Onde  $\gamma_{ij}$  é o valor observado,  $\mu$  é a média da população,  $\tau_i$  é o efeito médio do tratamento e  $e_{ij}$  é o efeito aleatório do indivíduo.

### 3.4 Resultados

#### 3.4.1 Seleção do melhor modelo

As avaliações das possíveis combinações entre os modelos Eq (1) – (2) – (3) e a função de variância Eq (7) e (8) quanto a verossimilhança aos perfis de massa corporal de cabritas Saanen em crescimento estão apresentados na tabela 2. A combinação selecionada de acordo com o critério de verossimilhança para massa corporal foi o modelo Logístico Eq (1) com função de variância escalonada Eq (8), onde foi utilizado a estrutura de variância denominada autorregressiva contínua de ordem 1 (CorCAR1).

**Tabela 2.** Critério de informação para avaliação dos modelos de crescimento utilizado para descrever a massa corporal de cabritas Saanen submetidas a quatro níveis de proteína bruta na dieta

Modelos <sup>φ</sup>	F. Var. <sup>‡</sup>	E. Var. <sup>†</sup>	E. A. <sup>§</sup>	AICc <sup>1</sup>	$\Delta^2$	Wr <sup>3</sup>	ER <sup>4</sup>	$\theta^5$
Logístico <sup>#</sup>	<i>VarPower</i>	<i>CorCar1</i>	$Y_f$	3016,4	0,0	0,3394	1,0	19
Logístico	<i>VarPower</i>	<i>CorCar1</i>	$Y_m$	3018,1	1,7	0,1482	2,3	19
Logístico	<i>VarPower</i>	<i>CorCar1</i>	$k$	3018,1	1,7	0,1482	2,3	19
Logístico	<i>VarPower</i>	<i>CorCar1</i>	$Y_f, Y_m$	3018,5	2,0	0,1199	2,8	20
Logístico	<i>VarPower</i>	<i>CorCar1</i>	$Y_f, k$	3018,5	2,1	0,1204	2,8	20
Logístico	<i>VarPower</i>	<i>CorCar1</i>	$Y_m, k$	3020,2	3,7	0,0527	6,4	20
Logístico	<i>VarPower</i>	<i>CorCar1</i>	$Y_f, Y_m, k$	3020,6	4,1	0,0430	7,9	21

<sup>φ</sup> modelo que apresentou ser provável para explica o comportamento dos dados observados; <sup>#</sup> modelo mais provável; <sup>‡</sup> Função de variância (*VarPower* ou escalonada); <sup>†</sup> Estrutura de variância - *CorCar1* - autorregressiva contínua de ordem 1; <sup>§</sup> Efeito aleatório testados nos parâmetros do modelo; <sup>#</sup> modelo mais provável; <sup>§</sup> Efeito aleatório (E. A.) testados nos parâmetros dos modelos, sendo “ $Y_f, Y_m, k$ ” parâmetros do modelo logístico; <sup>1</sup>AICc é o critério de informação de Akaike corrigido para pequenas amostras; <sup>2</sup> $\Delta$  é a diferença do valor de AICc; <sup>3</sup>  $w$  é a probabilidade de verossimilhança do modelo; <sup>4</sup> ER é a razão de evidência calculada para cada modelo testado; <sup>5</sup>  $\theta$  são os parâmetros dos modelos.

Os Intervalos de confiança dos parâmetros do modelo Logístico, o qual foi o modelo mais provável para crescimento da massa corporal (kg) de cabritas Saanen submetidas a níveis de proteína bruta na dieta (PB<sub>d</sub>), combinados com a função de variância escalonada (*VarPower*) e a estrutura de variância autorregressiva contínua de ordem 1 (*CorCar1*) estão descritos na tabela 3. O parâmetro  $Y_f$  significa o valor assintótico ou máximo que as cabritas chegariam na maturidade, o  $b$  é a diferença entre  $Y_f$  e  $Y_0$  e  $k$  é a taxa de crescimento (kg/dia).

**Tabela 3.** Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo Logístico ( $Y_f, b$  e  $k$ ) sendo esse modelo o mais provável para crescimento da massa corporal (kg) de cabritas Saanen submetidas a níveis de proteína bruta na dieta (PB<sub>d</sub>), combinados com a função de variância escalonada (*VarPower*) e a estrutura de variância auto regressiva contínua de ordem 1 (*CorCar1*)

PB <sub>d</sub> (%)	IC95% - Média (Limite inferior; Limite superior)		
	Parâmetros		
	$Y_f$	$b$	$k$
15	179 (-90; 448)	21(-10; 52)	0,0049 (0,0035; 0,0063)
17	75 (53; 97)	12 (9; 15)	0,0077 (0,0063; 0,0092)
18	86 (60; 113)	14 (10; 17)	0,0080 (0,0067; 0,0094)
19	71 (49; 94)	13 (9; 17)	0,0093 (0,0074; 0,0112)

Sendo  $Y_f$  valor assintótico ou máximo,  $b$  a diferença entre o valor máximo e o valor inicial e  $k$  a taxa de crescimento.

O consumo de matéria seca (CMS) foi diferente ( $p > 0,05$ ) para os animais do tratamento 15 e 17% de PB<sub>d</sub> e iguais para os tratamento com 18 e 19%. O tratamento

com 17% foi diferente em relação aos com 18 e 19%. Para média de ganho de peso observado os tratamentos com 15 e 17% de PBd foram semelhantes entre si ( $p>0,05$ ), da mesma forma, PBd 18 e 19% equivaleram-se ( $p<0,05$ ), porém o menor teor de proteína nas rações distinguiu-se ( $p<0,05$ ) daqueles com 18 e 19% e o com 17% foi igual ao com 18% tabela 4.

**Tabela 4.** Consumo de matéria seca (CMS), ganho de peso diário (GPD) e percentual de consumo de matéria seca por peso vivo (CMSPV) de cabritas Saanen do desaleitamento à 30 dias de gestação

Tratamentos	15% PB	17% PB	18% PB	19% PB
CMS ( $\text{g.d}^{-1}$ )	654 ( $\pm 44$ )c	707 ( $\pm 68$ )b	774 ( $\pm 60$ )a	792 ( $\pm 54$ )a
GPD ( $\text{g.d}^{-1}$ )	102( $\pm 14$ )c	117( $\pm 17$ )bc	131( $\pm 18$ )ab	141( $\pm 21$ )a
CMSPV (%)	2,9( $\pm 0,1$ )c	3,1( $\pm 0,1$ )b	3,4( $\pm 0,1$ )a	3,5 ( $\pm 0,2$ )a

Medias com letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ )

Para as medidas biométricas sendo elas altura de garupa (HG), comprimento corporal (CC), largura de garupa (LG), largura de peito (LP) e profundidade (PROF) o melhor modelo ajustado foi o de Michaelis-Menten generalizado Eq (3) com função de variância escalonada Eq (8) e estrutura de variância auto regressiva contínua de ordem 1 (corCAR1) descrito na tabela 5. Já para medida biométrica comprimento de garupa (CG) o melhor modelo ajustado foi o de Gompertz Eq (2), com função de variância escalonada Eq (8) e estrutura de variância autorregressiva contínua de ordem 1 (corCAR1).

**Tabela 5.** Critério de informação para avaliação dos modelos de crescimento utilizado para descrever as variáveis biométricas, altura de garupa (HG); comprimento corporal (CC); comprimento de garupa (CG); largura de garupa (LG); largura de peito (LP) e

profundidade (prof) de cabritas Saanen submetidas a quatro níveis de proteína bruta na dieta

Variável	Modelo <sup>Φ</sup>	E./F. de Var. <sup>‡</sup>	E. A. <sup>§</sup>	$AICc^1$	$\Delta^2$	$w^3$	$ER^4$	$\theta^5$	
HG	GMM <sup>#</sup>	<i>CorCarl</i>	$Y_0, K, m, Y_f$	1677,9	0,0	0,995	1,0	22	
CC	GMM	<i>CorCarl</i>	$Y_0, K, m$	1922,9	8,9	0,008	87,8	21	
	GMM	<i>CorCarl</i>	$Y_0, K, Y_f$	1915,9	2,0	0,269	2,7	21	
CG	GMM <sup>#</sup>	<i>CorCarl</i>	$Y_0, Y_f, K, m$	1913,9	0,0	0,722	1,0	22	
	GMM	<i>CorCarl</i>	$Y_0, K, m$	1190,2	6,3	0,015	23,8	21	
	GMM	<i>CorCarl</i>	$Y_0, K, Y_f$	1191,9	8,0	0,007	55,5	21	
	GMM	<i>CorCarl</i>	$Y_0, K, Y_f$	1187,1	3,3	0,070	5,2	21	
	GMM	<i>CorCarl</i>	$Y_0, Y_f, K, m$	1189,0	5,2	0,027	13,6	22	
	Logístico	<i>CorCarl/VarPower</i>	$Y_m$	1186,4	2,6	0,101	3,6	19	
	Gompertz <sup>#</sup>	<i>CorCarl/VarPower</i>	$Y_0$	1183,8	0,0	0,362	1,0	19	
	Gompertz	<i>CorCarl/VarPower</i>	$D$	1188,3	4,5	0,038	9,4	19	
	Gompertz	<i>CorCarl/VarPower</i>	$k$	1191,5	7,6	0,008	45,8	19	
	Gompertz	<i>CorCarl/VarPower</i>	$Y_0, D$	1186,0	2,1	0,124	2,9	19	
LG	GMM <sup>#</sup>	<i>CorCarl</i>	$Y_0, K,$	799,1	0,0	0,993	1,0	20	
	LP	GMM <sup>#</sup>	<i>CorCarl</i>	$Y_0, Y_f$	1054,3	0,0	0,437	1,0	20
		GMM	<i>CorCarl</i>	$Y_0, K, Y_f$	1055,0	0,7	0,308	1,4	21
	GMM	<i>CorCarl</i>	$a; b, f$	1056,5	2,1	0,149	2,9	21	
	GMM	<i>CorCarl</i>	$Y_0, Y_f, K, m$	1057,2	2,8	0,105	4,2	22	
	Prof	GMM <sup>#</sup>	<i>CorCarl</i>	$Y_0, K,$	1749,0	0,0	0,651	1,0	20
		GMM	<i>CorCarl</i>	$Y_0, Y_f$	1756,7	7,7	0,014	47,9	20
		GMM	<i>CorCarl</i>	$Y_0, K, Y_f$	1750,9	1,9	0,246	2,6	21
GMM		<i>CorCarl</i>	$Y_0, Y_f, m$	1758,8	9,9	0,005	140,2	21	
	GMM	<i>CorCarl</i>	$Y_0, Y_f, K, m$	1753,0	4,1	0,084	7,7	22	

<sup>Φ</sup> modelos que apresentam serem prováveis para explica o comportamento dos dados observados; <sup>#</sup> modelo mais provável; GMM é a sigla para o modelo Michaelis-Menten generalizado; <sup>‡</sup> Estrutura de variância - CorCarl - Auto regressiva contínua de ordem 1 e Função de variância (Varpower ou escalonada); <sup>§</sup> Efeito aleatório (E. A.) testados nos parâmetros dos modelos, sendo “ $Y_0, Y_f, K$  e  $m$ ” parâmetros do modelo GMM, “ $Y_0, Y_m$  e  $k$ ” parâmetros do modelo logístico e “ $Y_0, D$  e  $k$ ” parâmetros do modelo Gompertz.; <sup>1</sup> $AICc$  é o critério de informação de Akaike corrigido para pequenas amostras; <sup>2</sup> $\Delta$  é a diferença do valor de  $AICc$ ; <sup>3</sup>  $w$  é a probabilidade de verossimilhança do modelo; <sup>4</sup>  $ER$  é a razão de evidência calculada para cada modelo testado; <sup>5</sup>  $\theta$  são os parâmetros dos modelos

Os intervalos de confiança dos parâmetros do modelo Gompertz para medida biométrica comprimento de garupa (CG) estão na tabela 6. Os intervalos de confiança dos parâmetros do modelo de Michaelis-Menten generalizado para as medidas biométricas de altura de garupa (HG), comprimento corporal (CC), largura garupa (LG), largura de peito (LP) e profundidade (PROF) de cabritas Saanen submetidas a níveis de proteína bruta na dieta ( $PB_d$ ), combinados com a estrutura de variância autorregressiva contínua de ordem 1 (CorCarl) encontram-se na tabela 7.

**Tabela 6.** Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo Gompertz ( $Y_0, k$  e  $D$ ) sendo esse modelo o mais provável para a variável biométricas comprimento de garupa (AG) de cabritas Saanen submetidas a níveis de proteína bruta na dieta ( $PB_d$ ),

combinados com a estrutura de variância autorregressiva contínua de ordem 1 (*CorCar1*) e Função de Variância escalonada (*VarPower*)

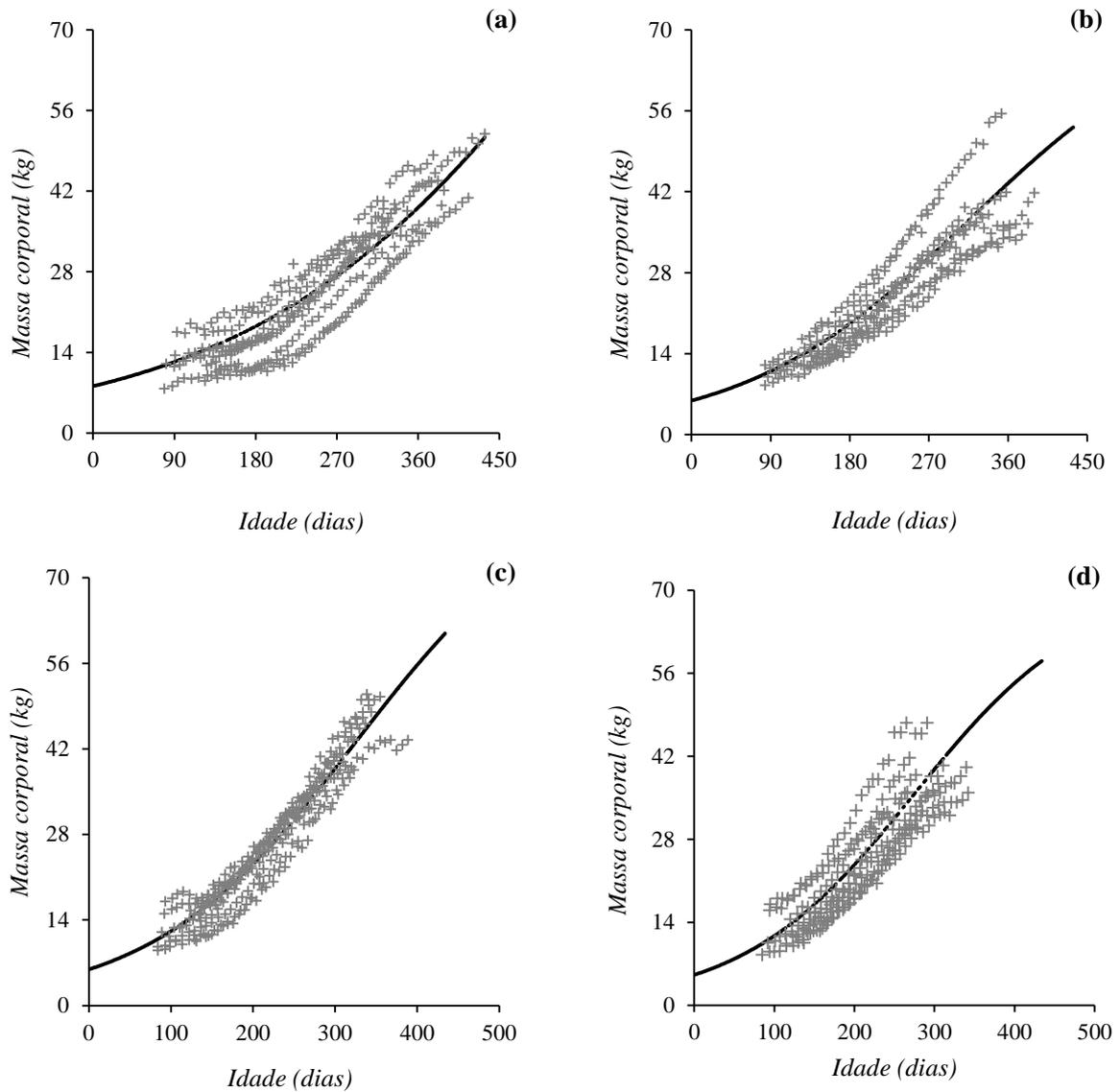
		IC95% - Média (Limite inferior; Limite superior)		
Variável	PB <sub>a</sub> (%)	$Y_t = Y_0 \exp(k(1 - \exp(-Dt))/D)$		
		$Y_0$	$k$	$D$
CG	15	6,61 (5,08; 8,14)	0,0045 (0,0021; 0,0068)	0,0032 (0,0011; 0,0052)
	17	5,15 (3,51; 6,79)	0,0080 (0,0039; 0,0121)	0,0057 (0,0034; 0,0079)
	18	7,87 (5,20; 10,55)	0,0041 (0,0002; 0,0081)	0,0038 (-0,0004; 0,0080)
	19	4,65 (2,89; 6,42)	0,0092 (0,0040; 0,0143)	0,0056 (0,0030; 0,0083)

Sendo  $Y_0$  valor inicial (cm),  $k$  taxa de crescimento e  $D$  taxa de declínio de  $k$ .

