

Universidade Federal de Minas Gerais

Luigi Francis Lima Cavalcanti

**DIGESTIBILIDADE, CINÉTICA E MORFOLOGIA
DIGESTIVA EM BORREGAS SANTA INÊS
SUBMETIDAS A DOIS PLANOS ALIMENTARES**

Belo Horizonte

2012

Luigi Francis Lima Cavalcanti

Digestibilidade, cinética e morfologia digestiva em borregas Santa Inês submetidas a dois planos alimentares

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: Nutrição Animal

Orientador: Iran Borges

V376d Cavalcanti, Luigi Francis Lima, 1986-
Digestibilidade, cinética e morfologia digestiva em borregas Santa Inês submetidas a planos alimentares / Luigi Francis Lima Cavalcanti. – 2012. dois
85 p. : il.

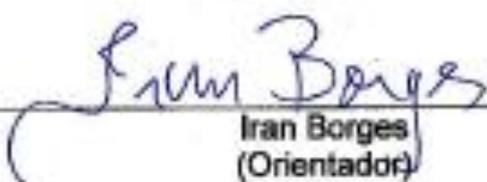
Orientador: Iran Borges

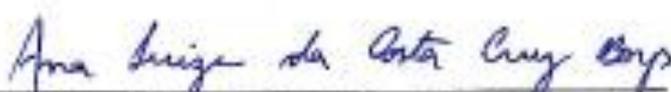
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

1. Cordeiro – Alimentação e rações – Teses. 2. Dieta em veterinária – Teses.
3. Nutrição animal – Teses. 4. Digestibilidade – Teses. I. Borges, Iran. II. Universidade
Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título

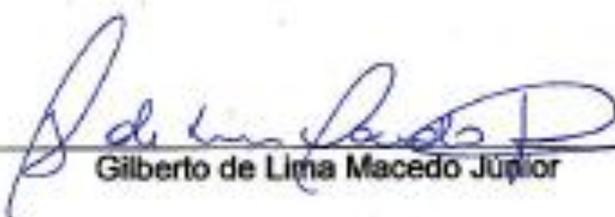
CDD – 636.308 5

Dissertação defendida e aprovada em 29 de agosto de 2011 pela comissão
examinadora constituída por:


Iran Borges
(Orientador)


Ana Luiza da Costa Cruz Borges


Fernando César Ferraz Lopes


Gilberto de Lima Macedo Júnior

"Quando se pode medir aquilo sobre o que se está falando e expressá-lo em números, sabe-se algo sobre ele; mas, quando não se pode expressá-lo em números, o conhecimento que se tem é escasso e de natureza insatisfatória."

Lord Kelvin

Dedico...

àqueles que poderão, de alguma
forma, desfrutar deste trabalho.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, maestro da vida.

Agradeço a minha família, no nome dos meus pais Pedro e Cleide, a quem devo toda minha formação pessoal, sendo sempre pra mim exemplos de dignidade, ética, amor e alicerce. Do meu pai herdei a sede pelo conhecimento e aprendi o quanto saber é poder, e com minha mãe aprendi o significado da sábia palavra harmonia.

Ainda em minha família, não posso deixar de agradecer à minha fiel torcida que cresce pouco a pouco sem perder a qualidade: Analuppe, Yves, Letícia, Gustavo e a minha afilhada Marina, xodó de todos, amo vocês.

Agradeço à minha namorada Mariana, exemplo de paciência e cúmplice incondicional da minha trajetória profissional sem desejar-me nada além de sucesso. Você é muito especial para mim.

Agradeço ao meu prezado Professor Iran Borges, amigo de todas as horas e companheiro de algumas eras. Sem você, nada dessa fantástica estória teria acontecido. Obrigado pelas oportunidades, ensinamentos e agradáveis momentos de convivência.

Agradeço ao meu então colega de trabalho Vandenberg, hoje amigo, que me aguentou nesses anos e soube aproveitar o melhor das nossas diferenças. Conviver com você é um aprendizado diário de humildade e sabedoria.

Agradeço ao NEPPER (Núcleo de Extensão e Pesquisa em Pequenos Ruminantes) que tenho orgulho de ter fundado quando graduando e hoje colher frutos não estatutários como amigos e companheiros para a vida. Das palavras formadoras desta sigla, a primeira, Núcleo, deve ser a mais enaltecida, pois sem pessoas motivadas não existe força motriz para girar a roda da ciência.

Agradeço aos queridos colegas de trabalho e hoje amigos, na época, estagiário e ICs, que de suas dúvidas e incertezas motivaram-me a prosseguir e enfrentar a labuta. Isabella, Andrea, Raquel, Gustavo, Felipe, Dalvana, Marília, Isabela, Emmanuel, Fabiane, Rafael, Diogo, Thales, Luiza e Ana Luiza, valeu! Podem contar sempre comigo!

Agradeço aos colegas de orientação que colaboraram e representaram ajuda certa quando preciso, Fredson, Hemilly, Luciana, Fernando, Carlinhos, Leonardo, Nhayandra, Pedro, Tássia e Veridiana.

À professora Ana Luiza Borges que além de ter contribuído fundamentalmente para a realização deste trabalho e na conclusão do mesmo com a síntese desta dissertação, desde a graduação tem sido fonte inspiradora e cativante. Apresentou-me a nutrição animal tendo me mostrado o quanto não saber das coisas é fascinante e nos motiva a querer aprender mais! Muito obrigado Ana!

Ao Doutor e Professor Fernando César, imagem de pesquisador e que tanto contribuiu para a versão final deste trabalho, obrigado.

Ao, antes de tudo, amigo, Professor Gilberto Macedo Júnior pelos ensinamentos desde a graduação, por ter me proporcionado os melhores anos de laboratório e me ensinado como trabalhar em grupo. Por ter me iniciado à ciência e por fim ter contribuído expressivamente para a qualidade deste trabalho, muito obrigado.

Ao Professor Fábio Toral pela contribuição essencial para este trabalho e ter me apresentado a uma nova era da minha carreira científica.

Agradeço aos amigos da pós-graduação, no nome da minha amiga pessoal e vizinha de experimento Helena Lage, pelos ótimos momentos.

Aos meus queridos “amici” D.Dió, D.Thiago, D.Alexandre, D.Matheus, D.Ângelo, D.Leandro e tantos outros, que sempre entenderam o porquê de eu não aparecer nos aniversários, saídas, reuniões extraordinárias da “cosa nostra”, etc e ainda assim sempre me acolhem com o carinho de verdadeiros amigos! Grazie!

Aos Professores da Escola de Veterinária representados pelos professores Lúcio Gonçalves, Décio Graça, Ronaldo Reis, Ricardo Silva e Eloísa Saliba meu muito obrigado por todos estes anos de convivência, apoio, ensinamentos e torcida.

Ao “staff” da Escola de Veterinária, Helô, Paula, Adão, Palhinha, João, Renato, Sr. Nilson, Roberto, Toninho, Dorinha, Kelly, Marcos, Vagner, Tati, Hélinho e todos os outros que às vezes com um simples bom dia me deram força para esta caminhada.

Por fim à todo o POVO BRASILEIRO que através das empresas de fomento como Capes, CNPq e FAPEMIG investiram em mim e nos meus colegas como autores do cenário científico nacional, meu muito, MUITO obrigado.

SUMÁRIO GERAL

SUMÁRIO.....	9
LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE FIGURAS.....	13
LISTA DE EQUAÇÕES.....	15
RESUMO.....	16
ABSTRACT.....	17
Capítulo 1 - Consumo, digestibilidade e cinética de dietas ofertadas <i>ad libitum</i> ou restritas a cordeiras com diferentes pesos ao abate.....	18
1.1. Introdução.....	18
1.2. Revisão da Literatura.....	18
1.3 Material e Métodos.....	29
1.3.1 Ética Experimental.....	29
1.3.2 Período.....	29
1.3.3 Localização e Ambiente.....	29
1.3.4 Animais.....	29
1.3.5 Manejo Diário.....	30
1.3.6 Delineamento Experimental.....	30
1.3.7 Dietas Experimentais.....	31
1.3.8 Ensaios de Digestibilidade Aparente.....	32
1.3.9 Ensaio de cinética de sólidos.....	32
1.3.10 Consumo de água.....	32
1.3.11 Análises Laboratoriais.....	33
1.3.12 Análise Estatística.....	33
1.4 Resultados e Discussão.....	35
1.4.1 Consumo e Digestibilidade.....	35
1.4.2 Cinética.....	41
1.5 Conclusões.....	49
Capítulo 2 - Desenvolvimento visceral e morfologia de papilas ruminais de cordeiras da Raça Santa Inês sob alimentação restrita e <i>ad libitum</i> abatidas em diferentes pesos vivos.....	50
2.1. Introdução.....	50