**Tabela 7.** Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo Michaelis-Menten ( $Y_0$ ,  $Y_f$ ,  $K$  e  $m$ ) sendo esse modelo o mais provável para as variáveis biométricas altura de garupa (HG), comprimento corporal (CC), largura garupa (LG), largura de peito (LP) e profundidade (PROF) de cabritas Saanen submetidas a níveis de proteína bruta na dieta (PB<sub>d</sub>), combinados com a estrutura de variância autorregressiva contínua de ordem 1 (*CorCar1*)

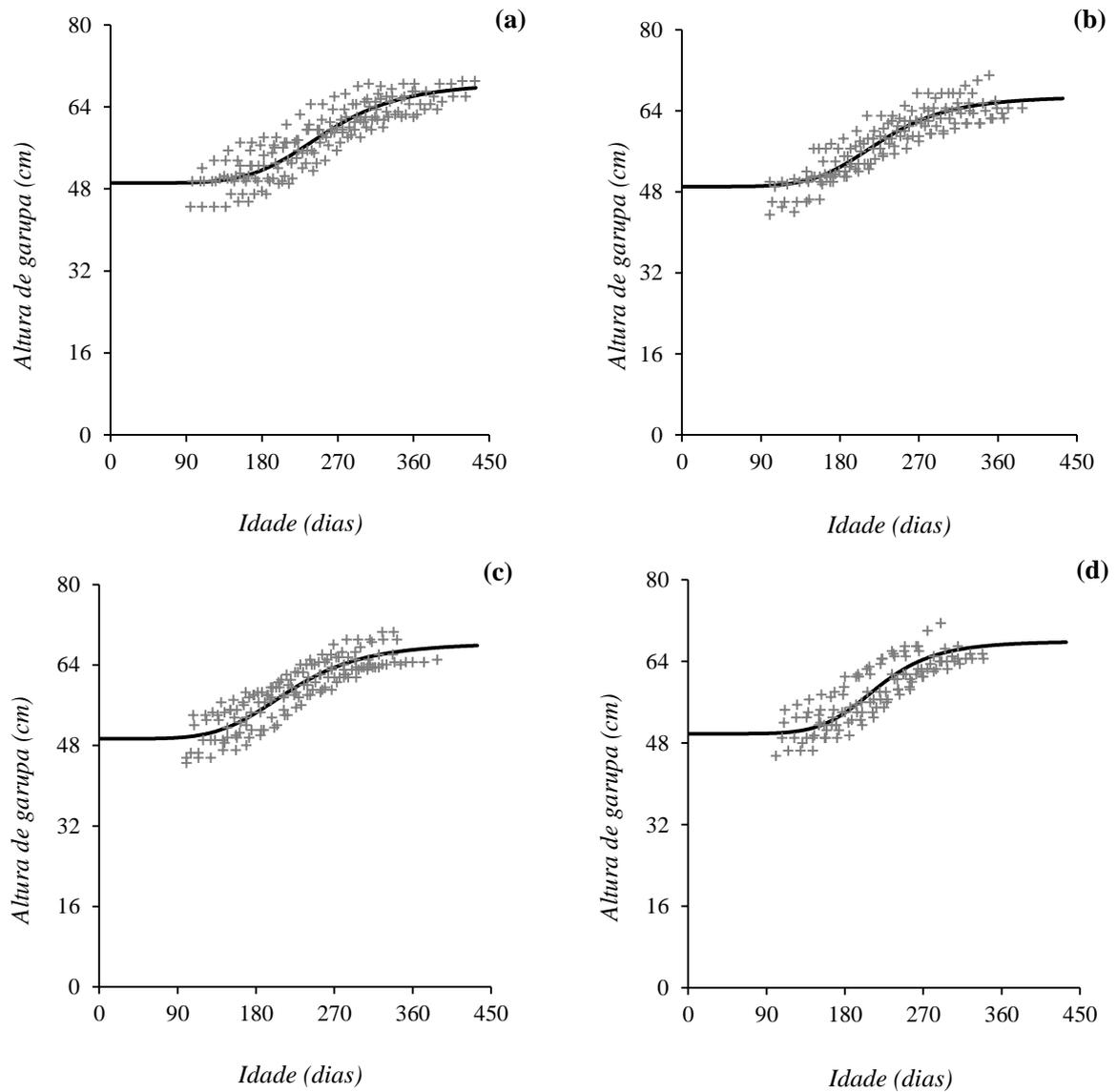
Variável	PB <sub>d</sub> (%)	E.V.	IC95% - Média (Limite inferior; Limite superior)			
			$Y_t = (Y_0K^m + Y_f t^m)/(K^m + t^m)$			
			$Y_0$	$K$	$m$	$Y_f$
AG	15	<i>CorCar1</i>	49,14 (46,97; 51,32)	255,8 (241,2; 270,4)	5,44 (4,33; 6,54)	68,76 (66,90; 70,63)
	17		49,06 (46,80; 51,33)	226,5 (212,5; 240,5)	5,59 (4,38; 6,80)	66,91 (65,16; 68,67)
	18		49,34 (47,18; 51,50)	219,2 (205,5; 232,9)	5,05 (3,91; 6,19)	68,46 (66,59; 70,32)
	19		49,83 (47,63; 52,03)	217,6 (203,8; 231,3)	6,47 (5,15; 7,80)	67,97 (66,07; 69,87)
CC	15	<i>CorCar1</i>	39,63 (37,56; 41,70)	242,0 (227,8; 256,3)	5,35 (4,38; 6,32)	57,54 (55,95; 59,13)
	17		40,43 (38,34; 42,52)	221,9 (208,4; 235,5)	6,26 (5,06; 7,47)	56,43 (55,03; 57,82)
	18		39,26 (36,73; 41,79)	231,3 (211,7; 250,9)	3,64 (2,64; 4,64)	62,56 (59,03; 66,09)
	19		38,25 (35,16; 41,33)	227,5 (202,8; 252,2)	3,65 (2,35; 4,95)	63,67 (58,15; 69,18)
LG	15	<i>CorCar1</i>	8,81 (8,14; 9,49)	302,2 (269,5; 334,9)	4,01 (3,10; 4,91)	18,04 (16,40; 19,69)
	17		8,18 (7,28; 9,08)	269,8 (233,4; 306,1)	3,29 (2,32; 4,27)	18,16 (16,05; 20,26)
	18		8,72 (7,91; 9,52)	249,8 (222,6; 277,0)	3,71 (2,75; 4,67)	18,12 (16,58; 19,66)
	19		7,95 (6,47; 9,43)	275,4 (203,3; 347,6)	2,64 (1,45; 3,83)	21,46 (16,08; 26,85)
LP	15	<i>CorCar1</i>	11,60 (10,78; 12,43)	297,8 (272,0; 323,5)	5,02 (3,67; 6,38)	20,52 (18,39; 22,66)
	17		11,56 (10,65; 12,47)	250,3 (228,7; 271,9)	4,77 (3,20; 6,34)	19,13 (17,30; 20,95)
	18		11,56 (10,74; 12,38)	245,5 (229,8; 261,2)	5,34 (3,90; 6,79)	19,60 (17,95; 21,25)
	19		10,55 (9,39; 11,71)	242,7 (211,3; 274,0)	3,92 (2,48; 5,35)	21,66 (18,47; 24,85)
PROF	15	<i>CorCar1</i>	19,8 (18,61; 12,43)	262,1 (239,5; 284,7)	5,58 (4,00; 7,17)	30,92 (29,41; 32,44)
	17		19,38 (17,76; 21,00)	253,1 (218,3; 287,9)	3,98 (2,29; 5,68)	31,55 (28,50; 34,59)
	18		19,93 (18,65; 21,20)	231,0 (210,6; 251,5)	5,30 (3,71; 6,89)	30,86 (29,48; 32,24)
	19		19,31 (17,84; 20,78)	232,6 (206,3; 259,0)	5,22 (3,13; 7,31)	31,31 (28,59; 34,03)

Os gráficos a seguir mostram as observações e os valores estimados pelo modelo Logístico Eq (1) para crescimento da massa corporal em níveis de proteína na dieta (figura 1).

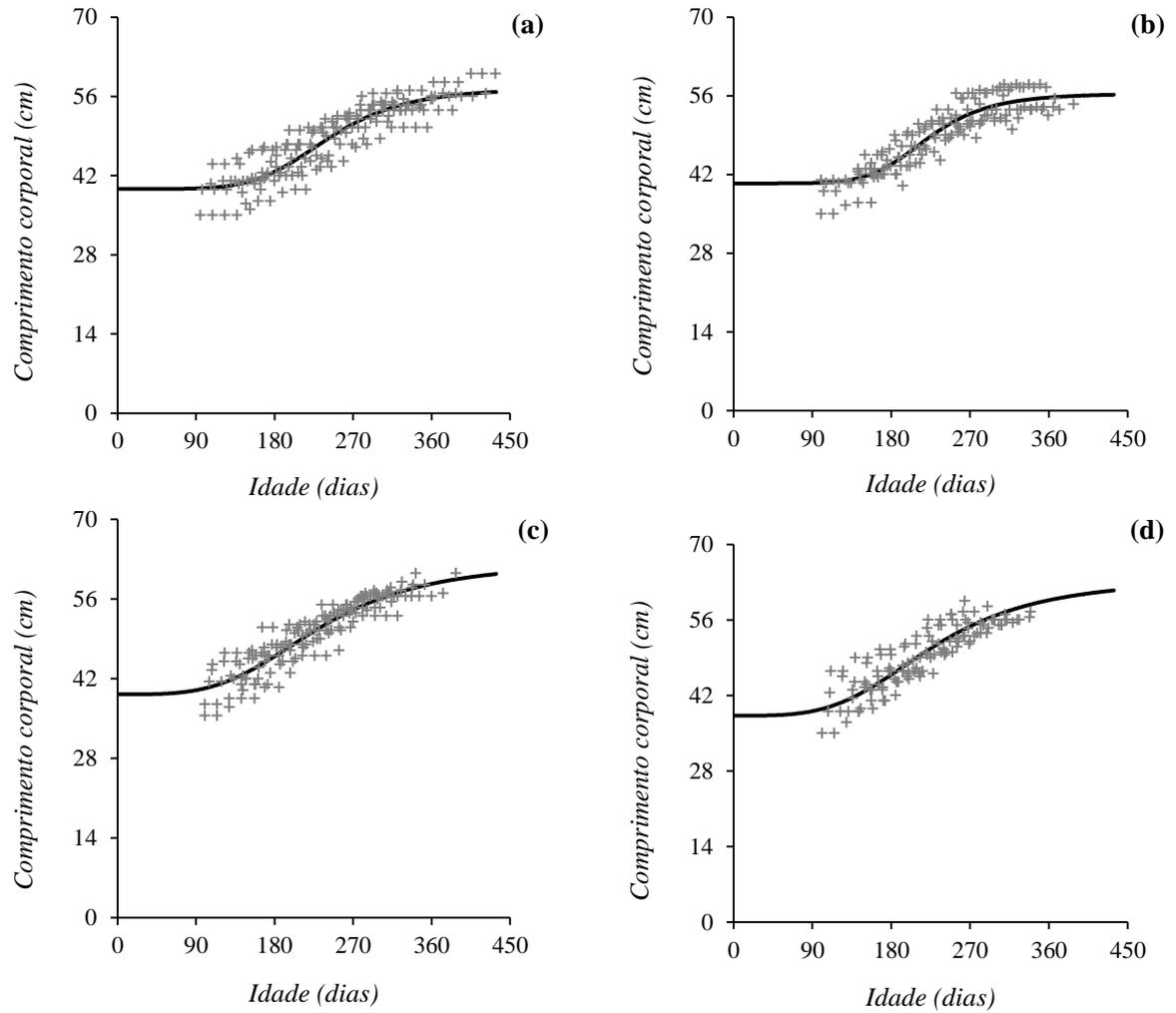


**Figura 1.** Crescimento da massa corporal de cabritas Saanen submetidas a dietas com níveis de proteína bruta. A linha contínua são os valores estimados pelo modelo Logístico e (+) são os dados observados. Os painéis **a**, **b**, **c** e **d** representam as estimativas para animais submetidos a dietas com 15, 17, 18 e 19% PB, respectivamente.

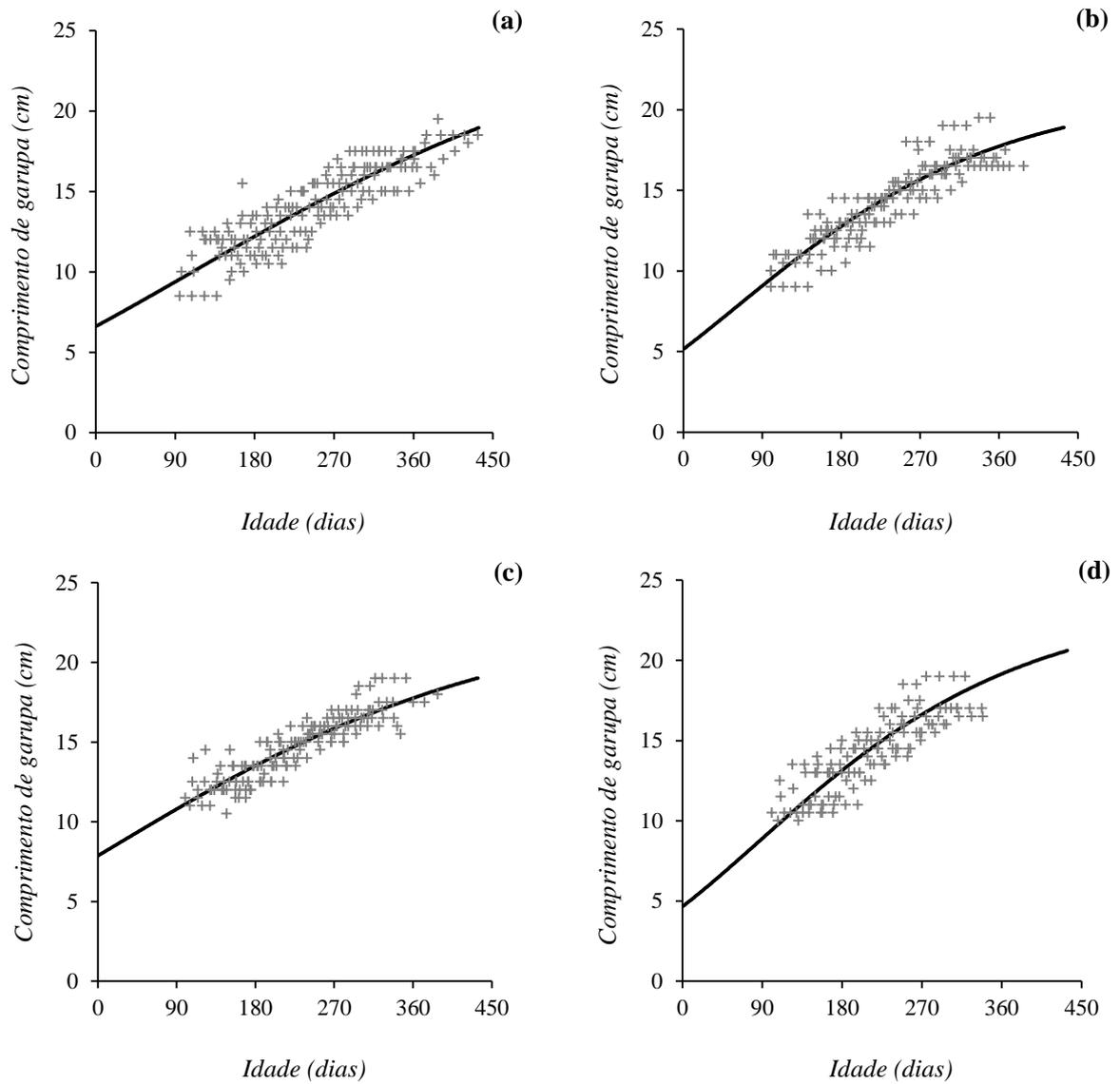
Os próximos gráficos (figuras 2, 3, 5, 6 e 7) apresentam os dados observados e os valores estimados pelo modelo de Michaelis-Menten generalizado (GMM) para as biometrias AG, CC, LG, LP e PROF em níveis de proteína bruta 15, 17, 18 e 19%. E a figura 4 apresenta os dados observado e os valores estimados pelo modelo de Gompertz para a biometria CG nos mesmos níveis das figuras anteriores.



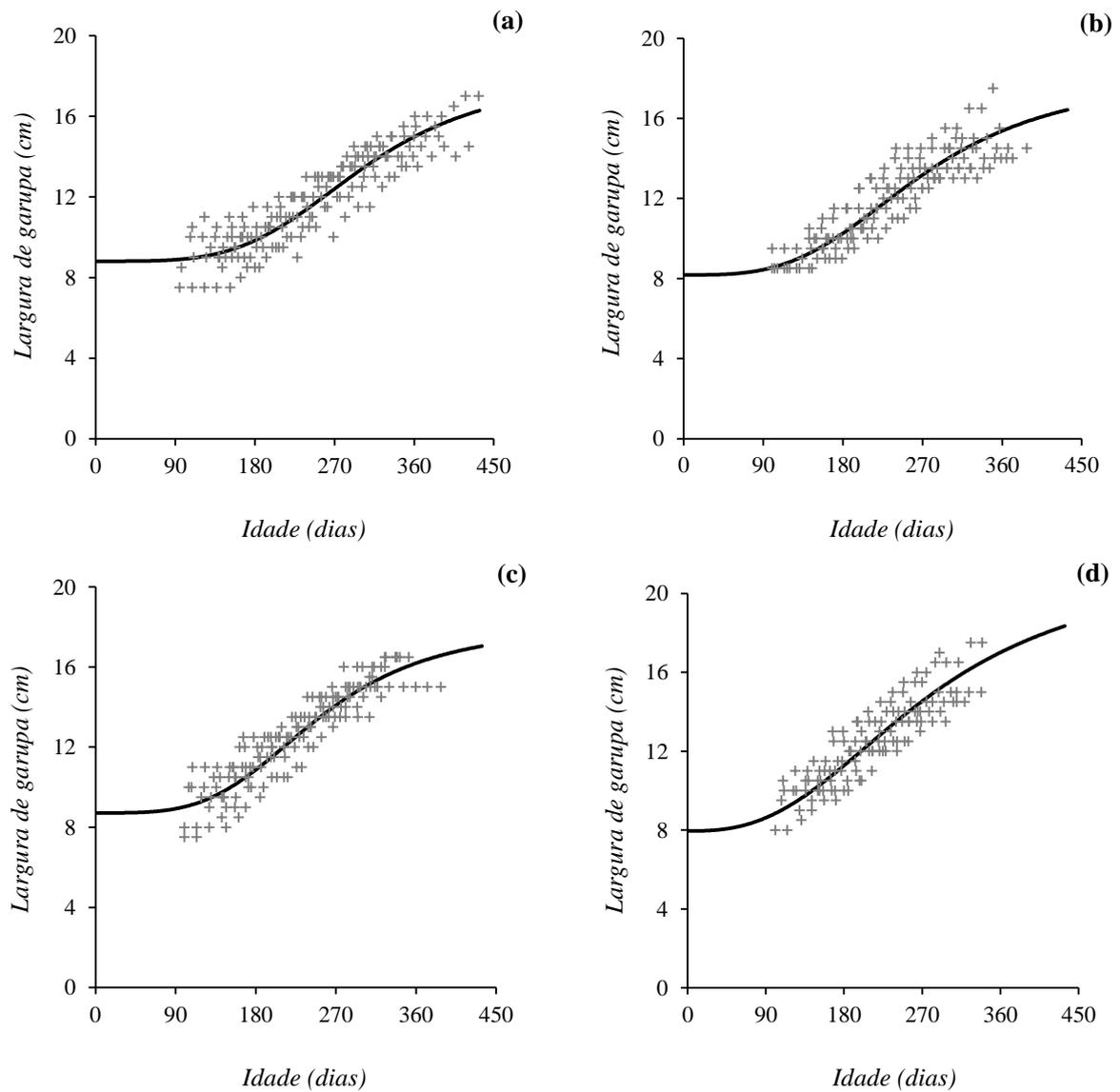
**Figura 2.** Crescimento da altura de garupa (HG) de cabritas Saanen submetidas a dietas com níveis de proteína bruta. A linha contínua são os valores estimado pelo modelo Michaelis-Menten generalizado (GMM) e (+) são os dados observados. Os painéis **a**, **b**, **c** e **d** representam as estimativas para animais submetidos a dietas com 15, 17, 18 e 19% PB, respectivamente.



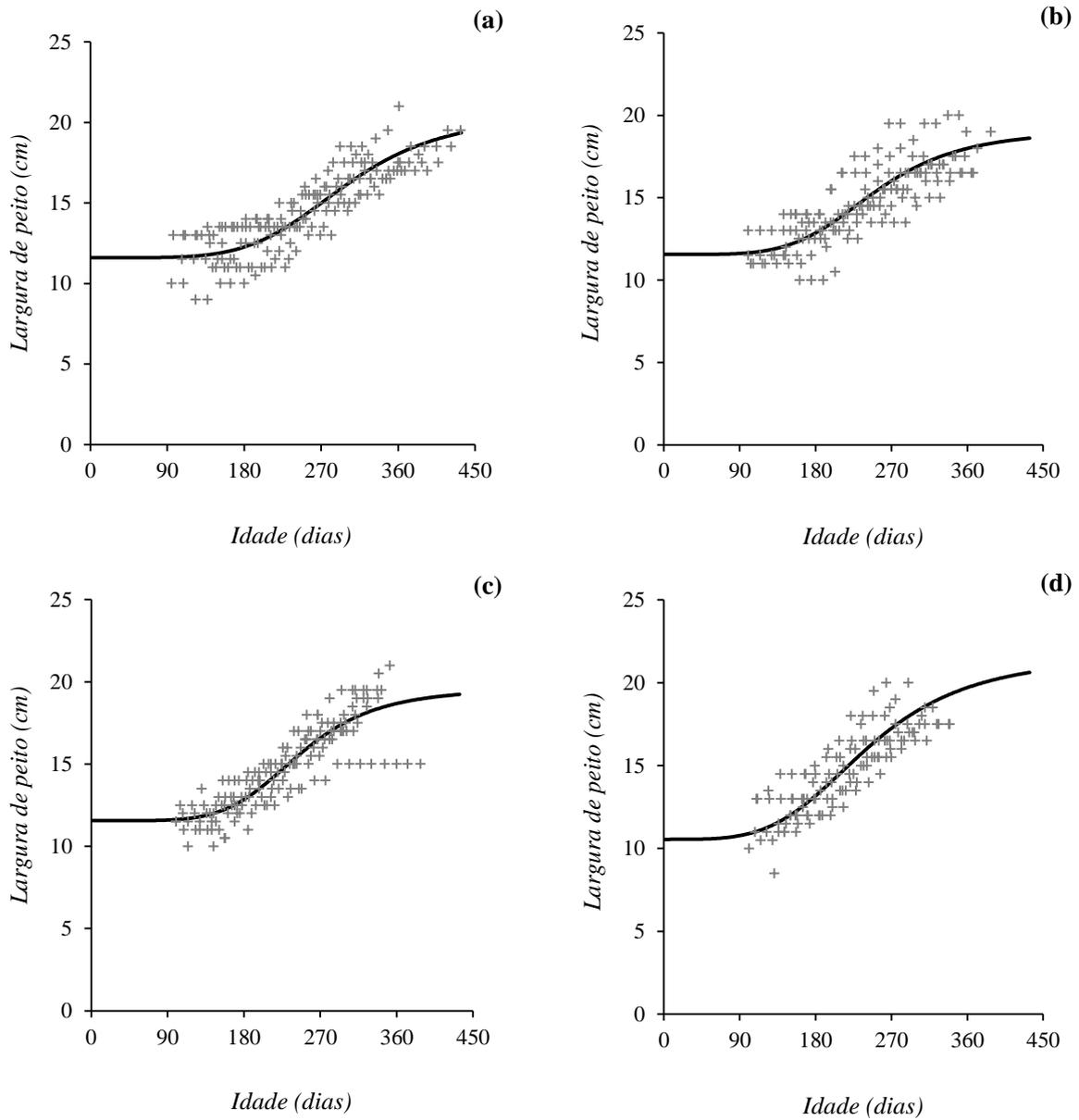
**Figura 3.** Crescimento do comprimento corporal de cabritas Saanen submetidas a dietas com níveis de proteína bruta. A linha contínua são os valores estimado pelo modelo de Michaelis-Menten generalizado (GMM) e (+) são os dados observados. Os painéis **a**, **b**, **c** e **d** representam as estimativas para animais submetidos a dietas com 15, 17, 18 e 19% PB, respectivamente.



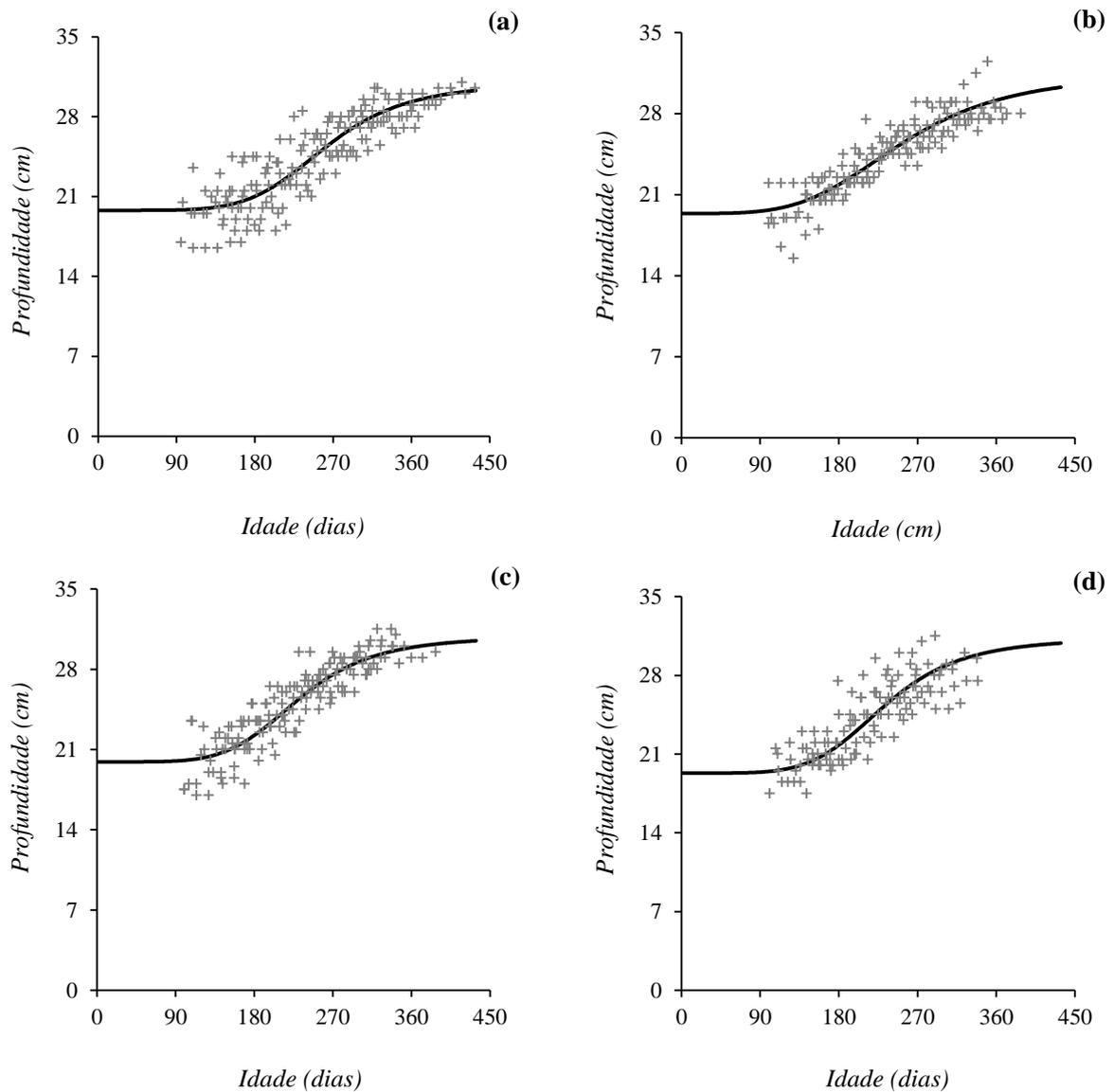
**Figura 4.** Crescimento do comprimento de garupa de cabritas Saanen submetidas a dietas com níveis de proteína bruta. A linha contínua são os valores estimado pelo modelo Gompertz e (+) são os dados observados. Os painéis **a**, **b**, **c** e **d** representam as estimativas para animais submetidos a dietas com 15, 17, 18 e 19% PB, respectivamente.



**Figura 5.** Crescimento da Largura de garupa de cabritas Saanen submetidas a dietas com níveis de proteína bruta. A linha contínua são os valores estimados pelo modelo de Michaelis-Menten generalizado (GMM) e (+) são os dados observados. Os painéis **a**, **b**, **c** e **d** representam as estimativas para animais submetidos a dietas com 15, 17, 18 e 19% PB, respectivamente.