2.2. Revisão da Literatura	51
2.3. Material e Métodos	55
2.3.1. Ética experimental	55
2.3.2. Período	55
2.3.3. Localização e ambiente	55
2.3.4. Animais	55
2.3.5. Manejo diário	56
2.3.6. Delineamento experimental	56
2.3.7. Dietas experimentais	56
2.3.8. Fluxograma do abate	57
2.3.9. Análise morfológica e contagem de papilas ruminais	60
2.3.10. Análises estatísticas	61
2.4. Resultados e Discussão	63
2.4.1. Peso vivo, peso de corpo vazio e tamanho metabólico	63
2.4.2. Carcaça, rendimento e escore da condição corporal	64
2.4.3. Depósitos de gordura intracavitários	65
2.4.4. Trato digestivo anterior	66
2.4.5. Trato digestivo posterior	72
2.4.6. Fígado	74
2.5. Conclusões	75
3. Considerações Finais	76
4. Referências Bibliográficas	77
ANEXOS	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 Distribuição das unidades experimentais.....	30
Tabela 1.2 Composição percentual da dieta experimental.....	31
Tabela 1.3 Composição bromatológica da dieta experimental.....	31
Tabela 1.4 Consumo diário de matéria seca (CMS) e matéria orgânica (CMO) absolutos e relativos ao peso vivo (PV) e tamanho metabólico (UTM) em função do regime alimentar e peso ao abate.....	35
Tabela 1.5 Consumo de energia bruta (CEB), energia digestível (CED) e metabolizável (CEM) absoluta e relativa ao peso metabólico (CEM/UTM). Relação energia digestível sobre bruta (ED/EB) e relação metabolizável sobre bruta (EM/EB).....	38
Tabela 1.6 Digestibilidade (DMS, DMO) e consumos diários da matéria seca e orgânica digestíveis (CMSD, CMOD) absolutos e relativos ao tamanho metabólico (UTM) em função do regime alimentar e peso ao abate.....	39
Tabela 1.7 Digestibilidade da fração insolúvel em detergente neutro (DFDN) e consumo diário de fibra em detergente neutro (CFDN) e fibra em detergente neutro digestível (CFDNd)	40
Tabela 1.8 Consumo de água absoluto (CÁgua) e relativos ao peso (CÁgua/PV) e consumo de matéria seca (CÁgua/MS) em função do regime alimentar e peso ao abate.....	40
Tabela 1.9 Teste para falta de ajustamento.....	42
Tabela 1.10 Teste de hipóteses para avaliação de identidade de modelos.....	43
Tabela 1.11 Matriz de correlações médias dos parâmetros obtidos para os modelos de Dhanoa et al. (1985) ajustados.....	44
Tabela 1.12 Parâmetros do modelo de Dhanoa et al. (1985) estimados para o seis tratamentos (Peso ao abate 20, 30 ou 40 versus Regime ad libitum ou restrito).....	48
Tabela 1.13 Excreção fecal (MS) estimada pelo modelo de Dhanoa et al. (1985).....	48
Tabela 2.1 Peso vivo (PV), Peso de corpo vazio (PCVZ) e tamanho metabólico (TM) em função do regime alimentar e peso ao abate.....	63
Tabela 2.2 Peso de carcaça quente (PCQ), Rendimento de carcaça quente (RCQ) e Escore da condição corporal (ECC).....	64
Tabela 2.3 Pesos de Gordura Cavitária Total (GCT), Omental (OT), Mesentérica (MES), Perirrenal (PREN) e Pericárdica (PCARD) e valores relativos ao peso de corpo vazio (PCVZ,%) e tamanho metabólico (TM, g/UTM).....	65
Tabela 2.4 Pesos de Estômago Total (EST), Rúmen (RU), Retículo (RT), Omaso (OM) e Abomaso (AB) e valores relativos ao peso de corpo vazio (PCVZ,%) e tamanho metabólico (TM, g/UTM).....	67
Tabela 2.5 Volume de rúmen (VOLRU), retículo (VOLRT) e rúmen-retículo em Litros (VOLRRT).....	69
Tabela 2.6 Papilas por cm ² (PAP), Altura (ALT) e Área (AREA) por tratamento nas amostras dos sacos cranial e ventral.....	69
Tabela 2.7 Valor médio, independente de local de coleta, para Largura da base e Área absorviva por peso ao abate.....	70
Tabela 2.8 Valor de significância para cada uma das variáveis avaliadas relativas às papilas ruminais.....	70

Tabela 2.9 Peso do intestinos (IT), intestino delgado (ID) e intestino grosso (IG) e valores relativos ao peso de corpo vazio (PCVZ,%) e tamanho metabólico (TM, g/UTM).....	73
Tabela 2.10 Comprimento (C) das diferentes porções do intestino delgado (Duodeno, Jejuno e Íleo) e grosso (Ceco e Cólon).....	74
Tabela 2.11 Peso do fígado e valores relativos ao peso de corpo vazio (PCVZ,%) e tamanho metabólico (TM, g/UTM).....	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – (a) Peso Normal (kg) em função da Idade (meses), para animais com 40, 50, 60 ou 70 kg de peso padrão referência, utilizando-se 3,5 kg de peso ao nascimento. (b) Potencial ingestivo (kg) em função do tamanho relativo (Z), para animais com 40, 50, 60 ou 70 kg de peso padrão referência. I _{max} representa a faixa onde Z=0,85 e o potencial ingestivo máximo é atingido.....	21
Figura 1.2 – Digestibilidade média em função do tempo de retenção no trato gastro intestinal, adaptado de Blaxter et al (1956).....	24
Figura 1.3 – Consumo de matéria seca em função do peso vivo (20,30,40 ou 50 kg) e teor de energia da dieta. Onde, CMS=Consumo de Matéria Seca, kg/d; PV = Peso Vivo, kg; E=Teor de energia da dieta, Mcal/kg. (AFRC,1993)	26
Figura 1.4 – Modelo de superfície da taxa de passagem de forragens (kp) em função do consumo de matéria seca em função do peso vivo e teor de proteína bruta da dieta. (Tedeschi et al., 2010).....	28
Figura 1.5 – Consumo observado em função do tamanho relativo estimado para peso adulto de 40, 50 ou 60kg sobreposto às curvas de consumo preditos pelo modelo de Freer et al. (2010) para os mesmos pesos.....	36
Figura 1.6 – Consumo observado pelos animais com alimentação ad libitum em função do peso vivo sobreposto à curva de consumo predito pelo modelo do AFRC (1993).....	37
Figura 1.7 - (a) Plotagem de pontos relativos à observação da concentração fecal de cromo (ppm) ao longo do tempo; (b) Resíduos oriundos da diferença dos valores preditos pelo modelo geral em relação aos observados; Para ambos os gráficos, círculos abertos (o) representam os pontos observados e a linha contínua (–) os valores preditos pelo modelo de Dhanoa et al. (1985) ajustado. R ² = 0,72, parâmetros a=2647, b=6,45, k ₁ =0,029 e k ₂ =0,064.....	41
Figura 1.8 – Concentração fecal de cromo (ppm) em função do tempo para cada tratamento.....	44
Figura 1.9 – Concentração fecal de cromo (ppm) ao longo do tempo para cada grupo experimental, (a) peso ao abate 20, ad libitum (b) peso ao abate 20, restrito; (c) peso ao abate 30, ad libitum; (d) peso ao abate 30, restrito; (e) peso ao abate 40, ad libitum; (f) peso ao abate 40, restrito; Para todos os gráficos, círculos abertos (o) representam os pontos observados e a linha contínua (–) os valores preditos pelo modelo de Dhanoa et al. (1985) ajustado.	46
Figura 1.10 – Diferença entre predito e observado ao longo do tempo, (a) peso ao abate 20, ad libitum; (b) peso ao abate 20, restrito; (c) peso ao abate 30, ad libitum; (d) peso ao abate 30, restrito; (e) peso ao abate 40, ad libitum; (f) peso ao abate 40, restrito; Para todos os gráficos, círculos abertos (o) representam os pontos observados e a linha contínua (–) os valores preditos pelo modelo de Dhanoa et al. (1985) ajustado.....	47

Figura 2.1 – (a) Secção do topo de uma papila ruminal (Aumento x234); (b) Rede capilar. Ambas as fotografias retiradas de Dobson et al. (1956).....	52
Figura 2.2 – Delimitação ruminal em saco cranial (C, área em amarelo) e saco ventral(V, área em vermelho).....	59
Figura 2.3 – Esquema do aparato (a) para contagem de papilas	60
Figura 2.4 – Fotografia de doze papilas ampliadas e representação gráfica das mensurações realizadas com auxílio do software UTHSCSA ImageTool.....	61
Figura 2.5 – Peso de corpo vazio em função do peso vivo, equação geral do experimento.,.....	64
Figura 2.6 – Peso do total de gorduras intracavitárias e escore da condição corporal (ECC) para cada tratamento.....	66
Figura 2.7 – Peso de cada compartimento em função do peso ao abate, 20, 30 ou 40. Letras distintas sobre as barras denotam diferença estatística pelo teste SNK ($P < 0,05$).....	68
Figura 2.8 – Fotografia de papilas retiradas dos sacos ventral e cranial do rumen em diferentes pesos ao abate.....	72

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.1	Tamanho Metabólico.....	20
Equação 1.2	Peso Normal máximo.....	20
Equação 1.3	Peso Normal.....	20
Equação 1.4	Tamanho relativo.....	20
Equação 1.5	Potencial ingestivo máximo.....	21
Equação 1.6	Peso atual em função da condição corporal.....	22
Equação 1.7	Ingestão de Matéria Seca (Cannas et al.m 2004).....	22
Equação 1.8	Fator de Correção.....	22
Equação 1.9	Digestibilidade versus tempo de retenção.....	23
Equação 1.10	Digestibilidade em função do FDN (Goering e Van Soest, 1970).....	24
Equação 1.11	Consumo de matéria seca (AFRC, 1993).....	25
Equação 1.12	Consumo de água em função do tamanho metabólico (NRC, 2007).	26
Equação 1.13	Consumo de água em função da ingestão de energia e matéria seca (NRC, 2007).....	26
Equação 1.14	Consumo de água em função da matéria seca ingerida (NRC, 1985)	27
Equação 1.15	Modelo de Dhanoa et al. (1985).....	27
Equação 1.16	Taxa de passagem de forragens (Tedeschi et al., 2010).....	28
Equação 1.17	Produção de metano (Blaxter e Clapperton, 1965).....	33
Equação 1.18	Correção da produção de metano em função da energia digestível (Blaxter e Clapperton, 1965).....	33
Equação 1.19	Modelo estatístico para análise de variância.....	34
Equação 1.20	Excreção fecal estimada (Detmann et al., 2001).....	34
Equação 2.1	Área absorptiva das papilas ruminais.....	61
Equação 2.2	Modelo estatístico para análise de variância.....	62

RESUMO

Trinta e seis cordeiras da raça Santa Inês foram divididas em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2x3, constituído por dois regimes alimentares (*ad libitum* ou restrito) e três pesos ao abate (20, 30 ou 40 kg). Os animais foram alocados em gaiolas metabólicas providas de cocho para alimentação, saleiro e bebedouro onde se realizou ensaio de consumo e digestibilidade aparente da matéria seca, orgânica e fibra em detergente neutro e energia, e ainda a cinética digestiva. Para a última, utilizou-se fibra mordentada com cromo em dose única, ajustando-se o modelo de Dhanoa et al. (1980) aos dados obtidos de concentração fecal de cromo ao longo de 13 coletas intervaladas após administração (0, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 35, 47, 71 e 96 horas). Realizados estes ensaios, os animais foram sacrificados e as vísceras e depósitos adiposos intracavitários foram pesados. Foram coletadas amostras do epitélio ruminal para avaliações morfológicas das papilas oriundas do saco cranial e ventral. A restrição nutricional reduziu a ingestão de todos os nutrientes avaliados, no entanto, entre pesos ao abate a ingestão só foi diferente para o grupo abatido com peso maior. A digestibilidade da matéria seca foi diferente para todos os pesos no grupo *ad libitum*, não ocorrendo o mesmo no grupo restrito. A restrição alimentar aumentou a digestibilidade da fibra e os animais deste grupo apresentaram maior taxa de retenção da digesta no trato digestivo. O rendimento de carcaça foi menor em animais com 20 kg de peso ao abate e os depósitos de gordura intracavitários em animais alimentados a vontade acompanharam o crescimento corporal, não ocorrendo o mesmo em animais sob restrição. O volume rumino-reticular foi maior em animais restritos, no entanto a altura e área das papilas foram menores nestes. A área absorptiva por cm² foi maior nos animais com peso intermediário. O fígado foi marcadamente afetado pelo crescimento e peso ao abate, mostrando-se sensível ao plano nutricional. Regime alimentar e o crescimento são fatores determinantes na nutrição animal.