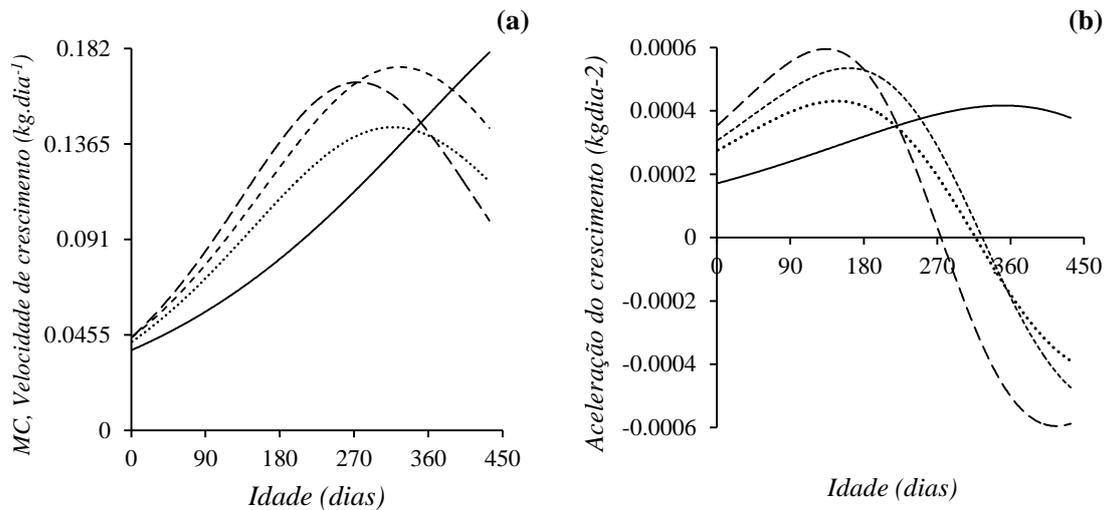


**Figura 6.** Crescimento da largura de peito de cabritas Saanen submetidas a dietas com níveis de proteína bruta. A linha contínua são os valores estimado pelo modelo de Michaelis-Menten generalizado (GMM) e (+) são os dados observados. Os painéis **a**, **b**, **c** e **d** representam as estimativas para animais submetidos a dietas com 15, 17, 18 e 19% PB, respectivamente.



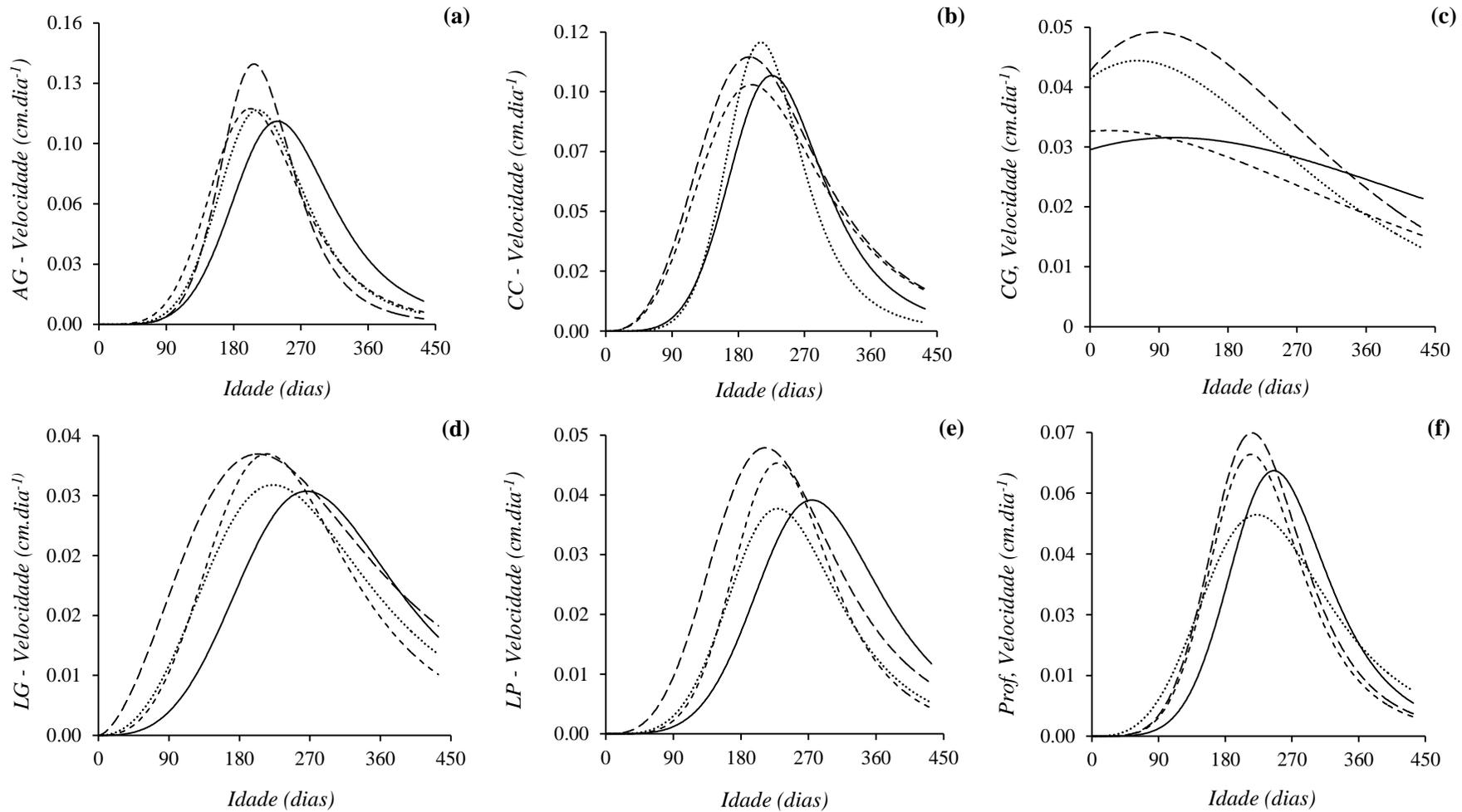
**Figura 7.** Crescimento da profundidade corporal de cabritas Saanen submetidas a dietas com níveis de proteína bruta. A linha contínua são os valores estimado pelo modelo de Michaelis-Menten generalizado (GMM) e (+) são os dados observados. Os painéis **a**, **b**, **c** e **d** representam as estimativas para animais submetidos a dietas com 15, 17, 18 e 19% PB, respectivamente.

Os gráficos da figura 8 descrevem a velocidade e a aceleração do crescimento da MC, esses dados foram obtidos através da primeira ( $dy/dt$ ) e da segunda derivada ( $d^2y/dt^2$ ) do modelo Logístico Eq (1), também foram empregados os níveis de proteína bruta da dieta (15, 17, 18 e 19%).



**Figura 8.** Velocidade (painel **a**) e Aceleração (painel **b**) do crescimento da massa corporal (*MC*) de cabritas Saanen estimadas a partir da primeira ( $dy/dt$ ) e segunda derivada ( $d^2y/dt^2$ ) do modelo Logístico, respectivamente. As linhas contínuas, pontilhadas, traços e tracejados longos representam as velocidades de crescimento de *MC* de cabritas suplementadas com os níveis de proteína bruta, 15, 17, 18 e 19%, respectivamente.

Os gráficos da figura 9 mostram as curvas de velocidade de crescimento das medidas biométricas AG, CC, CG, LG, LP e Prof. As estimativas foram obtidas através dos modelos de Michaelis-Menten generalizado (AG, CC, LG, LP e PROF) e Gompertz (CG), demonstrando também os níveis de PB dietética.



**Figura 9.** Velocidade de Crescimento (primeira derivada do modelo,  $dy/dt$ ) das variáveis biométricas altura de garupa (AG, painel **a**), Comprimento corporal (CC, painel **b**), Comprimento de garupa (CG, painel **c**), Largura de garupa (LG, painel **d**), Largura de peito (LP, painel **e**) e profundidade corporal (Prof, painel **f**). As linhas contínuas, pontilhadas, traços e tracejados longos representam as velocidades de crescimento das variáveis biométricas de cabritas suplementadas com os níveis de proteína bruta de 15, 17, 18 e 19%, respectivamente. Tais estimativas foram obtidas a partir dos modelos de Michaelis-Menten generalizado (AG, CC, LG, LP e Prof) e Logístico (CG).

### 3.5 Discussão

Para escolha do modelo que melhor estima os valores observados tem-se recomendado o uso do critério de informação de AKAIKE corrigido para pequenas amostras (Sugiura, 1978; Vieira et al., 2012) juntamente com algumas funções derivadas, fornece uma base justa para a seleção de vários modelos (Burnham e Anderson, 2004). Essa foi uma das bases de orientação seguida na escolha dos modelos deste ensaio.

A utilização de modelos não lineares mistos foi a ferramenta mais refinada para estimar valores referentes ao crescimento da massa corporal de cabritas Saanen. O uso dessa ferramenta apresentou um modelo que melhor estimou valores de ganho de massa corporal de cabritas Saanen alimentadas com níveis de proteína bruta (tabela 1).

Na avaliação o modelo Logístico (Eq (1)) com função de variância escalonada e estrutura de variância auto regressiva de primeira ordem (CorCAR1) foi o que melhor estimou dados para essa variável. Esse resultado difere do encontrado por Rocha et al. (2015). Esses autores ao trabalhar com cabritas Alpinas encontram que o melhor modelo para estimar o crescimento (massa corporal) seria o de Gompertz com função de variância exponencial. Devido à ausência de dados observados de peso ao nascer, o modelo Logístico por ser flexível, melhor estimou valores de peso final, peso inicial e taxa de crescimento.

Para estimar o crescimento da massa corporal de cabritas Saanen e Alpina Araújo et al. (2015) encontraram o modelo de Brody (crescimento monomolecular) com uma função de variância exponencial. Já o trabalho de Freitas et al. (2005) mostrou que o modelo Logístico serve para estimar valores de crescimento da massa corporal de oito espécies sendo elas: camarão-d'água-doce, rã-pimenta, coelho, frango, ovino, caprino, suíno e bovino.

Um estudo desenvolvido por Freitas (2007) mostra que o melhor modelo que se ajustou aos dados de crescimento da massa corporal de caprinos Moxotó foi o Brody, visto que para este modelo não há ponto de inflexão (PI) e nem o aspecto sigmoidal. Outros trabalhos com caprinos Serrana Trasmontana foi verificado que o modelo de Richards proporcionou o melhor ajuste dos dados de crescimento da massa corporal (Monteiro et al., 2009). Entretanto, estudos relatam que o modelo Logístico apresenta melhor ajuste nos dados de crescimento corporal de cabras Mambrinas (Carneiro et al., 2009). Já os modelos de Brody, Von Bertalanffy e Logístico, respectivamente, apresentaram melhor ajuste de dados,

fornecendo valores mais próximos dos reais para todas as idades em caprinos Anglo-Nubiano (Malhado et al., 2008; Oliveira et al., 2009).

O parâmetro  $k$  que representa a taxa de crescimento ( $\text{kg}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) do modelo Logístico (tabela 2) utilizado para estimar dados de crescimento da massa corporal, sofreu influência dos tratamentos. Os tratamentos com 15 e 17% de  $\text{PB}_d$  foram semelhantes entre si ( $p < 0,05$ ), da mesma forma, 18 e 19% equivaleram-se ( $P < 0,05$ ), porém os menores teores de proteína nas rações distinguiram-se ( $P > 0,05$ ) daqueles com 18 e 19%. Esse comportamento é explicado através da tabela 3, onde observamos um maior consumo nos tratamentos com 18 e 19% de  $\text{PB}_d$ , de acordo com ganho de peso observado é notório que o modelo Logístico subestimou os valores para ganho de peso diário. O valor estimado para o parâmetro  $k$  pelo modelo no tratamento 19% está próximo do observado para o tratamento 15%.

Hwangbo et al. (2009) trabalhou com cabras pretas da Coreia, com quatro planos nutricionais 14, 16, 18 e 20% de  $\text{PB}_d$  respectivamente. Os autores encontraram maior taxa de crescimento da massa corporal para as cabras do tratamento com 18% de  $\text{PB}_d$ . Segundo Zundt et al. (2002) cordeiros alimentados com níveis de proteína 12, 16, 20 e 24% apresentaram um ganho de peso com comportamento linear até 24% de PB, ou seja, a cada 1% a mais de PB os animais teriam um ganho de 0,0015kg/dia. Os autores concluíram que todos os níveis testados mostraram viabilidade econômica, mas que o nível de 12% de PB o retorno era maior. Ferreira et al. (1998) trabalhando com bovinos F1 Simental x Nelore observaram uma maior taxa de crescimento para os animais que receberam 75% de concentrado, ou seja, maior concentração de PB na dieta.

Um trabalho com cabra preta na Jordânia mostra que os animais tiveram maior taxa de crescimento quando suplementados com dieta contendo 16% de PB (Titi et al., 2000). Os autores relataram que não houve diferença ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos com 16 e 18% de PB, mas devido a proteína ser o nutriente que mais onera o custo da dieta recomendaram-se a utilização de 16% de PB na dieta. Moreno et al. (2010) trabalhando com cordeiros Ile de France encontraram maior desempenho (taxa de crescimento) em animais alimentados com maior proporção de concentrado, ou seja, maior concentração de PB em torno de 20,33%.

Os valores do parâmetro  $k$  ficaram abaixo do esperado, que seria uma taxa de crescimento de aproximadamente 0,090; 0,130; 0,170 e 0,210  $\text{kg}\cdot\text{dia}^{-1}$  (NRC, 2007) para os tratamentos com 15, 17, 18 e 19% de PB respectivamente. O modelo Logístico superestimou o valor para o parâmetro  $Y_f$  (peso assintótico ou máximo), para o tratamento com 15% de PB,

esse comportamento pode ser explicado devido o crescimento linear neste tratamento. O modelo Logístico também superestimou os valores de peso inicial, esse comportamento também foi encontrado por Regadas Filho et al. (2014).

O ponto de inflexão (figura 8) do tratamento com 15% de PB não foi possível estimar para massa corporal, pois os animais estavam crescendo de forma exponencial segundo o modelo, esse comportamento pode ser justificado devido o crescimento retardado dos animais deste tratamento. Já para os demais tratamentos, o PI ocorreu nas idades 317; 326 e 275 dias com massa corporal de 37,3; 43,3 e 35,7kg para os tratamentos 17, 18, e 19%, respectivamente. Rocha et al. (2015) encontram ponto de inflexão para massa corporal dos animais em média de  $122,1 \pm 26,8$  dias valor esse inferior do que foi encontrado neste trabalho.

Para a estimativa de valores da biometria corporal o melhor modelo foi o de Michaelis-Menten generalizado Eq (3) com função de variância escalonada e estrutura de variância auto regressiva de primeira ordem (CorCAR1) para as medidas de HG, CC, LP, LG e PROF. Para a medida de CG o modelo melhor foi o de Gompertz Eq (2) com função de variância escalonada e estrutura de variância auto regressiva de primeira ordem (CorCAR1).

A altura de garupa é classificada como característica que apresenta maior potencial de resposta à seleção genética por características morfológicas através de sua alta herdabilidade (0,54) (Lagrotta et al., 2010). Quando observado os níveis proteicos da dieta, o tratamento que apresentou maior velocidade de crescimento foi o com 19%, quanto maior a velocidade de crescimento mais rápido o animal chega à puberdade diminuindo assim a duração da fase de recria. A altura de garupa apresenta uma correlação com o ligamento traseiro do úbere, essa correlação é inversa e negativa, com valor moderado a alto (-0,49) (Ferreira et al., 2014). Então a altura de garupa muito elevada pode ocasionar um ligamento do úbere fraco, reduzindo assim a capacidade produtiva da cabra.

Segundo Ferreira et al. (2014) o CC apresenta uma alta correlação genética em relação a altura do animal, seja ela media no ponto da cernelha ou na região da garupa, logo selecionar animais através dessa medida implica em ganhos nas outras duas. A velocidade de crescimento do CC comportou de forma diferente em relação as demais medidas apresentando maior velocidade o tratamento com 17% de PB<sub>d</sub>.