Palavras Chave: consumo, cordeiras, ovinos, papilas, rúmen, taxa de passagem

ABSTRACT

Thirty six Santa Ines female lambs were distributed on a completely randomized design with a 2x3 factorial arrangement composed of two nutritional planes (*ad libitum* or restrict) and three slaughter weights (20, 30 or 40 kg). The animals were allocated in metabolic cages with feed, minerals and water bunkers to realize the assays of intake, apparent digestibility and digestive kinetics. To this last assay, was utilized the chromium-mordanted fiber technique in pulse dose, been adjusted the Dhanoa et al. (1980) model to the data obtained for chromium fecal concentration over the 13 sample times after administration (0,5,8,11,14,17,20,23,26,35,47,71 and 96 hours). After these assays, the animals were slaughtered and the viscera and intracavitary adipose tissue were weighed. Samples of ruminal epithelium were collected to do morphological evaluation of ruminal papillae from ventral and cranial sacs. The restriction reduced the intake of all nutrients, although, between slaughter weights, only the animals with 40 kg consumed more nutrients. The dry matter digestibility was different for all weights between *ad libitum* animals. The restricted diet increased the fiber digestibility and the animals from this group showed higher digesta retention time in the gastrointestinal tract. The carcass yield of lighter animals was lower. The intracavitary fat deposits in *ad libitum* animals increased following the body weight growth, but the same did not occurred for restricted animals. The rumen-reticular volume was higher in restricted animals, but height and papillae area were smaller for these animals. The absorptive area per square centimeter was higher in animals with intermediary slaughter weight. The liver was markedly affected by slaughter weight and nutritional plane. Nutritional plane and growth were determinant factors in animal nutrition.

Key-words: female lambs, intake, papillae, passage rate, rumen, sheep

INTRODUÇÃO GERAL

A ovinocultura mundial passa por um momento muito favorável. Este acontecimento está atrelado ao crescimento econômico explosivo das nações em desenvolvimento, notoriamente China e Índia, que tradicionalmente são grandes consumidoras de carne ovina. O reflexo deste efeito já pode ser percebido em bancos de dados como o da FAO (Órgão das Nações Unidas para questões relacionadas à agricultura e alimentação) que registram crescimento de 2,7% ao ano, alavancado pelo aumento do consumo de carne ovina em países em desenvolvimento.

No Brasil este fenômeno também vem sendo observado, estando ligado a mudanças nos costumes de consumo dos brasileiros. O bom momento econômico leva à busca por novos produtos e a carne de cordeiro passa a figurar nos cardápios de churrascarias e mesmo nas mesas dos cidadãos de classe média em regiões onde antes não se encontravam, destacando-se o sudeste e centro oeste (Viana, 2008).

A redução da importação de carne de cordeiro oriunda do Uruguai, principal exportador de carne ovina para o Brasil (Rodrigues, 2011), estimula a formalização da carne ovina brasileira, e empresas de grande porte passaram a investir neste mercado. É notório o bom momento da ovinocultura nacional marcado por redução do negócio informal até então predominante no Brasil, sendo este processo etapa essencial para o fortalecimento da cadeia.

Embora raças exóticas tenham crescido muito no rebanho brasileiro, devido principalmente à entrada de empresários no mercado ovino, ainda predominam as raças ditas nativas, destacando-se a Santa Inês. Esta raça, muito difundida na região nordeste, possui características interessantes para a produção nos trópicos, principalmente relativa à ausência de estacionalidade estral, comum em raças europeias, tornando mais fácil o manejo reprodutivo. É ainda caracterizada por fêmeas de pequeno a médio porte, apresentando boa habilidade materna e produtividade leiteira, o que faz desta raça excelente linhagem materna para produção de ovinos no Brasil. O uso de cruzamentos de ovelhas desta raça com machos exóticos com aptidão para produção de carne tem se tornado frequente nos sistemas produtivos e tem apresentado viabilidade econômica (Barros et al., 2005).

Uma vez que o momento é de crescimento, o estudo de fêmeas passa a ser fundamental, visto que estas possuem elevado custo de manutenção nos sistemas e a reposição de matrizes torna-se essencial. Falhas no manejo de fêmeas representam prejuízos em longo prazo que muitas vezes se revelam no final da estação de monta, ao parto ou a desmama, configurando, respectivamente, quadros de infertilidade, baixo peso ao nascimento ou baixo peso a desmama de cordeiros. Todos estes gravíssimos para os sistemas produtivos a ponto de inviabilizá-los.

Neste cenário, cordeiras formam a categoria composta de fêmeas desmamadas até a puberdade zootécnica. Este grupo é frequentemente negligenciado em sistemas de produção de ovinos e matrizes de qualidade inferior são reflexos deste manejo inadequado. É urgente o conhecimento da fisiologia, bem como dos requisitos nutricionais desta categoria,

principalmente tratando-se de fêmeas da raça Santa Inês, para as quais são escassos os trabalhos científicos.

Atualmente, o manejo nutricional de ovinos nos sistemas de produção nacionais são baseados em comitês de pesquisa internacionais, tais quais, *National Research Council* (NRC, 1985; NRC, 2007), *Agricultural and Food Research Council* (AFRC, 1993), *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* (CSIRO, 2007), *Small Ruminant Nutrition System* (SRNS, Tedeschi et al., 2010), entre outros. No entanto, estes sistemas foram desenvolvidos em condições totalmente diferentes daquelas encontradas no Brasil, a começar pelas raças estudadas, alimentos e mesmo o ambiente, muito diferentes dos encontrados no Brasil. Todavia o aprimoramento gradual destes modelos têm tornado as predições obtidas acuradas, porém pouco precisas. Estudos que visem avaliar tais modelos em condições tropicais poderão proporcionar ajustes capazes de tornar o uso dos mesmos interessantes para as condições brasileiras. Para tanto é necessário conhecer a fundo os animais, os alimentos e o ambiente nacional para se formarem bancos de dados robustos a fim de abastecer modelos e torná-los confiáveis.

CAPÍTULO 1

CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E CINÉTICA DE DIETAS OFERTADAS *AD LIBITUM* OU RESTRITAS A CORDEIRAS COM DIFERENTES PESOS AO ABATE

1.1. INTRODUÇÃO

O consumo é, sem dúvida, a variável de maior impacto na nutrição de ruminantes. É ele quem representa a entrada de nutrientes no sistema digestivo e também exerce significativa influência sobre os processos pós ingestão, afetando não somente o aporte de substrato para microbiota e hospedeiro, como também a degradação, digestão e cinética da digesta. Estas variáveis, em conjunto, determinarão a disponibilidade de nutrientes para os ruminantes, necessários aos processos anabólicos que, em suma, configuram o processo produtivo almejado na pecuária. Aspectos da dieta bem como do animal, tal qual fase da vida, interferem marcadamente no processo digestivo. O estudo dessas variáveis, principalmente no tocante a ovinos nativos do Brasil, faz-se imprescindível devido à escassez de material científico acerca do assunto e à importância da categoria animal avaliada neste trabalho. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o consumo e digestibilidade de nutrientes, bem como a cinética da fração sólida da dieta no trato digestivo de cordeiras da raça Santa Inês com alimentação *ad libitum* ou restrita, com pesos vivos de 20, 30 ou 40 kg.

1.2. Revisão da Literatura

O consumo, quando voluntário, é regido por um complexo sistema regulatório, envolvendo efeitos da dieta (*e.g.* teor de energia, digestibilidade, etc.), do *status* fisiológico do animal (*e.g.* crescimento, gestação, etc.) e interações entre estes (Van Soest, 1994). Por outro lado, o consumo (ou ingestão) é afetado por variáveis extrínsecas ao animal e ao alimento, geralmente condicionadas pelo manejo ou lida diária em sistemas de criação. Entre estes fatores enovelam-se estressores ambientais (*e.g.* calor, frio), disponibilidade de alimento (*e.g.* área de cocho, área de piquetes e massa de forragem), hierarquia em lotes de produção, número de refeições, entre outros (Forbes, 2007).

No intuito de prever a ingestão de alimento por ruminantes, vários autores desenvolveram modelos matemáticos em que a variável dependente (*i.e.* consumo) é função de diversas variáveis independentes, tais quais teor de FDN (fibra insolúvel em detergente neutro), digestibilidade da matéria seca, metabolizabilidade, entre outras. Contudo, o imenso número de fatores que determinam o valor do consumo, relacionado às inúmeras associações e interações destes, torna a aplicabilidade destes modelos restrita ao ambiente ou situação investigada. A partir deste pressuposto, modelos nutricionais desenvolvidos em outros países (CSIRO, 2007; NRC, 2007; SRNS – Tedeschi et al., 2010) devem ser avaliados em condições tropicais, atribuindo-se às variáveis independentes presentes nos mesmos, valores obtidos em sistemas de produção brasileiros. Esta estratégia carece de experimentação científica e resultados pouco precisos podem advir de variações nas características das variáveis

utilizadas, tal qual a fibra, de tal modo a comprometer seriamente a aplicação prática do modelo. Esta fração dietética, usualmente representada pela FDN e anteriormente pela Fibra Bruta (FB), embora amplamente utilizada graças à facilidade laboratorial de obtenção, quando empregada como balizador para definição de outros resultados em âmbito universal, torna-se pouco efetiva, visto tratar-se de componente composto por frações heterogêneas e que variam significativamente conforme espécie vegetal (Rodrigues e Vieira, 2011). Talvez esta fração somada a outras características como a presença de compostos secundários (*e.g.* taninos, ligninas), sejam responsáveis por boa parte das inadequações de modelos empíricos estrangeiros às condições brasileiras, sobretudo quando são utilizadas gramíneas tipicamente tropicais, ou ainda mais especificamente, oriundas de ambientes exclusivos do território nacional como a caatinga.

Vale ressaltar que muito dos resultados mensurados por sistemas estrangeiros são oriundos de raças ovinas com anos de seleção zootécnica, o que confere altos índices produtivos e também padronização de resposta (Cannas et al., 2004). Esta última característica é fundamental para boa acurácia dos modelos desenvolvidos, e torna-se preocupante em sistemas brasileiros visto a falta de uniformidade racial dominante no rebanho nacional.

A raça Santa Inês, embora considerada raça pela Associação Brasileira dos Criadores de Ovinos (ARCO), é detentora de diferentes ecótipos, conforme descrito por McManus et al. (2007), fruto dos cruzamentos absorptivos e desenfreados no intuito de “melhorar” a raça. Por outro lado, a origem destes animais parece advir de genótipos que evoluíram em ambiente possivelmente limitante em oferta de alimentos. Este fato pode ser hoje observado pela estrutura corporal da raça, onde fisiologicamente, são privilegiados os tecidos de reserva (*i.e.* gorduras intracavitárias) e aqueles que favorecem a perpetuação da espécie (glândula mamária e útero) frente àqueles interessantes como produto final, tais quais carne, leite ou lã.

De toda forma, o consumo está frequentemente associado, independentemente da situação estudada, a três macro-variáveis: peso vivo, digestibilidade e energia (Resende et al., 2008). Estas variáveis, embora simples à primeira vista, englobam diversos outros fatores limitantes do consumo.

A primeira é consequência de outras características impactantes no consumo. Pode ser citada a condição fisiológica do animal, isto é, fase de desenvolvimento em que este se encontra; o que em parte reflete a capacidade digestiva deste animal. A percepção de que o peso vivo por si não é boa referência do metabolismo (Brody, 1945) conduziu ao desenvolvimento de alguns índices e/ou unidades relativas que são utilizados como balizadores para consumo e outras variáveis, no intuito de conceder critérios para discussão e comparação de resultados. Dentre estas unidades, a mais difundida dada sua ampla aplicabilidade é a de tamanho metabólico (Brody, 1945; Kleiber, 1961). Este parâmetro, baseado na lei da superfície, cujo valor é dependente do peso vivo (Equação 1.1), equipara por uma função exponencial o metabolismo energético de diferentes animais, intra ou inter espécies, tornando-se potente ferramenta na ciência animal.

$$TM = PV^{0,75^*} \quad (1.1)$$

onde, TM = Tamanho metabólico, kg; PV = Peso vivo, kg. *O valor do expoente tende a variar entre 0,66 a 0,75 entre pesquisadores, sendo adotado usualmente o último valor.

Como outra estratégia Michael Freer, editor do CSIRO (2007), juntamente a seus colaboradores em Freer et al. (2010), propuseram o uso de outro índice usualmente denominado tamanho relativo. Este, determinado pelas equações 1.2, 1.3 e 1.4 explicita o efeito do crescimento, condição corporal e desenvolvimento sobre o potencial ingestivo. O Tamanho Relativo (Z) é dado pela razão entre Peso Normal (N) e Peso Padrão Referência (SRW). O Peso Normal é dado em função da integração dos modelos de crescimento descritos por Brody (1945) e Taylor (1968), possuindo diferentes taxas de crescimento conforme taxa de ganho normal do animal, de acordo com a equação 1.3 e figura 1.1a. Segundo Freer et al. (2010), a ingestão máxima é atingida quando o Peso Normal do animal alcança 85% do seu Peso Padrão Referência, conforme Figura 1.1b, isto é, Z igual a 0,85.

$$N_{max} = SRW - (SRW - W_{birth}) \exp\left(\frac{-C_{N1} * A}{SRW^{C_{N2}}}\right) \quad (1.2)$$

onde, N_{max} = Peso Normal máximo predito pelo modelo de Brody (1945) e Taylor (1968), kg; SRW = Peso padrão referência, kg; W_{birth} = Peso ao nascimento, kg; A = Idade do animal, meses; C_{N1} = Constante de crescimento, 0,0157^{0,27}; C_{N2} = Taxa de crescimento alométrico, 0,27. (Freer et al., 2010)

$$N = \begin{cases} \text{Condição 1: } C_{N3} N_{max} + (1 - C_{N3}) W_{prev} \\ \text{Condição 2: } N_{max} \end{cases} \quad (1.3)$$

onde, C_{N3} = Fator de correção para crescimento lento, 0,4; N_{max} = Peso Normal máximo predito pelo modelo de Brody (1945) e Taylor (1968), kg; W_{prev} = Peso prévio, kg. Condição 1 é assumida quando $W_{prev} < N_{max}$, do contrário, assume-se condição 2. (Freer et al., 2010)

$$Z = N/A \quad (1.4)$$

onde, Z = Tamanho relativo, %; N = Peso Normal, kg; A = Peso padrão referência, kg. (Freer et al., 2010)

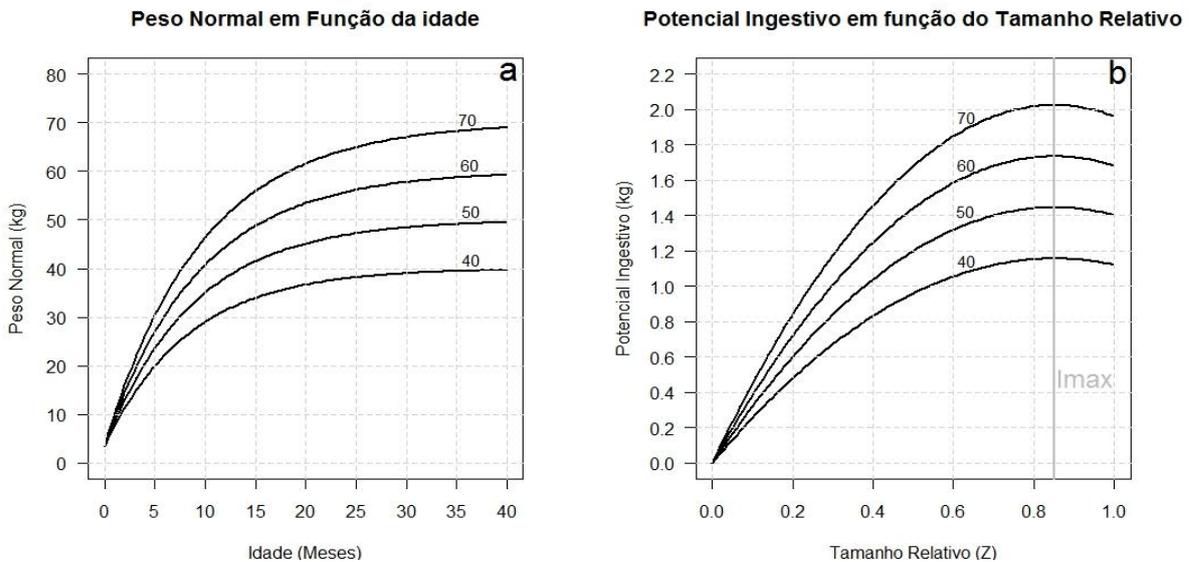


Figura 1.1 (a) Peso Normal (kg) em função da Idade (meses), para animais com 40, 50, 60 ou 70 kg de peso padrão referência, utilizando-se 3,5 kg de peso ao nascimento. (b) Potencial ingestivo (kg) em função do tamanho relativo (Z), para animais com 40, 50, 60 ou 70 kg de peso padrão referência. I_{max} representa a faixa onde $Z=0,85$ e o potencial ingestivo máximo é atingido.

O potencial ingestivo máximo (I_{max}) é então predito pela equação 1.5, para dietas com digestibilidade superior a 80% isentas de forrageiras leguminosas, onde as variáveis principais são peso padrão referência, tamanho relativo e uma série de fatores de correção que contemplam animais lactantes, lactentes, temperatura ambiental e condição corporal.

$$I_{max} = 0,04 SRW Z(1,7 - Z)Fc \quad (1.5)$$

onde, I_{max} = Potencial ingestivo máximo, kg; SRW = Peso padrão referência, kg; Z = Tamanho relativo, %; Fc = Fatores de correção. (Freer et al., 2010)

No entanto, como pode ser observado, o modelo proposto por Freer et al. (2010) depende do peso padrão referência, que segundo CSIRO (2007) é o peso basal de um animal (peso vivo descontados os pesos do velo e concepto) com desenvolvimento esquelético completo e condição corporal em faixa intermediária. Este valor, embora de grande serventia, é de difícil acesso, principalmente tratando-se de animais da raça Santa Inês, visto a falta de uniformidade do plantel. A intrínseca relação entre peso vivo e condição corporal levou ao desenvolvimento da equação proposta por Cannas et al. (2004), em que o peso vivo pode ser facilmente obtido, por meio do escore de condição corporal (Equação 1.6).

$$FBW = (0,594 + 0,163BCS) \times FBW_{2,5} \quad (1.6)$$

onde, FBW = Peso atual do corpo mais conteúdo gástrico, kg; BCS = Escore da condição corporal, 0-5, sendo 0 o valor usado para o animal magro e 5 para animal obeso; $FBW_{2,5}$ = Peso padrão referência. (Cannas et al., 2004)

O simples rearranjo da equação, tornando o peso padrão referência como variável dependente, possibilita a obtenção deste através da condição corporal e peso atual de um rebanho adulto (Cannas et al., 2004). Esta premissa mostra-se interessante para futuros trabalhos para obtenção deste valor para animais da raça Santa Inês. Contudo, deve-se verificar a precisão dos coeficientes desta equação gerada por estes autores para o rebanho nacional, a exemplo dos resultados obtidos por Freer et al. (2010), em que o coeficiente de regressão obtido para este mesmo modelo foi de 15% de variação sobre o peso normal para cada mudança de escore corporal, e não os 16% obtido por Cannas et al. (2004).

O modelo conhecido por CNCPS-S (*Cornell Net Carbohydrate and Protein System – Sheep*), desenvolvido por Cannas et al. (2004), recentemente renomeado como *Small Ruminant Nutrition System - SRNS* (Tedeschi et al., 2010), leva em consideração para a predição de consumo de cordeiras e borregas o peso vivo atual e o ganho de peso, conforme a equação 1.7.

$$DMI = -0,124 + 0,071 \times FBW^{0,75} + 0,0015 \times FBW_c \quad (1.7)$$

onde, DMI = Ingestão de Matéria Seca, kd/d; FBW = Peso atual do corpo mais conteúdo gástrico, kg; FBW_c = Ganho (ou perda) de peso, g/d. (Cannas et al., 2004)

Vale ressaltar que a equação 1.7, descrita acima, foi desenvolvida para ovinos leiteiros confinados. Dessa forma, justifica-se a inobservância significativa de outras variáveis que não peso sobre a ingestão, uma vez que nesta situação de manejo o ambiente tende a ser mais controlado, bem como a alimentação.