A medida de CG possui correlação genética negativa, moderada a elevada com as características inserção do ubre e formato do mesmo (Ferreira et al., 2014). Em bovinos leiteiro Lagrotta et al., (2010) encontraram que essa medida tem moderada a alta correlação genética com o diâmetro dos tetos. Em caprinos selecionamos a característica do diâmetro dos tetos afim de encontrar um animal com melhor conformidade do conjunto úbere e tetos e de fácil adaptação ao uso de ordenha mecânica, logo animais com menor comprimento de garupa tendem a ter menor diâmetro dos tetos (Alves, 2016). O tratamento que apresentou maior velocidade de crescimento do CG foi o com 19% de  $PB_d$ .

Segundo Zanotti et al., (2015) um valor moderado de herdabilidade (0,22) é apresentado pela medida de LG, essa medida apresenta grande relação a reprodução, que geralmente apresentam baixa herdabilidade. Então utilizar essa medida para seleção dos animais auxiliaria na seleção de aspectos relacionados a reprodução. O tratamento com maior velocidade de crescimento desta medida foi o com 19% de  $PB_d$ .

A medida da LP está relacionada a capacidade cárdica e área pulmonar dos caprinos. O tratamento que apresentou maior velocidade de crescimento foi o com 19% de  $PB_d$ . A PROF é uma medida a qual observamos se o animal é pernalta ou não, precoce ou tardio, alguns autores sugerem uma relação de 50:50 a 60:40 corpo:pernas (Ferreira et al., 2014 e Zanotti et al., 2015). O tratamento que apresentou maior velocidade no crescimento da PROF foi o com 19% de  $PB_d$ .

O tratamento que mais aproximou o estimado pelos modelos do observado foi o com 18% de  $PB_d$  para todas as medidas biométricas e peso corporal. Como os tratamentos com 18 e 19% de  $PB_d$  não diferiram entre si, devemos levar em consideração o custo da dieta. Dietas com maior concentração de PB tendem a serem mais caras e com isso oneram o custo de produção e diminuem a margem de lucro.

### **3.6 Conclusão**

O crescimento corporal de cabritas Saanen pode ser estimado através do uso do modelo Logístico, com função de variância escalonada (VarPower) e estrutura de variância autorregressiva contínua de ordem 1 (corCAR1).

Para cabritas em crescimento sugere-se o uso de 18% de PB na dieta para melhor desempenho diário.

As medidas biométricas HG, CC, LP, LG e PROF, podem ser estimadas com auxílio do modelo de Michaelis-Menten generalizado e a medida CG pelo modelo de Gompertz, ambos modelos com função de variância escalonada e estrutura de variância autorregressiva contínua de ordem 1.

### 3.7 Referências Bibliográficas

- ALVES, L, R, N. Modelos não lineares em caprinocultura leiteira: análise econômica do sistema de produção. 2016. p.8. Tese – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016.
- ARAÚJO, R. P.; VIEIRA, R. A. M.; ROCHA, N. S.; ABREU, M. L. C.; GLÓRIA, L. S.; ROHEM JÚNIOR, N. M.; FERNANDES, A. M. Long-term growth of body, body parts and composition of gain of dairy goat wethers. *Journal of Agricultural Science*, n.153, p.1321-1340, 2015.
- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, v.19, p.716–723, 1974.
- BRODERICK, G.A. Quantifying forage protein quality. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.). *Forage quality, evaluation, and utilization*. Madison: American Society of Agronomy, p.200-228, 1994.
- BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. Multimodel inference: understanding AIC and BIC in Model Selection. *Sociological Methods & Research*, n.33, p.261–304, 2004.
- CAIXETA FILHO, J. V. *Pesquisa Operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais*. Piracicaba: ED. J. V. CAIXETA FILHO, p.212, 2000.
- CAENEIRO, P. L. S.; MALHADO, C. H. M.; AFFONSO, P. R. A. M.; PEREIRA, D. G.; SUZART, J. C. C.; RIBEIRO JUNIOR, M.; SARMENTO, J. L. R. Curva de crescimento em caprinos da raça Mambrina, criados na caatinga. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.10, n.3, p.536-545, 2009.

- CHIZZOTTI, M.L.; NETO, O. R. M.; LADEIRA, M.M. et al. Modelagem e meta análise em zootecnia: aplicação prática para a bovinocultura de corte brasileira. In: IV SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE E VIII SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, Viçosa. Anais... Viçosa, p.197-207, 2012.
- FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. et al. Consumo, Conversão alimentar, ganho de peso e características de carcaça de bovinos F1 Simental e Nelore. Revista Brasileira de Zootecnia, v.28, n.2, p.352-360, 1998.
- 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.
- FIALHO, F.B. Sistemas de apoio à decisão na produção de suínos e aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. Anais...Porto Alegre: SBZ, p.307-317, 1999.
- FONTOURA JÚNIOR, J.A.S.; MENEZES, L.M.; CORRÊA, M.N.; DIONELLO, N.J.L. Utilização de modelos de simulação em sistemas de produção de bovinos de corte. Vet. Zootec. v.14, n.1, p.19-30, 2007.
- FRANCE, J.; DIJKSTRA, J.; DHANOA, M. S. Growth function sand their application in animal Science. Annales de Zootechnie, INRA/EDP Sciences, v. 45, p. 165-174, 1996.
- FREITAS, A. R. Curvas de Crescimento na Produção Animal. Revista Brasileira de Zootecnia, v.34, n.3, p.786-795, 2005.
- FREITAS, A. R. Estimativa de curva de crescimento na produção animal. São Carlos: EMBRAPA, p.20, 2007 (Documento 68).
- HWANGBO, S.; CHOI, S. H.; KIM, S. W.; SON, D. S.; PARK, H. S.; LEE, S. H.; JO, I. H. effects of crude protein levels in total mixed rations on growth performance and meat quality in growing korean black goats. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, v.22, n.8, p.1133-1139, 2009.
- 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.

- LOPEZ, S.; FRANCE, J.; GERRITS, W.J.; DHANOA, M.S.; HUMPHRIES, D.J.; DIJKSTRA, J. A generalized Michaelis-Menten equation for the analysis of growth. *Journal of Animal Science*, v.78, p.1816-1828, 2000.
- PINHEIRO, J. C.; BATES, D. M. *Mixed-Effects Models in S and SPLUS*, New York, USA: Springer, 2000.
- MALHADO, C. H. M.; CARNEIRO, P. L. S.; CRUZ, J. F.; OLIVEIRA, D. F.; AZEVEDO, D. M. M. R.; SARMENTO, J. L. R. Curvas de crescimento para caprinos da raça Anglo-Nubiana criados na caatinga: rebanho de elite e comercial. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.9, n.2, p.662-671, 2008a.
- MONTEIRO, A.; CARVALHO, A.; SILVA, S.; AZEVEDO, A.; TEIXEIRA, A. Determinação do peso maduro de caprinos da raça Serrana ecótipo transmontano através de modelos de crescimento. *Revista do Instituto Politécnico de Viseu*, n. 37, 2009.
- MORENO, G. M. B.; SOBRINHO, A. G. S.; LEÃO, A. G.; LOUREIRO, C. M. B.; PEREZ, H. L.; ROSSI, R. C. Desempenho, digestibilidade e balanço de nitrogênio em cordeiros alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar e dois níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.4, p.853-860, 2010.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (U.S.) (Ed) (2007) 'Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids.' (National Academies Press: Washington, D.C).
- OLIVEIRA, D. F.; CRUZ, J. F.; CARNEIRO, P. L. S.; MALHADO, C. H. M.; RONDINA, D.; FERRAZ, R. C. N.; TEIXEIRA NETO, M. R. Desenvolvimento ponderal e características de crescimento de caprinos da raça Anglo-Nubiana criados em sistema semi-intensivo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.10, n.2, p.256-265, 2009.
- 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.; ARAUJO, R. P.; GLÓRIA L. S.; TAMY, W. P.; NOVA, C. H. P. C.; FERNANDES, A. M. Traditional and biphasic

- nonlinear models to describe the growth of goat kids of specialized dairy breeds. *Small Ruminant Research*, n.123, p.35-43, 2015.
- SUGIURA, N. Further analysis of the data by Akaike's information criterion and the finite corrections. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, n.7, p.13–26, 1978.
- THORNLEY, J.H.M. Modeling grassland ecosystems. *GRASSLAND CONGRESS*, 19, Piracicaba. *Anais...* p.1029-1036, 2001.
- TITI, H.H.; TABBAA, M.J.; AMASHEH, M.G. et al. Comparative performance of Awassi lambs and Black goat kids on different crude protein levels in Jordan. *Small Ruminants Research*, v.37, p.131-135, 2000.
- VIEIRA R.A.M.; CAMPOS, P.R.S.S.; SILVA, J.F.C. et al. Heterogeneity of the digestible insoluble fiber of selected forages in situ. *Animal Feed Science and Technology*, v.171 p.154–166, 2012.
- 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.
- ZUNDT, M.; MACEDO, F. A. F.; MARTINS, E. N.; MEXIA, A. A.; YAMAMOTO, S. M. Desempenho de Cordeiros Alimentados com Diferentes Níveis Proteicos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.3, p.1307-1314, 2002.

## **CAPÍTULO 4. MODELAGEM DO CRESCIMENTO DA GLÂNDULA MAMÁRIA DE CABRITAS SAANEN ALIMENTADAS COM NÍVEIS PROTEICOS E DISTINTOS TIPOS DE NASCIMENTO**

### **4.1 Resumo**

A quantidade de proteína bruta na dieta está diretamente relacionada com o desenvolvimento corporal e de estruturas anatômicas como a glândula mamária. O objetivo foi estimar o crescimento da glândula mamária (GM) em função dos níveis de inclusão de proteína bruta na dieta e tipo de nascimento (simples ou múltiplo) de cabritas Saanen em crescimento. Para tal foram utilizadas 40 cabritas Saanen com idade de  $109,1 \pm 21,4$  dias, com peso vivo (PV) de  $12,9 \pm 2,9$ kg, providas de uma única fazenda. Essas cabritas foram monitoradas do desaleitamento até 30 dias de gestação, no período de fevereiro a dezembro de 2015. A cada sete dias foi realizado o exame de ultrassom para mensurar a GM das cabritas. Semanalmente foi coletado sangue das cabritas para posteriormente ser feita a dosagem de progesterona para determinar o primeiro estro das cabritas. O modelo que melhor estimou o crescimento da GM foi o Exponencial. Para estimar o crescimento da GM pode-se utilizar o modelo Exponencial. O uso de protocolos hormonais não interfere negativamente no crescimento da GM.

**Palavras-chave:** caprinos, desenvolvimento, parênquima, proteína

### **4.2 Introdução**

A dieta dos ruminantes apresenta vários nutrientes com diversas funções, dentre eles um dos que representa maior importância é a proteína. A qualidade e concentração de proteína na dieta influencia o consumo dos ruminantes, comprometendo assim o desempenho produtivo e fisiológico do animal (Zundt et al., 2002).

A determinação do nível proteico na dieta e de sua relação com a porção energética é de suma importância, uma vez que irá exercer papel fundamental no desenvolvimento de animais em crescimento. Isso deve ser levado em consideração principalmente para as futuras fêmeas lactantes, dado que o crescimento dessas interfere, sobremaneira, no desenvolvimento da glândula mamária (GM) e conseqüentemente no desempenho leiteiro na primeira lactação.

O uso de modelagem na produção animal vem crescendo cada vez mais. Essa ferramenta contribui para a pesquisa principalmente no quesito número de unidade experimental. Quando há escassez de recurso financeiro e espaço físico utilizam-se menos animais nos experimentos e, por meio da modelagem geram-se dados suficientes para análises posteriores. Segundo Chizzotti et al. (2012) além do baixo custo e rapidez, a modelagem contribui para reduzir os impactos ambientais durante a execução de um determinado experimento reduzindo a excreção de nutrientes de maneira economicamente viável.

Com base no acima exposto o uso de modelos não lineares associados a nutrição equilibrada pode contribuir de forma a maximizar a produtividade de um sistema de produção. A modelagem pode ser utilizada como ferramenta que vai estimar o impacto da nutrição no desenvolvimento da glândula mamária de cabritas Saanen em crescimento.

Esse trabalho teve como objetivo estimar o crescimento da glândula mamária em função dos níveis de inclusão de proteína bruta na dieta e tipo de nascimento (simples ou múltiplo) de cabritas Saanen em crescimento.

## **4.3 Material e Métodos**

### **4.3.1 Animais, instalações e manejo**

Foram utilizadas 40 cabritas Saanen com idade de  $109,1 \pm 21,4$  dias, com peso vivo (PV) de  $12,9 \pm 2,9$ kg, providas de uma única fazenda. Essas cabritas foram monitoradas do desaleitamento até 30 dias de gestação, no período de fevereiro a dezembro de 2015. O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental Hélio Barbosa da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, localizada na cidade de Igarapé, região metropolitana de Belo Horizonte, em Minas Gerais.

As cabritas foram alojadas em duplas, em baias com dimensão de 2,0 x 3,8m, o tipo de piso era o de cama composta por serralha e para enriquecimento ambiental foram utilizados paletes de madeira (1,2 x 1,1m) para que as cabritas pudessem escolher como local de descanso, ócio ou ruminção.

O experimento apresentou quatro grupos com dietas diferente, cada grupo era composto por dez animais, cujo objetivo era obter diferentes ganhos de pesos. As dietas prediziam um ganho de peso médio diário (GPMD) de 90, 130, 170 e 210g. As dietas foram

formuladas para atender aos requisitos de nutrientes para os ganhos esperados (NRC, 2007), e foram aproximadamente isoenergéticas com 2,75 Mcal de energia bruta. A proteína bruta prevista foi de 15, 17, 18 e 19% para as dietas. As dietas foram de baixo ganho, médio-baixo ganho, médio-alto ganho e alto ganho. Foram formulada para conter feno de tifton, farelo de soja, milho fubá e sal mineral, a proporção volumoso:concentrado foi de 30:70 permitindo 10% de sobra. A composição da dieta está na tabela 8.

**Tabela 8.** Composição centesimal e teores de nutrientes das rações experimentais ofertadas às cabritas Saanen para obtenção de distintos ganhos de peso médio diário

	<b>Rações</b>			
	<b>Baixo</b>	<b>Médio-baixo</b>	<b>Médio-alto</b>	<b>Alto</b>
<b>Ingredientes (%MS)</b>				
Feno de <i>Cynodon</i>	28,78	28,95	29,40	28,25
Milho fubá	53,90	47,60	43,64	42,17
Farelo de soja	13,90	19,54	22,49	25,05
Bicarbonato de sódio	1,00	0,99	1,00	0,99
Fosfato bicalcico	0,46	0,61	0,70	0,80
Minerais e vitaminas (premix) <sup>1</sup>	0,48	0,50	0,49	0,50
NaCl	0,48	0,50	0,49	0,50
<b>Nutrientes (%MS)</b>				
PB	14,51	17,53	18,15	18,75
FDN	17,68	19,52	18,44	16,84
FDA	5,89	6,78	6,30	5,80
CNF	55,62	49,45	49,45	49,85

<sup>1</sup>Um quilograma contém: 135.000,00 UI de vitamina A, 68.000,00 UI de vitamina D3, 450,00 UI de vitamina E, 240,00 g de Ca, 71,00 g de P, 28,20 g de K, 20, 00 g de S, 20,00 g de Mg, 400,00 mg de Cu, 30,00 mg de Co, 10,00 mg de Cr, 250,00 mg de Fe, 40,00 mg de I, 1,350,00 mg de Mn, 15,00 mg de Se, 1.700,00 mg de Zn, 710,00 mg de Fl (máximo).

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, em refeições iguais, às 08h e 16h, e tinham acesso *ad libitum* à água. A ingestão de alimento foi registrada diariamente e ajustada semanalmente de acordo com o peso do animal. Para calcular a ingestão de alimento individual, a ingestão de matéria seca foi dividida pela soma de peso dos animais por baia e depois multiplicada pelo peso de cada animal.

O Comitê de Ética e Bem-estar dos Animais da Universidade Federal de Minas Gerais, sob protocolo nº. 265/2013 aprovou previamente todos os procedimentos deste experimento de acordo com as diretrizes de bem-estar animal e ética.