O comitê norte americano, em sua mais recente publicação para ovinos, NRC (2007), emprega a mesma equação do comitê australiano (equação 1.5) para estimativa da ingestão diária, apenas corrigindo o valor final pela equação 1.8 quando a digestibilidade é menor que 80%.

$$FCQ = 1 - 1,7 \times (0,8 - D) \quad (1.8)$$

onde, FCQ = Fator de correção pela qualidade; D = Digestibilidade, % (NRC, 2007)

Assim como o peso vivo, a digestibilidade como o teor energético da dieta, estão frequentemente correlacionados ao consumo. Isto porque, ambos correlacionam-se com dois fatores tidos como grandes reguladores do consumo em ruminantes, a saber, distensão física

do rúmen pelo enchimento da víscera e o controle quimiostático com efluxo de sinais pré e pós absorptivos para o sistema nervoso central (Fisher, 2002).

Estes dois fatores se inter-relacionam e muitas vezes são apresentados como fator único em modelos de predição de ingestão. A digestibilidade, em primeira instância, está diretamente associada à qualidade do alimento, sendo muito impactada pelo tipo e teor de fibras da dieta (Macedo Júnior et al., 2010) e outras variáveis como relação concentrado:volumoso (Moreno et al., 2010), número de refeições, tamanho de partícula (Hadjigeorgiou et al., 2003), entre outros. O teor de fibras na dieta reduz significativamente a digestibilidade da dieta (Macedo Júnior et al., 2006). A digestibilidade é, na verdade, a resultante da interação de diversos fenômenos que culminam com a disponibilidade de nutrientes para absorção. Na presente revisão serão apenas abordados aqueles fatores que porventura foram estudados nos experimentos em questão.

A redução da digestibilidade implica em maior enchimento ruminal e conseqüente redução do consumo. Este efeito gerou a equação 1.8 descrita no NRC (2007). É de se esperar, portanto, que a recíproca seja verdadeira, isto é, o consumo influencie a digestibilidade. Van Soest (1994) ressaltou que o nível de ingestão pode alterar a digestibilidade. No entanto, trabalhos visando esclarecer este fenômeno são muito inconsistentes, talvez pela pequena depressão da digestibilidade (duas a quatro unidades percentuais) oriunda do aumento do consumo e, portanto, de difícil detecção do efeito. Colucci et al. (1982) inferiram que a redução da digestibilidade com o aumento do consumo seja decorrente do aumento da taxa de passagem, causando digestão incompleta do alimento decorrente da restrição de tempo. Blaxter et al. (1956) demonstraram em experimentos com ovinos, que existe uma relação curvilínea entre digestibilidade e tempo de retenção do alimento no trato gastrointestinal, sendo este efeito mais severo para partículas menores. Segundo estes pesquisadores, a digestibilidade potencial é reduzida com a diminuição do tempo de retenção, conforme o modelo exibido na equação 1.9 e figura 1.2.

$$D = L(1 - e^{-ht}) \quad (1.9)$$

onde, D = Digestibilidade; L = Digestibilidade potencial; h = constante; t = tempo, horas. (Blaxter et al., 1956).

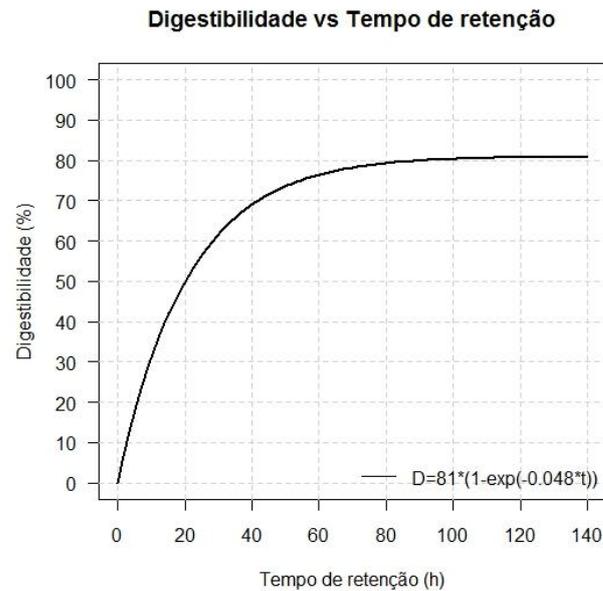


Figura 1.2 – Digestibilidade média em função do tempo de retenção no trato gastro intestinal, adaptado de Blaxter et al. (1956)

Todavia, embora o aumento do consumo reduza a digestibilidade do alimento, a maior ingestão de nutrientes digestíveis tende a compensar este efeito, não se observando, *a priori*, efeito deletério desta ineficiência sobre aspectos produtivos. O estudo de variáveis absolutas do tipo: consumo de matéria seca digestível (g/dia) ou consumo de FDN digestível (g/dia) auxiliam no esclarecimento desse fenômeno.

Se por um lado a digestibilidade é influenciada pelo tempo de retenção, por outro é inerentemente dependente da natureza do alimento e seu desdobramento pela microbiota e hospedeiro. Pensando nisso, diversos autores tentaram desenvolver equações que pudessem prever a digestibilidade do material através de sua composição. Dentre estas tentativas tornou-se frequente a aparição da variável fibra, ou parede celular ou ainda FDN, como estimador do processo digestivo em ruminantes. Como exemplo, a equação aditiva proposta por Goering e Van Soest (1970) *apud* Rodrigues e Vieira (2011), em que a digestibilidade da matéria seca é determinada pelo teor de FDN e fração solúvel em detergente neutro multiplicado por seus respectivos fatores de digestibilidade e um último fator de correção para excreção fecal metabólica (Equação 1.10).

$$MSD = (0,98 \times SDN) + (kd_{FDN} \times FDN) - M \quad (1.10)$$

onde, MSD = Digestibilidade da matéria seca; SDN = Fração solúvel em detergente neutro; kd_{FDN} = coeficiente de digestibilidade da FDN; FDN = Fração insolúvel em detergente neutro; M = Excreção fecal metabólica, para ovinos é 11,9%. (Goering e Van Soest (1970).

A inconsistência da FDN como fração uniforme, conforme Van Soest a caracterizou através do teste de uniformidade proposto por Lucas e Smart (1959), enfraquece o poder preditivo do modelo acima. A variação do teor de ligninas entre forrageiras do grupo C₃ e C₄ e o efeito destas sobre a digestibilidade tornam o modelo pouco preciso em um contexto universal. Modelos mais robustos, com melhor poder preditivo foram obtidos pelos pesquisadores da universidade de Cornell ao desenvolverem o método conhecido como CNCPS – *Cornell Net Carbohydrate and Protein System*. O sucesso deste trabalho é dependente da boa caracterização do alimento (fracionamento) e do banco de dados utilizado. Esse modelo, publicado em uma série de artigos (Russel et al., 1992; Sniffen et al., 1992; Fox et al., 1992; O'Connor et al., 1993) baseia a entrada de dados em frações constantes dos alimentos de fácil obtenção laboratorial e suas constantes de degradação e passagem, para predição da digestibilidade dos nutrientes. Esta abordagem torna o modelo mais acurado em distintas situações ou ambientes, além de permitir comparações mais adequadas entre alimentos.

A energia da dieta, assim como a digestibilidade, interfere no consumo, porém o faz de forma quadrática, isto é, seu incremento na dieta possui um efeito favorável quando em baixos teores tendendo a reduzir a ingestão quando em níveis mais elevados. Este efeito é resultante da demanda mínima microbiana de energia no rúmen, necessária aos processos de degradação da matéria seca digestível, cujo metabolismo é potencializado com o aumento da metabolizabilidade da dieta. Todavia, essa mesma microbiota (fibrolítica) é inibida com o excesso de energia. Este efeito pode ser explicado pela modificação na população microbiana frente à diferentes teores de energia ofertados. Isto porque, o aumento da energia em dietas de ruminantes está normalmente associado ao aumento do teor de carboidratos não fibrosos e/ou lipídeos, ambos deletérios ao processo digestivo microbiano, principalmente ao grupo celulolítico responsável pela degradação da fibra digestível (Kozloski, 2002). Este efeito quadrático foi computado na equação desenvolvida pelo comitê britânico AFRC (1993) para estimativa de consumo para ovinos em crescimento (Equação 1.11). A Figura 1.3 demonstra o efeito parabólico do incremento energético sobre o consumo, conforme a equação 1.10.

$$CMS = (0,0749 PV^{0,75}) \times [(-0,66 + 1,333E) - 0,266(E^2)] \quad (1.11)$$

onde, CMS = Consumo de Matéria Seca, kd/d; PV = Peso Vivo, kg; E = Teor de energia da dieta, Mcal/kg. (AFRC, 1993).

Consumo em função do teor energético da dieta

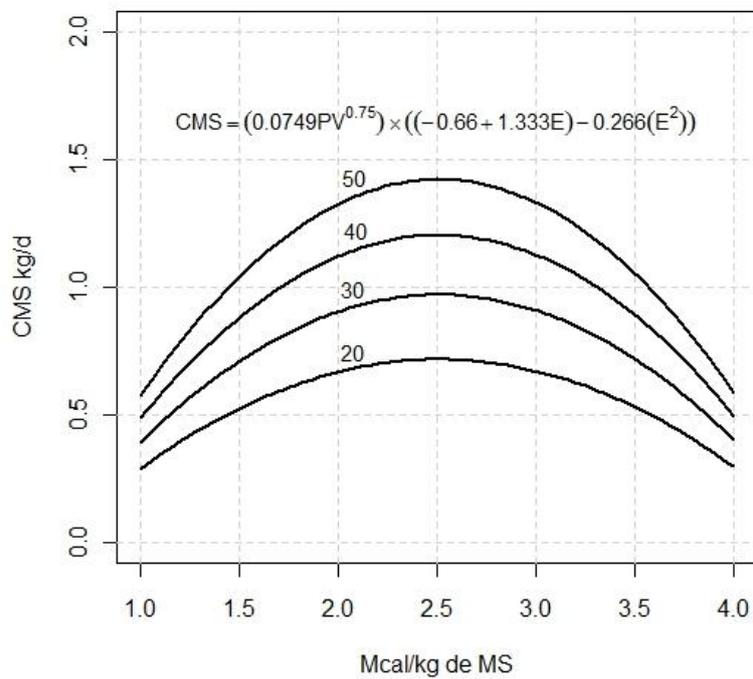


Figura 1.3 – Consumo de matéria seca em função do peso vivo (20,30,40 ou 50 kg) e teor de energia da dieta. Onde, CMS=Consumo de Matéria Seca, kg/d; PV = Peso Vivo, kg; E=Teor de energia da dieta, Mcal/kg. (AFRC,1993).

A água, fundamental para o processo digestivo, exerce efeito sobre o consumo do alimento e este sobre o consumo de água, numa intrincada inter-relação.