#### 4.3.2 Reprodução

Quando os animais atingiram 32 kg de PV, foi realizado um protocolo hormonal de indução e sincronização de nove dias. O protocolo consistiu em uma administração de 5 mg de dinoprost trometamina (Lutalyse®, Pfizer, Guarulhos, Brasil) na área vulvo-vaginal e colocação de uma esponja intravaginal impregnada com 60 mg de medroxiprogesterona (Progespon®, Zoetis / Syntex, Buenos Aires, Argentina) no dia 0.

Oito dias após o início do protocolo, foi novamente administrado de 5 mg de dinoprost trometamina (Lutalyse®, Pfizer, Guarulhos, Brasil) na área vulvo-vaginal e foi aplicado 200 UI de gonadotrofina coriônica equina (Novormon®, Zoetis/Syntex, Buenos Aires Argentina) no músculo semitendíneo. Vinte e quatro horas após essas injeções, a esponja foi removida e as cabras foram levadas para outro galpão. Foram selecionados dois bodes, esses foram colocados em baias separadas (3 x 2m). As fêmeas foram consideradas no estro quando permitiram que fossem montadas. O acasalamento ocorreu a cada 12 horas após o início do estro até o final, sempre às 07 e 19h. Não mais do que três cabras foram sincronizadas para se acasalar com o mesmo bode no mesmo dia e obedecendo a um intervalo de três dias entre acasalamentos entre grupos. Após 24 dias do último acasalamento, um diagnóstico ultrassonográfico transretal de modo B com um transdutor linear de 5 MHz (Chison D600 Vet®, Chison, Jiang Su Province, China) foi feito para verificar a gestação.

#### 4.3.3 Mensuração da glândula mamária

A GM foi mensurada quinzenalmente, do desmame até 30 dias de gestação, sempre por um mesmo operador (treinado). O parênquima mamário (PAR) e a almofada de gordura mamária (AGM) foram mensuradas por ultrassonografia em modo B em tempo real (Chison D600 Vet®, Chison, Jiang Su Province, China) conectada a uma *probe* de 5,0 MHz. Duas imagens de cada glândula foram gravadas em formato *bitmap* (BMP) em um *pen drive* para análise posterior. Não foi feita a tricotomia, mas utilizou-se um gel de ultrassom Renygel®, Barbacena, Brasil) na área de avaliação para melhorar o contato com a *probe* e ajudar na

qualidade da imagem. Para conter os animais sem o uso de sedativos foi utilizado um canzil com capacidade para quatro animais.

Para a análise da glândula mamária utilizou-se as seguintes referências Ruberte et al. (1994); Nishimura et al. (2011) e Esselburn et al. (2015) como base. A *probe* foi colocada no lado caudal da inserção do teto, fazendo um ângulo de 45° para visualizar o PAR e a AGM. Uma pressão mínima foi aplicada para evitar deformar o órgão e a variação do tamanho. Para a captura de imagens, foi considerada estrutura do PAR. Quando os animais eram jovens, o PAR apareceu como uma estrutura redonda ou oval cercada por AGM. Com o crescimento perdeu suas definições claras e se espalhou extensivamente e de forma irregular. Foi escolhido avaliar até 30 dias de prenhez porque o PAR e a AGM poderiam ser visualizados na mesma imagem de ultrassom (Campolina, 2016).

#### 4.3.4 Processamento da imagem digital

As imagens das glândulas mamárias salvas foram digitalizadas e transformadas em *pixels*. O valor desses *pixels* varia em uma escala de cinza 256 sendo de 0, para preto e 255 para branco. Estruturas densas que refletem mais a onda de ultrassom apresentam maiores valores e imagens mais brancas, chamadas imagens hiperecóticas. Essas estruturas podem ser ossos, ligamentos ou tecido adiposo. Quando não há pouca reflexão, os valores de *pixels* são baixos e as imagens mais escuras, produzindo uma imagem hipoecótica, como os músculos e o parênquima das glândulas mamárias. Os *pixels* foram convertidos em centímetro usando as marcas de ultrassom para definir quantos *pixels* havia em um centímetro (Campolina, 2016).

A escala foi estabelecida para ter 53 *pixels* em um centímetro. Isso permitiu converter a área de *pixels* ao quadrado na área de centímetros ao quadrado, permitindo verificar o tamanho da glândula mamária. Como a gordura foi visualizada como uma área hiperecótica e parênquima como uma área hipoecótica supunham-se que uma imagem de contraste mais branca, continha mais gordura e imagem de contraste mais escura, mais parênquima. As imagens foram analisadas no *ImageJ* (*National Institutes of Health, National Research Council - US*) 2007 (<http://imagej.nih.gov/ij/index.html>), para determinar a área PAR, em cm<sup>2</sup> e perímetro, em cm, usando o cursor para separar a área estudada e o valor da intensidade cinza. O valor médio, cinza médio e médio foi utilizado para verificar se havia mais parênquima ou gordura na seção analisada (Campolina, 2016).

### 4.3.5 Detecção do primeiro estro

Para a detecção exata do dia em que as cabritas entraram no primeiro estro (puberdade) foi coletado sangue a cada sete dias. O método utilizado para coleta de sangue foi por venopunção da veia jugular, utilizando-se agulha 25 x 8 mm e tubo de plástico de coleta a vácuo com heparina (*Labor Import®*, Osasco, Brasil). Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 3.000 rotações por minuto (rpm) durante 10 minutos para separação do plasma, e esse colocado em frascos do tipo *eppendorfs* e armazenado a -20°C para dosagem de progesterona pelo método radioimunoensaio com kit *Progesterone ct (Icn pharmaceutical, Costa Mesa, CA, USA)*.

### 4.3.6 Análise estatística

Para as análises de crescimento da área de GM (cm<sup>2</sup>), além dos quatro níveis de PB na dieta, foi considerado também o tipo de nascimento (TN), simples ou múltiplo. Essas análises, portanto, foram conduzidas em fatorial 4×2 em um delineamento inteiramente casualizado.

Foram utilizados 70 (4), 91 (5), 53 (4), 90 (5), 63 (4), 93 (6), 57 (4) e 72 (5) observações (37 animais) para as combinações das combinações fatoriais (PB×TN) 1×1, 1×2, 2×1, 2×2, 3×1, 3×2, 4×1 e 4×2, respectivamente.

Devido a observação do comportamento dos dados, foi considerado testar apenas o modelo exponencial Eq. (13) combinado com diferentes estruturas e funções de variância.

$$A_{Y_t} = Y_0 \exp(kt) \quad \text{Eq. (13)}$$

$$Y_{ij} = f(\Theta_i, t_{ijk}) + e_{ijk} \quad \text{Eq. (14)}$$

Onde  $Y_0$  é a estimativa da área de GM inicial (nascimento) e  $k$  é a taxa de crescimento da GM. De acordo com a Eq. (14)  $Y_{ij} = A_{Y_t} = f(\Theta_{in}, t_{injk})$  que significa área estimada de GM em função do tempo ( $t$ ). O vetor  $\Theta'$  é o vetor transposto dos parâmetros do

modelo de crescimento exponencial utilizado para *GM*, ou seja,  $\Theta' = [\theta_1 \ \theta_2]$  Eq. (13). As cabritas foram consideradas as unidades experimentais aleatórias ( $u_{j(in)}$ ), sendo a área de glândula mamária ( $\text{cm}^2$ ) na  $j$ -ésima cabrita observada no  $k$ -ésimo tempo. Assim, foram utilizados  $j = 1, \dots, l_j$  ( $PB \times TN$ : 4 ( $1 \times 1$ ), 5 ( $1 \times 2$ ), 4 ( $2 \times 1$ ), 5 ( $2 \times 2$ ), 4 ( $3 \times 1$ ), 6 ( $3 \times 2$ ), 4 ( $4 \times 1$ ) e 5 ( $4 \times 2$ )) unidade experimentais para cada combinação fatorial  $i \times n$  ( $PB \times TN$ ), e  $k = 1, \dots, l_k$  ( $1 \times 1$  (14 a 22),  $1 \times 2$  (14 a 22),  $2 \times 1$  (10 a 15),  $2 \times 2$  (17 a 19),  $3 \times 1$  (10 a 15),  $3 \times 2$  (13 a 19),  $4 \times 1$  (13 a 17) e  $4 \times 2$  (13 a 16)) tempos tomados como medidas repetida para cada cabra dentro de cada combinação  $i \times n$ . As combinações fatoriais ( $i \times n$ ) foram consideradas efeitos fixos, o que totalizaram oito tratamentos. A notação matricial foi:

$$\Theta_{ijl} = \begin{bmatrix} \theta_{111} \\ \theta_{211} \\ \theta_{112} \\ \theta_{212} \\ \vdots \\ \theta_{242} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1\alpha_{11} + x_2\alpha_{12} + x_3\alpha_{13} + x_4\alpha_{14} + w_1\beta_{11} + w_2\beta_{12} \\ x_1\alpha_{21} + x_2\alpha_{22} + x_3\alpha_{23} + x_4\alpha_{24} + w_1\beta_{21} + w_2\beta_{22} \\ x_1\alpha_{11} + x_2\alpha_{12} + x_3\alpha_{13} + x_4\alpha_{14} + w_1\beta_{11} + w_2\beta_{12} \\ x_1\alpha_{21} + x_2\alpha_{22} + x_3\alpha_{13} + x_4\alpha_{24} + w_1\beta_{21} + w_2\beta_{22} \\ \vdots \\ x_1\alpha_{21} + x_2\alpha_{22} + x_3\alpha_{43} + x_4\alpha_{24} + w_1\beta_{21} + w_2\beta_{22} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{11(in)} \\ u_{21(in)} \\ u_{11(in)} \\ u_{21(in)} \\ \vdots \\ u_{2l_j(42)} \end{bmatrix} \quad \text{Eq. (15)}$$

Para os parâmetros ( $h$ ) da Eqs. (13) foram atribuídos os efeitos fixos de nível de proteína na dieta ( $\alpha_{hi}$ ) e  $\beta_{hn}$  os efeitos aleatórios em cada parâmetro  $\forall h = 1$  e 2 (Eq. (13)). Para as variáveis de incidência  $x_i$  e  $w_i$  foram atribuídos valor zero (0) ou um (1) para produzir o nível desejado de combinação entre os fatores  $i \times n$ .

Como forma de acomodar a variação associada às medições repetidas no tempo na mesma unidade experimental, foi utilizada a estrutura de covariância denominada autorregressiva contínua de ordem 1 (*CorCARI*), conforme as recomendações de Pinheiro e Bates (2000). E para modelar a variância ( $\sigma_{Y_t}^2$ ) foram utilizadas as seguintes funções de variância:

$$\sigma_{Y_t}^2 = \sigma_0^2 \quad \text{Eq. (16)}$$

$$\sigma_{Y_t}^2 = \sigma_0^2 (R(t))^{2\psi} \quad \text{Eq. (17)}$$

$$\sigma_{Y_t}^2 = \sigma_0^2[\exp(ct)] \quad \text{Eq. (18)}$$

Na Eq. (16) pressupõe homocedasticidade da variância (homogênea), sendo, portanto, o desvio padrão elevado ao quadrado ( $\sigma_0^2$ ). Na Eq. (17) é assumido uma variância escalonada (*VarPower*) em função de  $M_t$  com a constante de escalonamento  $\psi$  (adimensional). Na Eq. (18)  $\sigma_0^2$  é variância residual ou inicial, sendo assumido um aumento da variância inicial em relação ao tempo ( $t$ ) com uma taxa específica crescente ( $c, d^{-1}$ ).

Foram realizadas combinações do efeito aleatório nos parâmetros do modelo. Essas combinações foram ajustadas com uso da função “*nonlinear mixed-effects model*” (modelo de efeito misto não linear) do pacote *nlme* do programa de uso livre R (PINHEIRO e BATES, 2000).

A qualidade do ajuste dos modelos foi avaliada pelo critério de informação de Akaike (Akaike, 1974) corrigido para pequenas amostras (*AICc*) a partir da derivada de uma variante de segunda ordem do AIC (SUGIURA, 1978) Eq. (19).

$$AICc = n \times \ln(SQR/n) + 2\theta + 2\theta \times (\theta + 1/n - \theta - 1) \quad \text{Eq. (19)}$$

Onde *SQR* é soma dos quadrados do erro,  $\theta$  é número de parâmetros estimados, ao qual é incluído também os parâmetros da estrutura e da função de variância,  $n$  é o tamanho amostral.

Além do *AICc* foram utilizadas funções derivadas deste, conforme as recomendações de Burnham e Anderson (2004) para auxiliar na escolha do modelo mais provável:

$$\Delta = AICc - \min AICc \quad \text{Eq. (20)}$$

$$w = \exp(-\Delta/2) / \sum \exp(\Delta/2) \quad \text{Eq. (21)}$$

$$ER = \frac{\max w}{w} \quad \text{Eq. (22)}$$

Na Eq (20) o termo  $\min AICc$  significa o menor valor de  $AICc$  entre todos modelos testados para uma variável, e dessa forma, é possível obter um  $\Delta$  para cada modelo. Em seguida, com o  $\Delta$  de cada modelo é possível calcular a probabilidade de verossimilhança ( $w$ ) para cada um do grupo de modelos testados (Eq. (21)). Por fim, a razão de evidência ( $ER$ ) de cada modelo pode ser computada a partir da razão entre o maior valor de  $w$  ( $\max w$ ) de desse grupo de modelo e  $w$  de cada modelo (Eq. (22)) (Vieira et al., 2012).

Considera-se que um modelo tenha capacidade semelhante a outro de imitar o comportamento dos dados observados com mínima perda de informação, quando os valores de  $\Delta$ , estiverem entre 0 e 2. Pode ser utilizado o critério de parcimônia para escolha do melhor modelo entre esses valores (escolha do modelo com o menor número de parâmetros). Valor  $2 < \Delta \leq 10$  significa que o desempenho do modelo foi razoável, e valor  $\Delta > 10$  é considerado modelo que falhou na reprodução dos dados (Burnham e Anderson, 2004; Vieira et al., 2012). O modelo com  $ER = 1$  é recomendado como o melhor, os modelos com valores de  $1 < ER \leq 20$  são considerados modelos menos prováveis e aqueles cujo  $ER > 20$  são as piores escolhas.

Para comparação das médias de crescimento da glândula mamária de cada tratamento e fase de pré e pós-púbere foi utilizado o teste de SNK a 5% de significância em parcela subdividida. Uma vez que, os dados não apresentaram normalidade, utilizou-se a transformação para base  $\log_{10}$ . Foi utilizado o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + (\tau\beta)_i + \gamma_j + (\beta\gamma)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad \text{Eq. (23)}$$

Onde o  $Y_{ijk}$  é o valor observado na subparcela  $j$ , da parcela  $i$  e repetição  $k$ , o  $\mu$  é a média geral, o  $\beta_i$  é o fator da parcela principal, o  $(\tau\beta)_i$  é o erro da parcela principal, o  $\gamma_j$  é o fator da subparcela, o  $(\beta\gamma)_{ij}$  é a interação entre  $\beta_i$  e  $\gamma_j$  e o  $\varepsilon_{ijk}$  é o erro da subparcela.

Para a comparação dos dados da fase de cio natural e cio induzido foi utilizado análise de variância, lembrando que 16 cabritas manifestaram o cio natural e 21 cabritas foram submetidas a protocolos hormonais.

#### 4.4 Resultados

Para o crescimento da área total da glândula mamaria (área) o melhor modelo ajustado foi o exponencial Eq (13), com função de variância escalonada Eq (17) e estrutura de variância autorregressiva de ordem 1 (CorCAR1) descrito na tabela 9.