Segundo o NRC (2007) o consumo de água para animais com ganhos de 200 a 400 g/dia é função do peso metabólico pela relação predita na equação 1.12.

$$WR_{ganho} = 244 a 348 \text{ mL}/BW^{0,75} \quad (1.12)$$

onde, WR_{ganho} = Total de água requisitada, L; $BW^{0,75}$ = Peso metabólico, kg.

No entanto, o mesmo comitê ressalta que alguns trabalhos demonstraram alta correlação do consumo de água com os consumos de energia metabolizável e matéria seca, sendo esta relação predita pela equação 1.13.

$$WR = 0,62MEI + 1,37DMI \quad (1.13)$$

onde, WR_{ganho} = Total de água requisitada, mL; MEI = Energia metabolizável ingerida por dia, kcal; DMI = Matéria seca ingerida por dia, g.

Uma terceira equação (equação 1.14) predita pelo NRC (1985) relaciona mais diretamente consumo de água ao de matéria seca, redundando num consumo de 2,87 por kg de matéria seca ingerida.

$$TWI = 3,86 \times DMI - 0,99 \quad (1.14)$$

onde, *TWI* = Total de água ingerida por dia, L; *DMI* = Matéria seca ingerida por dia, kg/d.

Assim como a digestibilidade, o trânsito digestivo exerce profundo efeito sobre a degradação do alimento. Sendo que esse último determina o tempo de retenção do alimento no trato anterior ou posterior interferindo sobre o processo fermentativo e absoritivo (Seo et al., 2009). A passagem do alimento dos pré-estômagos para o trato digestivo posterior determina entre outras coisas o teor de proteína que chega aos intestinos, e, portanto, disponível para o hospedeiro.

A taxa de passagem é mensurada usualmente com o auxílio de indicadores, destacando-se entre estes o uso de fibras mordentadas com elementos como o cromo. Para este metal, Udén et al. (1980) descreve técnica simples e efetiva para se mordentar materiais vegetais como feno, silagens ou material verde. Recomenda-se que o material seja lavado intensamente para se retirar todo o material solúvel e o excesso de cromo que porventura não tenha se ligado ao material que se desejava mordentar.

A concentração fecal obtida por leitura em espectrômetro de chama é então plotado graficamente em função dos tempos de coleta pós dosagem do indicador. Através do ajuste de modelos não lineares se obtêm parâmetros com algum significado biológico. Neste contexto, surgem diversas equações, destacando-se o modelo tempo dependente desenvolvido por Dhanoa et al. (1985). Caracterizado por uma equação multiplicativa contendo um termo exponencial e termo exponencial duplo, equação 1.15, representa um sistema multicompartimental, como pode ser caracterizado o sistema digestivo de ruminantes. Autores concordam que a utilização deste modelo tem sido mais adequada para a estimativa dos parâmetros de interesse biológico frente a outros modelos tradicionais como os desenvolvidos por Blaxter et al. (1956) e Grovum e Williams (1973). Para condições brasileiras, Detmann et al. (2001) demonstraram boa adequação deste modelo para bovinos em condições a pasto. Trabalhos com emprego deste modelo para ovinos em condições brasileiras são escassos ou inexistentes.

$$y = Ae^{-k_1 t} \times \exp(-be^{-k_2 t}) \quad (1.15)$$

onde, *y* = Concentração fecal de cromo, ppm; *A* e *B* = Parâmetros sem significado biológico; *k*₁ = Taxa de passagem ruminal; *k*₂ = Taxa de passagem pós ruminal. (Dhanoa et al., 1985).

Com intuito de tornar mais acessível o valor para trânsito digestivo, várias equações empíricas foram desenvolvidas (Sniffen et al., 1992; Cannas et al., 2004) baseadas em variáveis como teor de FDN e/ou teor de proteína como preditoras da cinética digestiva. Segundo Tedeschi et al. (2010), a taxa de passagem de ovinos utilizadas pelo SRNS é determinada pela equação 1.16.

$$Kp_{Forages} = 1,821 \times NDFI^{0,399} \times e^{0,046 \times CP} \quad (1.16)$$

onde, $Kp_{FORAGES}$ = Taxa de passagem de forragens; $NDFI$ = FDN ingerido em função do Peso Vivo; CP = Teor de proteína bruta na dieta. (Tedeschi et al., 2010).

A relação entre as variáveis é melhor visualizada no modelo de superfície apresentado na figura 1.4.

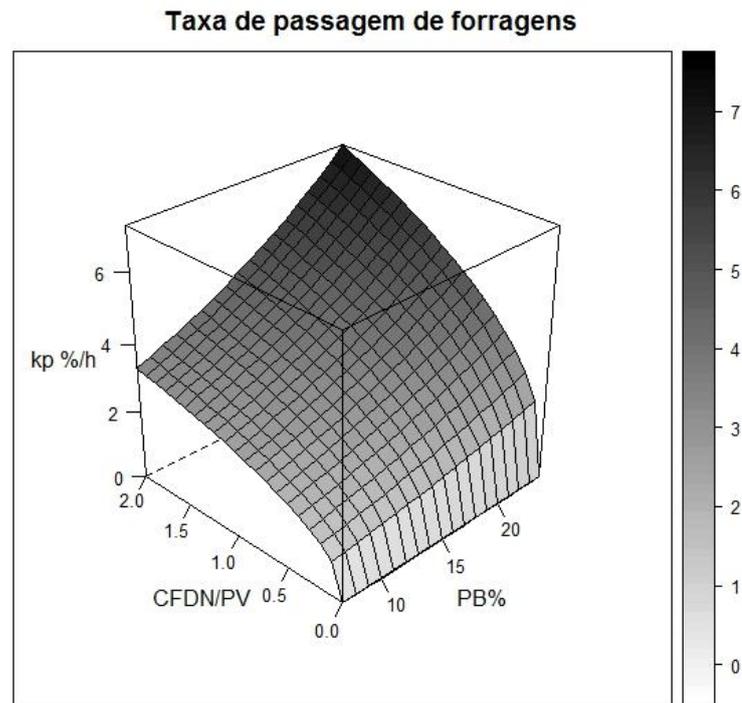


Figura 1.4 – Modelo de superfície da taxa de passagem de forragens (kp) em função do consumo de matéria seca em função do peso vivo e teor de proteína bruta da dieta. (Tedeschi et al., 2010).

O aumento do teor proteico, como do teor relativo de FDN na dieta elevam a taxa de passagem, reduzindo, portanto, o tempo de retenção e, conseqüentemente, a degradação potencial. Este fenômeno foi demonstrado na equação 1.16.

1.3 Material e Métodos

1.3.1 Ética Experimental

O experimento foi realizado de acordo com projeto submetido e aprovado pelo Comitê de Ética e Experimentação Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, número de registro CETEA 197/10, (*Vide* Anexo 1).

1.3.2 Período

As coletas de campo foram realizadas entre os meses de novembro de 2010 a abril de 2011. Análises laboratoriais, estatísticas e redação ocorreram nos meses de, junho, julho e agosto de 2011.

1.3.3 Localização e Ambiente

O experimento foi conduzido na Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, nas dependências do Departamento de Zootecnia, no Laboratório de Calorimetria e Metabolismo “Prof. José de Alencar Carneiro Viana”.

A estrutura do galpão é formada por paredes de alvenaria com amplas janelas laterais teladas, piso concretado e telhado formado por duas camadas de alumínio separadas por camada única de poliestireno para isolamento térmico. O teto ainda é dotado de aeradores eólicos para troca de calor e ventiladores que direcionam o ar quente para o lanternim central. Para alojamento dos animais, 36 gaiolas de metabolismo foram preparadas sendo lavadas e equipadas com telas laterais para redução de perdas de fezes. Os pisos ripados de madeira foram, assim como a parte metálica, submetidos a calor com o uso de vassoura de fogo para o controle séptico. Essas gaiolas eram providas de cocho para alimento, cocho para sal, bebedouro e um conjunto caixa plástica e balde telado cortado em bisel por gaiola para coleta seletiva de fezes e urina.

1.3.4 Animais

Foram utilizadas 36 fêmeas ovinas (*Ovis aries*) da raça Santa Inês, recém desmamadas, com idade entre 3 e 4 meses e peso entre 14 e 26 kg. Vinte e quatro cordeiras foram adquiridas de uma fazenda localizada em Pirapora-MG e as demais, de uma outra propriedade localizada em Barbacena-MG, sendo que ambas possuíam escrituração zootécnica mínima necessária ao delineamento experimental. Assim que desembarcaram, as cordeiras passaram por criterioso exame clínico, sendo pesadas, identificadas, desverminadas e receberam doses de coccidiostático para controle de endoparasitoses. Fezes foram coletadas para realização de exame coprológico, o qual repetiu-se de acordo com a necessidade clínica. Realizado os procedimentos acima, os animais foram alojados aleatoriamente nas gaiolas de metabolismo.

1.3.5 Manejo Diário

Diariamente, a partir das 8h, as gaiolas e o galpão eram higienizados procedendo-se raspagem do piso ripado, limpeza dos funis coletores e esvaziamento das caixas de coleta de dejetos. Os baldes com água eram retirados e o volume restante do dia anterior era mensurado com auxílio de uma proveta de 2L. Feito isto, eram lavados, completados para quatro litros e repostos nas gaiolas. Um balde, idêntico aos utilizados como bebedouro, foi diariamente completado para 4 litros e anotava-se a redução do volume no dia seguinte para controle da evaporação diária e futura correção no consumo de água dos animais. Os saleiros eram repostos diariamente com mistura mineral comercial específica para ovinos, para garantir consumo *ad libitum*. Assim como na água, sobras e ofertado eram registrados para determinação do consumo de sal, sendo amostrados diariamente no mínimo 10% do material para correção de umidade. As sobras de alimento restantes nos cochos eram coletadas e pesadas, sendo o peso anotado em caderno próprio para controle do consumo diário, admitindo-se que este é o resultado da subtração da quantidade ofertada menos a restante no cocho em um período de 24 horas. Por volta das 8h 30min eram fornecidos volumoso e concentrado em quantidade específica para cada animal, pesada no dia anterior representando 50% da oferta diária de alimento. Durante o dia, procedia-se a pesagem de alimento para os dias posteriores. Às 16h, os animais recebiam a segunda metade da refeição do dia. Água e sal eram repostos conforme a necessidade, sendo registrados os acréscimos em caderno próprio.