**Tabela 9.** Critério de informação para avaliação dos modelos de crescimento utilizado para descrever a área total das glândulas mamárias de cabritas Saanen submetidas a quatro níveis de proteína bruta na dieta e de tipo de nascimento diferentes (simples e múltiplos)

Modelos	F. Var. <sup>‡</sup>	E. Var. <sup>†</sup>	E. A. <sup>§</sup>	$AICc^1$	$\Delta^2$	$w^3$	$ER^4$	$\theta^5$
Exponencial <sup>#</sup>	<i>VarPower</i>	<i>CorCar1</i>	$k$	1705.3	0	0.74374	1	27
Exponencial <sup>§</sup>	<i>VarPower</i>	<i>CorCar1</i>	$Y_0, k$	1707.5	2.1	0.2562	2.9	28

<sup>‡</sup> modelo que apresentou ser provável para explica o comportamento dos dados observados; <sup>#</sup> modelo mais provável; <sup>‡</sup> Função de variância (*VarPower* ou escalonada); <sup>†</sup> Estrutura de variância - *CorCar1* - Auto regressiva contínua de ordem 1; <sup>§</sup> Efeito aleatório testados nos parâmetros do modelo; <sup>#</sup> modelo mais provável; <sup>§</sup> Efeito aleatório (E. A.) testados nos parâmetros dos modelos, sendo “ $Y_0, k$ ” parâmetros do modelo exponencial; <sup>1</sup> $AICc$  é o critério de informação de Akaike corrigido para pequenas amostras; <sup>2</sup>  $\Delta$  é a diferença do valor de  $AICc$ ; <sup>3</sup>  $w$  é a probabilidade de verossimilhança do modelo; <sup>4</sup>  $ER$  é a razão de evidência calculada para cada modelo testado; <sup>5</sup>  $\theta$  são os parâmetros dos modelos; <sup>§</sup> os intervalos dos parâmetros não foram estimados

Os intervalos de confiança dos parâmetros do modelo exponencial Eq (13) para a área total da GM, nascidas de gestação simples ou múltipla e submetidas a níveis de proteína PB na dieta (PB<sub>d</sub>), combinados com a função de variância escalonada (*VarPower*) e a estrutura de variância auto regressiva contínua de ordem 1 (*CorCar1*) estão descritas na tabela 10.

**Tabela 10.** Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo Exponencial ( $Y_0$  e  $k$ ), sendo esse modelo o mais provável para crescimento da área total das glândulas mamárias de cabritas Saanen nascidas de gestação (TN) simples (TN=1) ou múltiplas (TN=2) e submetidas

a níveis de proteína PB na dieta ( $PB_d$ ), combinados com a função de variância escalonada (VarPower) e a estrutura de variância autorregressiva contínua de ordem 1 (CorCar1)

$PB_d \times TN$	IC95% - Média (Limite inferior; Limite superior)	
	Parâmetros	
	$Y_0$	$k$
15×1	0,34 (0,16; 0,53)	0,0144 (0,0104; 0,0183)
15×2	0,17 (0,02; 0,32)	0,0191 (0,0139; 0,0244)
17×1	0,10 (0,02; 0,18)	0,0227 (0,0177; 0,0276)
17×2	0,06 (0,02; 0,10)	0,0228 (0,0190; 0,0266)
18×1	0,07 (0,0002; 0,14)	0,0255 (0,0197; 0,0312)
18×2	0,04 (-0,01; 0,09)	0,0281 (0,0223; 0,0339)
19×1	0,06 (-0,03; 0,16)	0,0265 (0,0187; 0,0344)
19×2	0,04 (-0,01; 0,09)	0,0301 (0,0235; 0,0367)

Não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os períodos pré e pós púbere, mas houve diferença ( $p < 0,05$ ) entre os planos nutricionais 3 e 4 quando comparado a fase de pré púbere com pós púbere (tabela 11).

**Tabela 11.** Médias e desvio padrão do crescimento de glândula mamária ( $\text{cm}^2 \cdot \text{dia}^{-1}$ ) conforme dieta e a fase de crescimento de cabras

Dieta	Fase de Crescimento		
	Pré Púbere	Pós Púbere	Média
T1	4,4 ±1,03Aa	5,9 ±0,60Aa	5,2 ±1,11
T2	3,9 ±1,35Aa	6,3 ±2,02Aa	5,1 ±2,07
T3	4,4 ±2,04Ba	9,7 ±3,38Aa	7,1 ±3,83
T4	5,0 ±1,44Ba	8,6 ±1,77Aa	6,8 ±2,41
<b>Média</b>	<b>4,4 ±1,52</b>	<b>7,7 ±2,68</b>	<b>6,1 ±2,70</b>

Letras maiúsculas faz comparação nas linhas, letras minúsculas faz comparação nas colunas. Teste SNK, 5% de significância, CV=19.07.

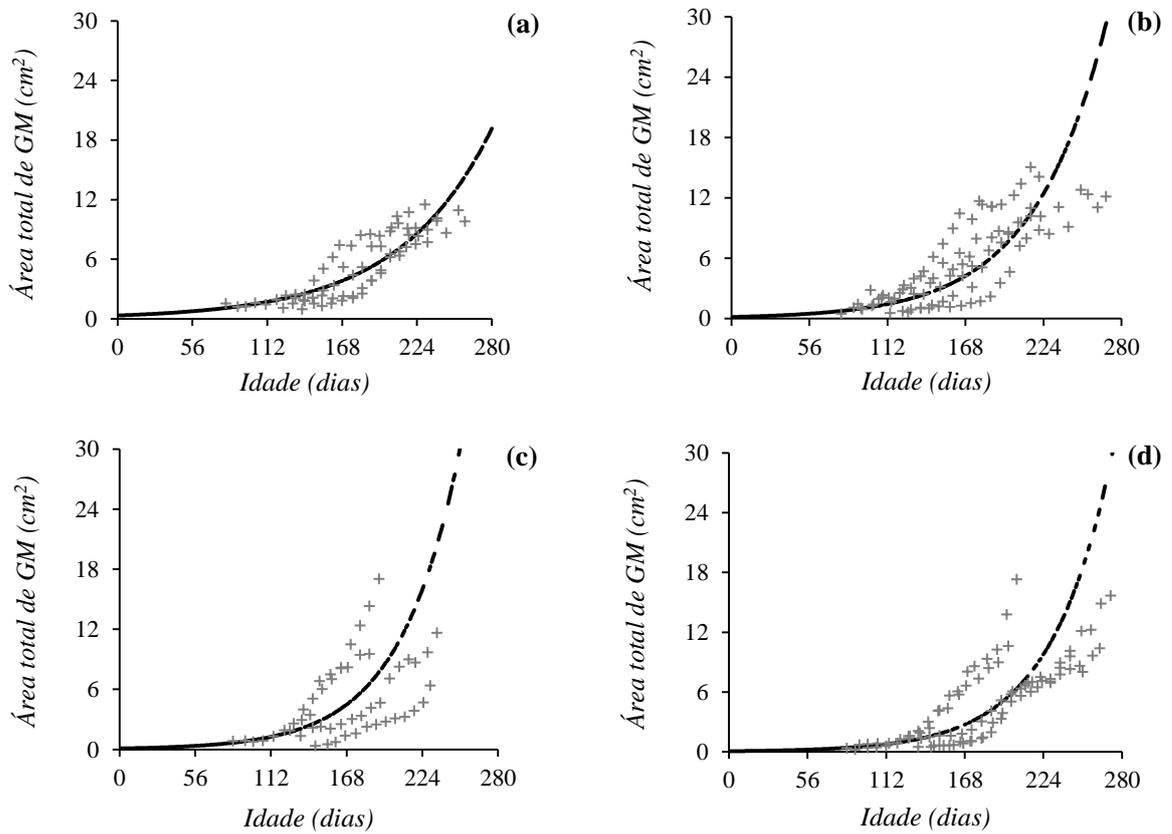
Na tabela 12 observa-se o crescimento da GM nos animais que manifestaram o primeiro estro natural e os animais que foram induzidos através de protocolo hormonal, onde nota-se que não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

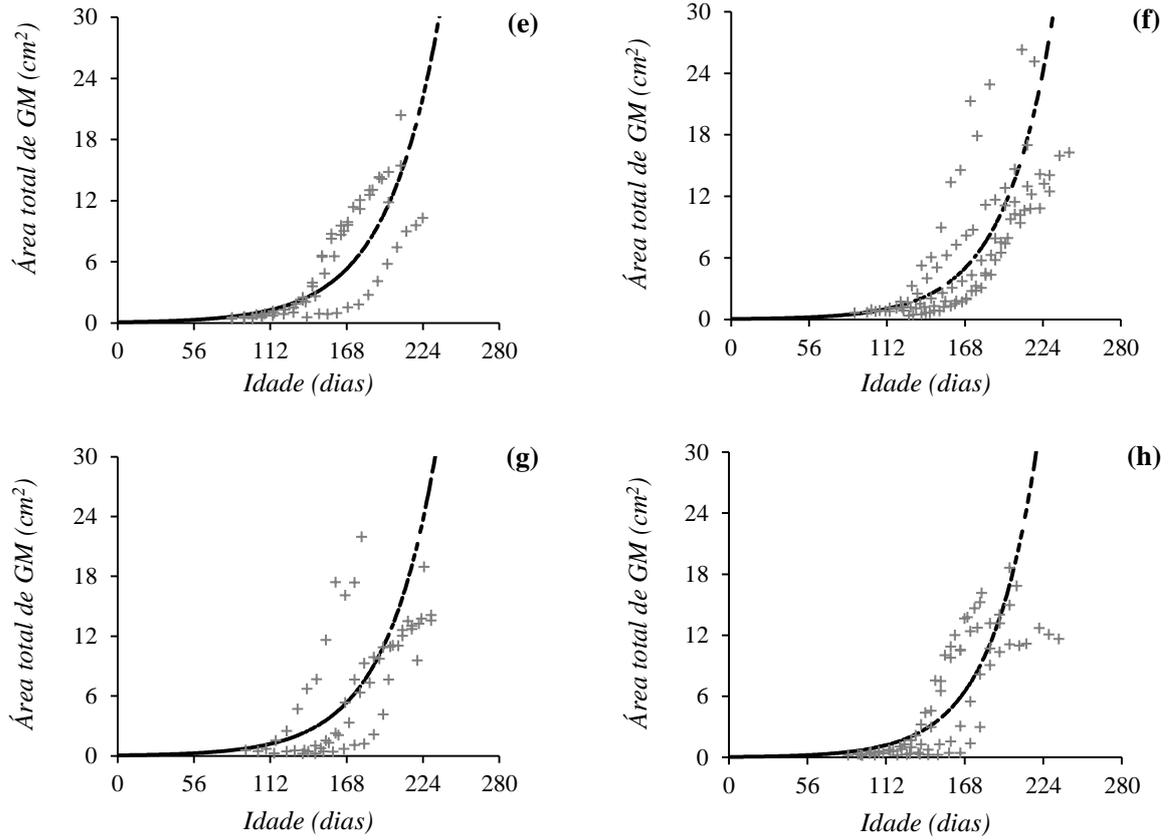
**Tabela 12.** Média e desvio padrão de crescimento da glândula mamária conforme o tipo de puberdade

	Natural	Induzido	Média	p-value
Número de animais	16	21	37	
Média ( $\text{cm}^2 \cdot \text{dia}^{-1}$ )	5,8±2,85	6,3±2,59	6,1±2,7	0,825 NS

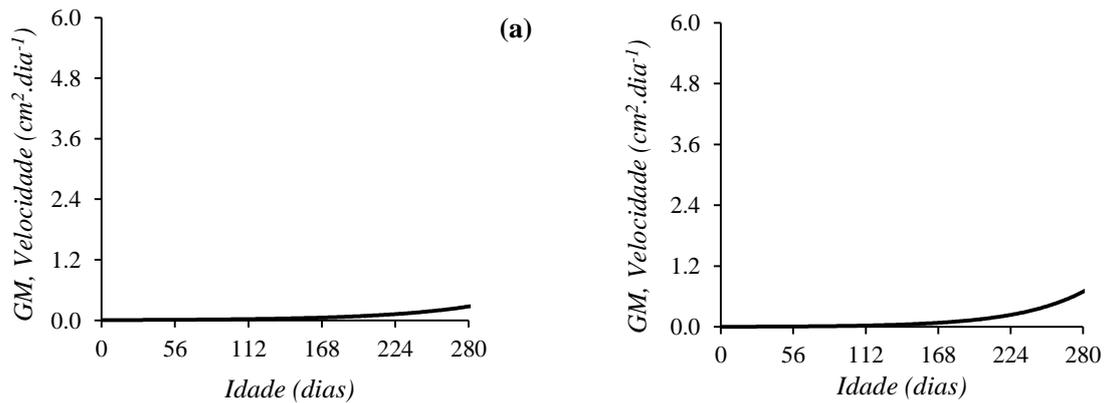
Os gráficos da figura 10 descrevem os dados observados e os valores estimados pelo modelo exponencial Eq (13) para área total da GM, onde cada gráfico descreve um fator PB dietética x Tipo de nascimento.

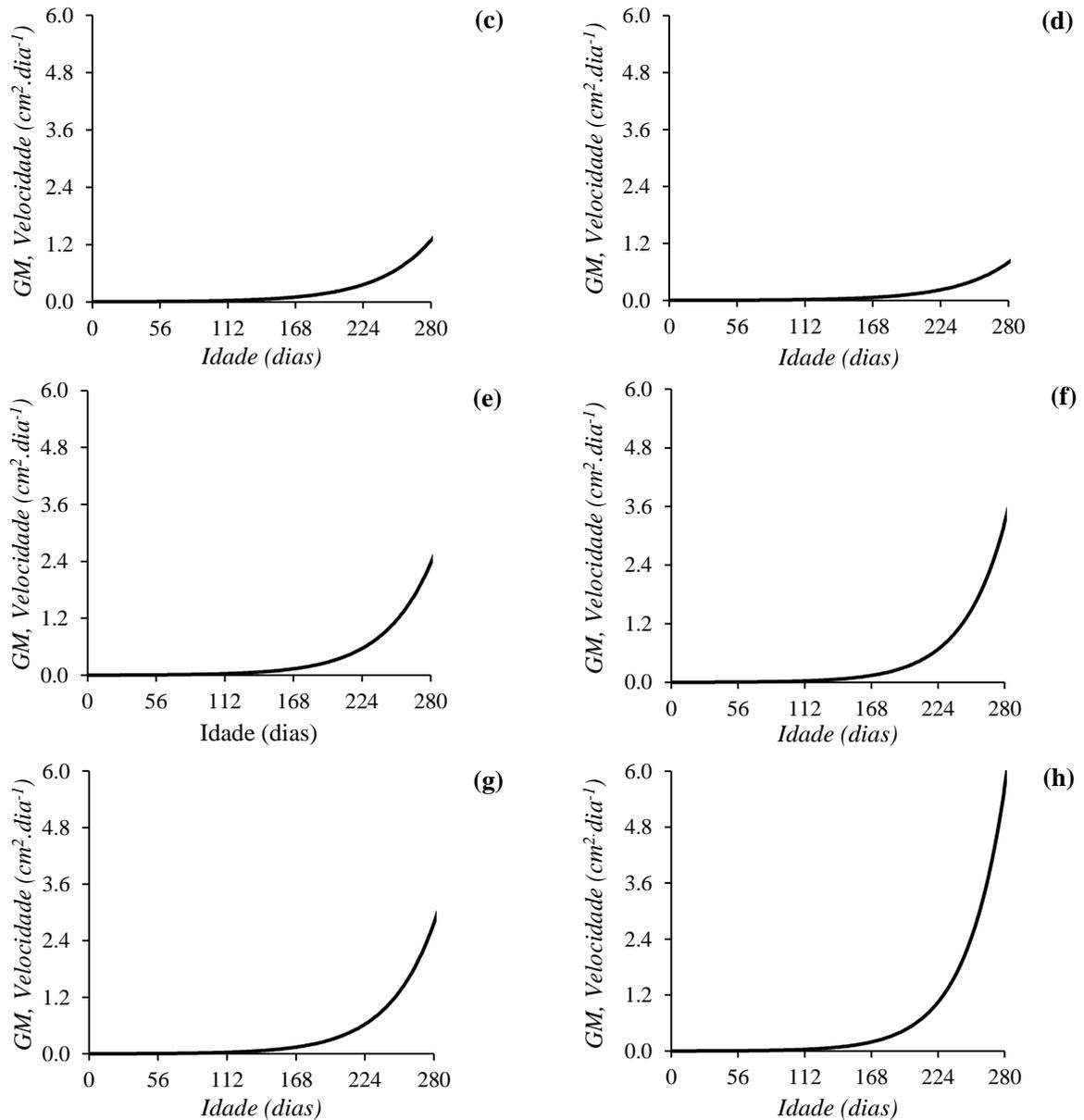
A figura 11 demonstra os gráficos de velocidade de crescimento, esses dados foram obtidos através da estimativa da primeira derivada ( $dy/dt$ ) do modelo exponencial Eq (13). Os gráficos respeitaram os fatores PB dietética x Tipo de nascimento.