Semanalmente, os animais eram pesados em jejum (16 horas) e atribuíam-se o escore corporal, realizado sempre pelo mesmo avaliador, observando-se escala proposta no NRC (2007), em que o valor 0 era dado ao animal muito magro e 5 ao animal obeso. Temperatura e umidade eram mensuradas e anotadas diariamente com auxílio de dois termo-higrômetros posicionados na mesma altura dos animais em relação ao chão.

1.3.6 Delineamento Experimental

Respeitando-se o mínimo de 15 dias de adaptação aos alimentos (feno de Tifton e concentrado composto por farelo de milho e farelo de soja), os animais foram divididos em três grupos de 12 cabeças, utilizando-se como critério para formação dos grupos o peso vivo, condição corporal e fenótipo, na respectiva ordem de importância. Cada grupo foi então destinado ao abate aos 20, 30 ou 40 kg de peso vivo, sendo distribuídos em dois regimes alimentares, *ad libitum* ou restrito. Desta forma, formou-se um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 2 x 3 (2 regimes alimentares e 3 pesos ao abate), como descrito na Tabela 1.1.

TABELA 1.1 – Distribuição das unidades experimentais

Peso ao Abate (kg)	Regime		Repetições por Peso
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	
20	6	6	12
30	6	6	12
40	6	6	12
Repetições por Regime	18	18	TOTAL = 36

1.3.7 Dietas Experimentais

A ração experimental foi formulada baseada em estimativa de ganho para 300 g/dia para cordeiros, obtida pelo sistema SRNS (Cannas et al, 2004). A fração concentrada foi preparada em misturador vertical na fábrica de ração da Fazenda Experimental Hélio Barbosa, pertencente à UFMG, sendo composta de farelo de milho finamente moído (*Zea mays*), farelo de soja (*Glicine max*), fosfato bicálcico, calcário e bicarbonato de sódio. Sua composição percentual está apresentada na tabela 1.2. O feno de Tifton (*Cynodon spp.*) foi adquirido da fazenda Santa Helena, Bom Despacho – MG, em remessa única. Para o fornecimento aos animais foi picado em picadeira estacionária em partículas de aproximadamente cinco centímetros. A composição bromatológica da ração está descrita na tabela 1.3.

TABELA 1.2 – Composição percentual da dieta experimental

Concentrado (Alimentos)	% na Matéria Natural
Farelo de Milho	51,52
Farelo de Soja	44,87
Fosfato Bicálcico	0,15
Calcário	1,84
Bicarbonato	1,62
Concentrado	55,44
Volumoso (Feno de Tifton)	44,56

A quantidade ofertada foi ajustada semanalmente de acordo com o consumo dos animais alocados no grupo *ad libitum*, de forma que o consumo médio dos animais não restritos (*i.e. ad libitum*) por unidade de tamanho metabólico (UTM) era multiplicado por 1,15 para permitir 15% de sobra para os animais deste grupo, e, inicialmente, por 0,85 para obter-se a oferta destinada ao grupo restrito. Desta forma, por exemplo, se o consumo médio dos animais *ad libitum* do grupo 30 fosse 100 g/UTM, a oferta individual dos animais restritos do mesmo grupo seria 85 g/UTM e dos animais *ad libitum* seria 115 g/UTM.

TABELA 1.3 – Composição bromatológica da dieta experimental

Nutriente ¹	Concentrado	Volumoso	Dieta
Matéria Seca (% da MN ²)	88,23	88,84	88,50
Matéria Orgânica (%)	80,00	82,84	81,26
Matéria Mineral (%)	8,24	6,00	7,24
Fibra em Detergente Neutro (%)	12,42	62,18	34,59
Fibra em Detergente Ácido (%)	5,23	31,04	16,74
Proteína Bruta (%)	31,5	10,31	22,05
Extrato Etéreo (%)	3,74	1,93	2,93
Energia Metabolizável (kcal/kg) ³	-	-	2316,03

1 – Com exceção da matéria seca, todos os outros nutrientes estão apresentados como porcentagem da matéria seca; 2 – Matéria Natural; 3 – Energia metabolizável média do experimento, sendo a produção de metano estimada pelo modelo descrito por Blaxter e Clapperton (1965).

A mudança da dieta era realizada no mesmo dia das pesagens, para que se atualizasse o peso metabólico das unidades experimentais.

A restrição de 15% inicialmente proposta variou consideravelmente durante o experimento, no intuito de manter o ganho de peso dos animais restritos o mais distante possível dos animais *ad libitum*, sem, no entanto, provocar perdas de peso no primeiro grupo. O valor médio final da restrição em relação ao grupo *ad libitum* para todos os animais foi de 30%, conforme pode ser observado nas tabelas 1.4 de consumo na seção 1.4 (Resultados e Discussão).

1.3.8 Ensaio de Digestibilidade Aparente

Os ensaios de digestibilidade foram realizados em cinco dias de coletas consecutivas, quando foram amostradas diariamente 10% das sobras de alimentos, fezes e urina, formando-se as respectivas amostras compostas ao final do período para cada unidade experimental. Diariamente, pela manhã, as fezes produzidas num período de 24 horas foram pesadas em balança com precisão de 1 grama e, similarmente, a urina teve seu volume aferido em proveta de 2L, para cômputo das respectivas produções fecal e urinária diárias. Durante esta fase, foram adicionados ao balde coletor de urina, 100 mL de ácido clorídrico para efetivo abaixamento do pH e redução da perda de nitrogênio urinário por volatilização como amônia. A época de realização do ensaio foi determinada pela aproximação do peso vivo dos animais *ad libitum* do peso final ou peso ao abate. Concomitante ao ensaio de cada animal alimentado à vontade, um animal sob alimentação restrita do mesmo grupo tinha suas fezes, urina e sobras coletadas, para análises de digestibilidade, mesmo possuindo menor peso vivo. O material coletado foi resfriado a -18°C em câmara fria localizada no mesmo laboratório, para futuras análises. Amostra significativa do material ofertado (feno e concentrado) utilizado durante o ensaio de digestibilidade foi coletada para análises posteriores. Vale ressaltar que a limpeza e higienização diária durante essa fase foram rigorosas para que se garantisse a melhor aferição da produção fecal e urinária e menor contaminação possíveis.

1.3.9 Ensaio de cinética de sólidos

Para a determinação da taxa de passagem de sólidos utilizou-se feno mordentado com dicromato de sódio. Amostra representativa do feno utilizado no próprio experimento foi submetida à técnica descrita por Udén et al. (1980), onde dicromato de sódio ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) foi utilizado como fonte de cromo para formação do indicador. Dez gramas da fibra mordente foram fornecidos aos animais, em dose única, momentos antes da primeira refeição do dia. Foram coletados neste momento amostra de fezes direto do reto para amostragem no tempo zero. Da mesma forma, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 35, 47, 71 e 96 horas após a administração da fibra, coletaram-se fezes (sempre direto da ampola retal) em quantidade não inferior a 10 gramas. Após coleta, cada amostra foi armazenada individualmente e congelada em câmara fria (-18°C).

1.3.10 Consumo de água

O consumo de água foi obtido mensurando-se diariamente por um período de quinze dias o volume das sobras diárias, sendo ofertado 4L por dia pela manhã e possíveis

acréscimos no período da tarde conforme consumo voluntário individual. A taxa evaporativa foi obtida através da mensuração da redução diária do volume de água em balde inacessível aos animais alocado no mesmo ambiente experimental, conforme descrito no item 1.3.5 desta dissertação.

1.3.11 Análises Laboratoriais

O material coletado durante o ensaio de digestibilidade foi descongelado em temperatura ambiente, sendo então processado. Fezes e sobras foram pré secadas em estufa ventilada a 55°C por 72h, moídas em moinho de facas dotado de peneira com abertura de malha de 1mm e reservadas para análises futuras. As urinas foram homogeneizadas e filtradas em coador de café, quando se mensurou com auxílio de um refratômetro a densidade da mesma. As amostras de fezes, sobras e ofertado foram submetidas às análises de matéria seca, matéria mineral e fibra em detergente neutro, conforme descrito em Silva e Queiroz (2002). Amostras de sobras, ofertado e fezes foram ainda submetidos à análise de energia bruta em bomba calorimétrica. Para a estimativa da energia metabolizável, utilizaram-se as equações 1.17 e 1.18 descritas por Blaxter e Clapperton (1965), onde a primeira resulta na produção de metano (kcal/100 kcal de consumo de Energia Bruta) e a segunda subtrai da primeira, a redução na produção de metano obtida com a elevação do nível energético da dieta para duas vezes a manutenção.

$$CH_4 \left(\frac{kcal}{100kcal} ingerido \right) = 3,67 + 0,062D \quad (1.17)$$

onde, D = Digestibilidade da energia. (Blaxter e Clapperton, 1965).

$$CH_4 \left(\frac{kcal}{100kcal} ingerido \right) = 0,05D - 2,37 \quad (1.18)$$

onde, D = Digestibilidade da energia. (Blaxter e Clapperton, 1965).

As fezes coletadas no ensaio de cinética digestiva foram secadas em estufa ventilada a 55°C por 72 horas, sendo posteriormente moídas em moinho de facas dotado de peneira com abertura de malha de 1 mm, seguindo-se análise de matéria seca, cinzas e abertura de solução, sendo resfriadas para quantificação da concentração de cromo por espectrofotometria de absorção atômica, conforme descrito por Silva e Queiroz (2002).

Todas as análises supracitadas foram realizadas nas dependências do Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG.

1.3.12 Análise Estatística

As comparações de médias foram realizadas através do software Saeg 9.0, elencando-se teste SNK a 5% de probabilidade. As análises de variância seguiram o modelo estatístico descrito na equação 1.19.

$$Y_{ij} = \mu + R_i + P_j + RP_{ij} + e_{ij} \quad (1.19)$$

onde, μ = média geral da variável analisada; R = Efeito do regime alimentar, i = “ad libitum” ou restrito; P = Peso ao abate, j = 20, 30 ou 40; RP_{ij} = Efeito da interação do regime i com o peso ao abate j ; e = erro residual aleatório.

Para determinação da cinética digestiva elencou-se o modelo descrito por Dhanoa et al. (1985), conforme equação 1.15. A adequação do modelo foi avaliado primeiramente por critério visual subjetivo através de plotagem gráfica da curva sobre pontos observados, plotagem gráfica das diferenças entre observação e valor estimado sobre o tempo, avaliação do quadrado médio do erro e coeficiente de determinação (R^2). Como critério auxiliar, comparou-se a produção fecal estimada pela equação 1.20 com a produção fecal observada no ensaio de digestibilidade, definindo-se como limites da integral 0 e 300 conforme descrito por Detmann et al. (2001).

$$EF_{est} = \frac{D}{\int_0^{300} C_t dt} \quad (1.20)$$

onde, EF_{est} = Excreção fecal estimada, kg/h; D = dose de cromo, mg; $\int_0^{300} C_t dt$ = integral da equação ajustada para concentração de cromo fecal de cada grupo experimental. (Detmann et al., 2001).