**Figura 10.** Crescimento da soma das duas glândulas mamárias para cada fator (teor de PB dietética×tipo de nascimento). Painel (a) fator 1×1, painel (b) fator 1×2, painel (c) 2×1, painel (d) 2×2; painel (e) 3×1; painel (f) 3×2; painel (g) 4×1; painel (h) 4×2. As linhas contínuas são as estimativas do modelo exponencial, e (+) são os observados.





**Figura 11.** Velocidade de Crescimento das duas glândulas mamárias (GM) para cada fator (teor de PB dietética×tipo de nascimento). Painel (a) fator 1×1, painel (b) fator 1×2, painel (c) 2×1, painel (d) 2×2; painel (e) 3×1; painel (f) 3×2; painel (g) 4×1; painel (h) 4×2. As linhas contínuas são as estimativas da primeira derivada ( $dy/dt$ ) modelo exponencial

#### 4.5 Discussão

O modelo exponencial, com função de variância escalonada e estrutura de variância autorregressiva de ordem 1 foi o que melhor ajustou para o crescimento da GM. É observado maior crescimento da GM dos animais oriundos de gestação gemelar em relação àqueles de gestação simples. Esse comportamento pode ser justificado através do ganho compensatório que as crias de gestação múltipla apresentam durante a fase de crescimento. O crescimento e desenvolvimento GM devem ser bem acompanhados, uma vez que, estão diretamente

correlacionados com a capacidade produtiva das futuras cabras em lactação. O uso de modelos permite selecionar de forma precoce os animais, pois estimam valores de crescimento.

A GM apresenta dois tipos de crescimento, sendo eles: crescimento isométrico e alométrico. O crescimento isométrico ocorre quando o tecido mamário desenvolve-se 1,6 vezes mais rápido que o desenvolvimento do corpo do animal, já o crescimento alométrico o tecido mamário desenvolve-se 3,5 vezes mais rápido (Coelho et al., 2010). A primeira fase do crescimento isométrico ocorre do nascimento da fêmea até o 2º mês de idade (Meyer et al., 2006). Essa fase é bem nítida na figura 10 onde o modelo estima crescimento da GM do nascimento até o animal adulto sendo possível observar então um crescimento bem sutil nos 60 dias iniciais.

A primeira fase do crescimento alométrico compreende do 3º mês de idade até o início da atividade cíclica na puberdade (Sinha e Tucker, 1969; Sejrsen, 1994). Na figura 10 observa-se um crescimento mais acentuado no período de 60 a 250 dias de idade, o qual esse descreve a primeira fase do crescimento alométrico. Ao final dessa fase a massa total da GM é composta aproximadamente de 30% de parênquima, dentre estes aproximadamente de 10 a 20% são células epiteliais, 40 a 50% tecido conectivo e 40 a 50% de células adiposas. A segunda fase de crescimento isométrico compreende da puberdade até a concepção, onde ocorre o mínimo desenvolvimento da GM (Sejrsen, 1994; Sejrsen et al., 2000; Tucker, 2000; Akers, 2002).

O crescimento da GM na fase pré púbere não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos (tabela 11). Whitlock et al. (2002) trabalhando com novilhas holandesas alimentadas com diferentes níveis proteicos (13,7; 16,2 e 18,8% de PB) não encontraram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) no crescimento da GM na fase pré púbere. Villeneuve et al. (2010) trabalhando com borregas Dorset alimentadas com três planos nutricionais distintos, *ad libitum*, restrita com forragem de média qualidade e restrita com forragem de alta qualidade observaram que não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) no desenvolvimento da GM nos tratamentos com restrição. Os autores relataram que os animais do tratamento *ad libitum* apresentaram maior deposição de gordura na GM em relação aos tratamentos com restrição. A utilização de dietas com níveis de nutrientes acima do recomendado pelos comitês de exigência nutricional, pode acarretar maior deposição de gordura na GM.

Alguns autores relatam que o ganho de peso excessivo em novilhas leiteiras, apresenta efeito negativo na futura lactação comprometendo assim a produtividade do sistema (Little and Kay, 1979; Foldager and Sejrsen, 1991). O mesmo efeito negativo nas lactações futuras é encontrado para borregas que recebem uma superalimentação (Umberger et al., 1985; McCann et al., 1989). Como não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os planos nutricionais, sugere-se o uso da concentração de PB na dieta de cabritas em crescimento segundo o NRC (2007), evitando-se assim uma superalimentação e conseqüentemente o comprometimento da produção leiteira na lactação futura.

Os animais que apresentaram maior taxa de crescimento da GM foram os do tratamento com 19% de PB<sub>d</sub> e filhos de gestação múltipla. A velocidade de crescimento da GM das cabritas foi maior (mais rápido) nos animais do tratamento com 19% de PB<sub>d</sub> e filhas de gestação múltipla (figura 11). A tabela 10 descreve que não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os planos nutricionais na fase pré e pós púbere, mas houve diferença ( $p < 0,05$ ) entre pré e pós púbere nos tratamentos com 18 e 19% de PB<sub>d</sub>. Na caprinocultura leiteira segundo Ribeiro (1997) as despesas com a alimentação podem atingir de 50 a 60% dos custos, dependendo do manejo podem atingir até 80%, logo a utilização de 18% de proteína pode reduzir o custo da dieta, visto que os ingredientes proteicos, apesar de comporem menor parcela das rações, são notadamente mais caros que os energéticos.

Não houve diferença no crescimento da GM de cabritas que manifestaram cio natural ou que tiveram o cio induzido através de protocolos hormonais (tabela 12), isso auxilia na tomada de decisão do técnico em relação às técnicas de indução de cio para melhorar o manejo reprodutivo do rebanho. Segundo Lérias et al. (2014) alguns hormônios como estrógeno, progesterona, prolactina, oxitocina, entre outros modificam o estado reprodutivo, tendo efeito no desenvolvimento da GM. Esse trabalho pode justificar o fato de não haver diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre cio natural e induzido, uma vez que o induzido utiliza-se protocolos hormonais.

Ellis et al. (1998) trabalhando com ovelhas relataram que os ovários não eram necessários para o crescimento alométrico do parênquima mamário nas primeiras 13 semanas de vida. Os mesmos autores observaram aumento na síntese de DNA no epitélio mamário após administrar doses de estrógeno nas ovelhas na fase pré-púbere. Os dados relatados pelos autores acima difere dos encontrados por Dessauge et al. (2009), que ao trabalhar com cabras, observaram que o desenvolvimento da GM foi afetado negativamente na fase pré-púbere

quando feito o procedimento de ovariectomia. De acordo com o apresentado por esses autores fica evidenciado, que a produção natural ou administração de hormônios sintéticos irá influenciar de forma positiva o desenvolvimento da GM.

#### **4.6 Conclusão**

O modelo exponencial pode ser utilizado para estimar crescimento da glândula mamária de cabritas Saanen em crescimento.

O crescimento pré-púbere da glândula mamária não sofreu interferência dos diferentes ganhos de peso.

#### **4.7 Referência Bibliográfica**

- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, v.19, p.716–723, 1974.
- AKERS, R. M. *Lactation and the mammary gland*. 2.ed. Iowa: Iowa State University Press, p.278, 2002.
- CAMPOLINA, J. P. Dairy goat nutritional management and its consequences in milk production and mammary gland. 2016. 121f. Dissertação – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2016.
- CHIZZOTTI, M.L.; NETO, O. R. M.; LADEIRA, M.M. et al. Modelagem e meta análise em zootecnia: aplicação prática para a bovinocultura de corte brasileira. In: IV SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE E VIII SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, Viçosa. Anais... Viçosa, p.197-207, 2012.
- COELHO, S. G. Formação da glândula mamária e seu impacto na produção de leite. In: ELZÂNIA SALES PEREIRA. (Ed). *Novilhas Leiteiras*. Fortaleza – CE. Graphiti Gráfica e Editora Ltda, 2010, p.115-135.
- ELLIS, S.; MCFADDEN, T. B.; AKERS, R. M. Prepubertal ovine mammary development is unaffected by ovariectomy. *Domestic Animal Endocrinology*, n.15, p.217–225, 1998.

- DESSAUGE, F.; FINOT, I.; WIART, S.; AUBRY, J. M.; ELLIS S. E. Effects of ovariectomy in prepubertal goats. *Journal of Physiology Pharmacology*, n.60, p.127–133, 2009.
- ESSELBURN, K. M.; HILL, T. M.; BATEMAN, H. G.; MOELLER, S. J.; O’DIAM, K. M.; DANIELS, K. M. Examination of weekly mammary parenchymal area by ultrasound, mammary mass, and composition in Holstein heifers reared on 1 of 3 diets from birth to 2 months of age. *Journal of Dairy Science*, v. 98, n. 8, p. 5280–5293, ago. 2015.
- FOLDAGER, J.; SEJRSEN, K. Rearing intensity in dairy heifers and the effect on subsequent milk production. Report from the National Institute of Animal Science. Foulum, Denmark, n.693, p.131, 1991.
- LÉRIAS, J. R.; CASTELLANO, L. E. H.; TRUJILLO, A. S.; CASTRO, N.; POURLIS, A.; ALMEIDA, A. M. The mammary gland in small ruminants: major morphological and functional events underlying milk production – a review. *Journal of Dairy Research*, v. 81, n. 03, p. 304–318, 2014.
- LITTLE, W.; KAY, R. M. The effects of rapid rearing and early calving on the subsequent performance of dairy heifers. *Animal Production*, v.29, p.131–142, 1979.
- MCCANN, M. A.; GOODE, L.; HARVEY, R. W.; CARUOLO, E. V.; MANN, D. L. Effects of rapid weight gain to puberty on reproduction, mammary development and lactation in ewe lambs. *Theriogenology* n.32, p.55–68, 1989.
- MEYER, M. J.; CAPUCO, A. V.; ROSS, D. A. Developmental and nutritional regulation of the prepubertal haiffer mammary gland: I Parenchyma and fat pad mass and composition. *Jornal of Dary Science*, v.89, p.4289-4297, 2006a.
- NISHIMURA, M.; YOSHIDA, T.; EL-KHODERY, S.; MIYOSH, M.; FURUOKA, H.; YASUDA, MIYAHARA, K. Ultrasound Imaging of Mammary Glands in Dairy Heifers at different stages of growth. *The journal of Veterninary Medical Science*, v. 73, n. 1, p. 19–24, jan. 2011.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (U.S.) (Ed) (2007) ‘Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids.’ (National Academies Press: Washington, D.C).
- PINHEIRO, J. C.; BATES, D. M. *Mixed-Effects Models in S and SPLUS*, New York, USA: Springer, 2000.

- RIBEIRO, S.D.A. Caprinocultura: criação racional de caprinos. São Paulo: Nobel, 1997. 311p.
- RUBERTE, J.; CARRETERO, A.; FERNÁNDEZ, M.; NAVARRO, M.; CAJA, G.; KIRCHNER, F.; SUCH, X. Ultrasound mammography in the lactating ewe and its correspondence to anatomical section. *Small Ruminant Research*, v. 13, p. 199–204, 1994.
- SEJRSEN, K. Relationships between nutrition, puberty and mammary development in cattle. *Proceedings of the Nutrition Society*, v.53, p.103-111, 1994.
- SEJRSEN, K.; PURUP, S.; VESTERGAARD, M. High body weight gain and reduced bovine mammary growth: physiological basis and applications for milk yield potential. *Domestic Animal Endocrinology*, v.19, p.93-104, 2000.
- SINHA, L. F. P.; TUCKER, H. A. Mammary development and pituitary prolactin level of heifers from birth through puberty and during the estrous cycle. *Journal of Dairy Science*, v.52, p.507-512, 1969.
- SUGIURA, N. Further analysis of the data by Akaike's information criterion and the finite corrections. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, n.7, p.13–26, 1978.
- TUCKER, H. A. Hormones, mammary growth, and lactation: a 41-year perspective. *Journal of Dairy Sciences*, v.83, p.874-884, 2000.
- UMBERGER, S. H.; GOODE, L.; CARUOLO, E. V.; HARVEY, R. W.; BRITT, J. H.; LINNERUD, A. C. Effects of accelerated growth during rearing on reproduction and lactation in ewes lambing at 13 to 15 months of age. *Theriogenology*, n.23, p.555–564, 1985.
- VILLENEUVE, L.; CINQ-MARS, D.; LACASSE, P. Effects of restricted feeding of prepubertal ewe lambs on growth performance and mammary gland development. *Animal*, v.4, n.06, p.944, 2010.
- WHITLOCK, B. K.; VANDEHAAR, M. J.; SILVA, L. F. P.; TUCKER, H. A. Effect of Dietary Protein on Prepubertal Mammary Development in Rapidly Growing Dairy Heifers. *Journal of Dairy Sciences*, v.85, p. 1516–1525, 2002.
- ZUNDT, M.; MACEDO, F. A. F.; MARTINS, E. N.; MEXIA, A. A.; YAMAMOTO, S. M. Desempenho de Cordeiros Alimentados com Diferentes Níveis Proteicos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.3, p.1307-1314, 2002.

## CAPÍTULO 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES FUTURAS

O uso da modelagem em experimentação animal serve como uma ótima ferramenta para os pesquisadores. A modelagem também contribui para uma pré seleção dos animais que irão compor o rebanho em um determinado sistema de produção.

O uso da modelagem para acompanhar o desenvolvimento da glândula mamária de cabritas, é um assunto novo e demanda novas pesquisas para melhorar sua aplicabilidade na pesquisa e no sistema de produção.

### ANEXO



**UFMG**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**CEUA**

COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

Senhor(a) Professor(a) IRAN BORGES,

Após análise de sua solicitação de avaliação do projeto Manejo nutricional de cabras leiteiras e suas consequências na produção leite e glândula mamária, submetido a esta comissão pelo protocolo 265 / 2013, a CEUA decidiu **aprovar** a sua solicitação.

Justificativa: Aprovado na reunião do dia 02/12/2013.

Para acessar ao seu projeto clique no link:  
<https://www.ufmg.br/bioetica/cetea/ceua/>  
 Belo Horizonte, 03/12/2013.

Atenciosamente.

Sistema CEUA-UFMG  
<https://www.ufmg.br/bioetica/cetea/ceua/>  
 Universidade Federal de Minas Gerais  
 Avenida Antônio Carlos, 6627 – Campus Pampulha  
 Unidade Administrativa II – 2º Andar, Sala 2005  
 31270-901 – Belo Horizonte, MG – Brasil  
 Telefone: (31) 3499-4516 – Fax: (31) 3499-4592  
[www.ufmg.br/bioetica/cetea](http://www.ufmg.br/bioetica/cetea) - [cetea@prpq.ufmg.br](mailto:cetea@prpq.ufmg.br)