As estimativas dos coeficientes foram obtidas por quadrados mínimos, utilizando-se algoritmo de Gauss-Newton. As equações para cada combinação peso ao abate *versus* regime alimentar, no total de seis, foram estimadas simultaneamente utilizando-se variáveis auxiliares do tipo “dummy” (Regazzi e Silva, 2004). A partir do modelo com as seis equações de Dhanoa foi realizado teste para falta de ajustamento, considerando-se o erro puro obtido do modelo através dos efeitos de peso de abate, regime alimentar, tempo de coleta, bem como suas interações. Feito isto, foram testadas hipóteses de nulidade pela estatística F para teste de identidade de modelos, em que os parâmetros gerados para as equações agrupadas foram reduzidos a um, unicamente ou dois a dois até que se encontrasse o menor número de parâmetros capazes de tornar a falta de ajuste significativa a 0,05% de probabilidade.

1.4 Resultados e Discussão

1.4.1 Consumo e Digestibilidade

Os resultados obtidos para consumo de matéria seca e matéria orgânica estão dispostos nas tabelas 1.4. Observa-se que não houve interação entre os tratamentos para consumo de matéria seca absoluta ou relativa ao peso vivo ou metabólico, ocorrendo o mesmo para o consumo de matéria orgânica.

O efeito da restrição alimentar fica evidente nos resultados obtidos para a variável consumo diário de matéria seca (CMS), tendo esta causado redução na ingestão de matéria seca de 67%, 75% e 66% em relação aos animais do grupo *ad libitum* para os animais abatidos aos 20, 30 e 40 kg, respectivamente.

Tabela 1.4 – Consumo diário de matéria seca (CMS) e matéria orgânica (CMO) absolutos e relativos ao peso vivo (PV) e tamanho metabólico (UTM) em função do regime alimentar e peso ao abate.

Peso ao Abate	CMS (g)		CMS (%PV)		CMS (g/UTM)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
20	970,62 ^{aB}	653,04 ^{bB}	4,81 ^{aA}	3,75 ^{bA}	101,88 ^{aA}	76,58 ^{bA}
30	934,01 ^{aB}	699,54 ^{bB}	3,27 ^{aB}	2,41 ^{bB}	75,57 ^{aB}	55,13 ^{bB}
40	1127,08 ^{aA}	744,74 ^{bA}	2,96 ^{aC}	2,20 ^{bC}	73,59 ^{aB}	52,96 ^{bB}
C.V. ¹ (%)	8,74		7,19		6,94	

Peso ao Abate	CMO (g)		CMO (%PV)		CMO (g/UTM)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
20	961,19 ^{aB}	535,44 ^{bB}	4,76 ^{aA}	3,07 ^{bA}	100,82 ^{aA}	62,79 ^{bA}
30	871,43 ^{aB}	572,16 ^{bB}	3,05 ^{aB}	1,97 ^{bB}	70,45 ^{aB}	44,99 ^{bB}
40	1084,29 ^{aA}	605,50 ^{bA}	2,85 ^{aB}	1,78 ^{bB}	70,75 ^{aB}	43,05 ^{bB}
C.V. ¹ (%)	10,61		7,19		7,44	

¹Coefficiente de Variação. Letras minúsculas distintas denotam diferença estatística entre médias nas linhas para mesmas variáveis e maiúsculas nas colunas pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

O mesmo foi observado para o consumo de matéria orgânica. O peso ao abate interferiu sobre o consumo, tendo o grupo 40 o maior consumo absoluto. No entanto, quando avaliado corrigindo-se para peso vivo, foi diferente para todos, invertendo-se o resultado. Embora o consumo absoluto aumente em função do peso vivo do animal, este não cresce em proporção similar ao ganho de peso, justificando a redução percentual do consumo com o aumento do peso. Segundo Freer et al. (2010), o consumo é uma função quadrática do aumento do tamanho relativo. Admitindo-se que o peso adulto dos animais do grupo *ad libitum* fosse 40, 50 ou 60 kg, os consumos preditos em função do tamanho relativo conforme descrito por Freer et al. (2010), superestimariam na maioria das vezes os obtidos neste experimento (Figura 1.5). Dentre as curvas, aquela que mais se aproximou do observado, isto é, distribuição mais homogênea das observações em torno do predito pelo modelo, foi quando se atribuiu aos animais peso adulto de 40 kg. A observação do escore corporal dos animais alimentados de modo não restrito abatidos aos 40 kg, bem como da deposição visual de

gordura na carcaça, sugerem que estes já estavam em fase de acabamento o que indica um bom ajuste do modelo australiano aos dados deste experimento.

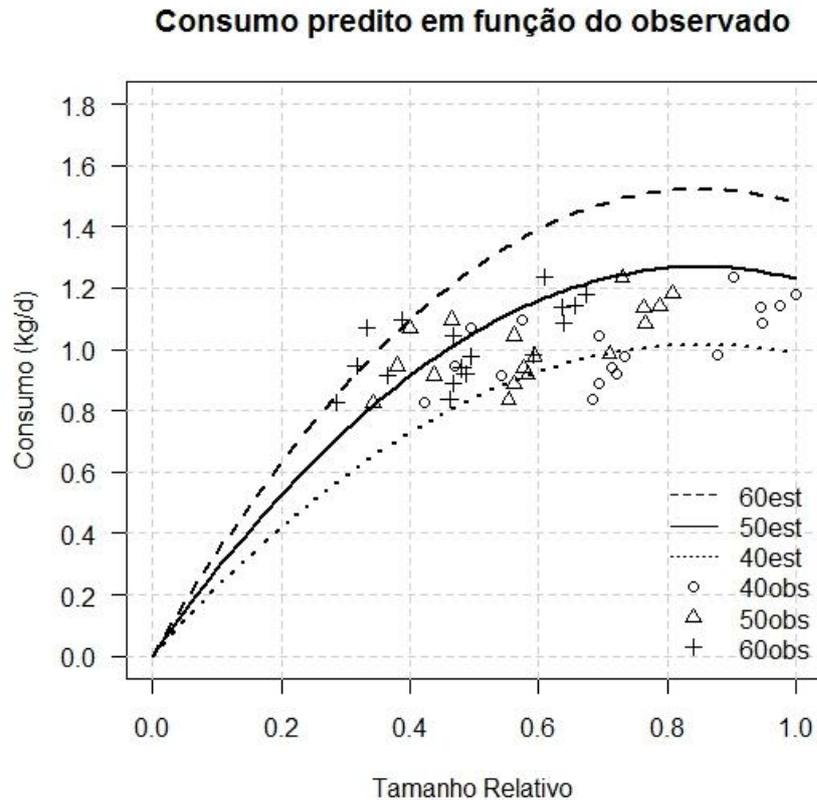


Figura 1.5 – Consumo observado em função do tamanho relativo estimado para peso adulto de 40, 50 ou 60kg sobreposto às curvas de consumo preditos pelo modelo de Freer et al. (2010) para os mesmos pesos.

A maior ingestão do grupo 20, capaz inclusive de equiparar o consumo do grupo 30, pode estar associada ao menor tempo de experimentação imposto a este, podendo não ter sido controlado um possível ganho compensatório quando os animais normalmente tendem a consumir mais do que o normal (Forbes, 2007). Uma vez que o efeito de enchimento ruminal influencia o consumo (Van Soest, 1994), outro fator capaz de explicar a similaridade de consumo entre os grupos 20 e 30 é a capacidade ruminal. A avaliação do volume ruminal e massa ruminal serão melhor discutidas no capítulo 2.

Pela equação (1.11) predita pelo AFRC (1993), o consumo médio de MS estimado para os grupos 20, 30 e 40 seriam, respectivamente, 0,707, 0,959 e 1,19 kg/dia. Estes valores estão bem próximos do obtidos no presente estudo, com exceção do grupo 20, para o qual a equação subestimou o consumo, conforme pode ser observado na figura 1.6.

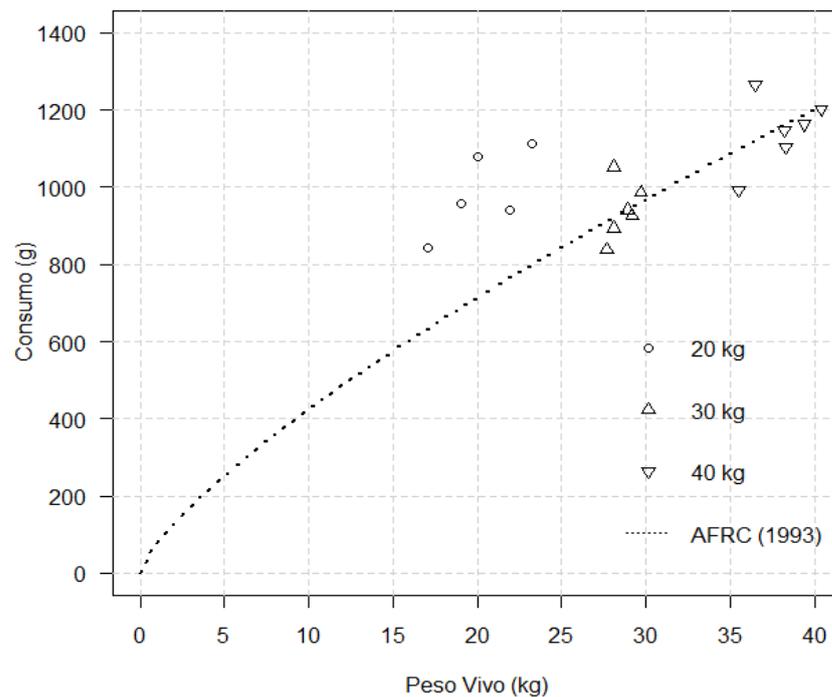


Figura 1.6 – Consumo observado pelos animais com alimentação *ad libitum* em função do peso vivo sobreposto à curva de consumo previsto pelo modelo do AFRC (1993).

A disparidade entre o consumo observado e previsto pelo modelo AFRC (1993) para animais com 20 kg pode estar associado ao ganho compensatório em que esses animais provavelmente se encontravam, o que provavelmente aumentou a capacidade ingestiva desses animais.

O consumo de energia está descrito na tabela 1.5

O consumo de energia também foi afetado pela restrição alimentar. Este comportamento desdobrou-se sobre toda a decomposição da energia, de bruta a metabolizável, sendo drástica a redução da ingestão de energia metabolizável por unidade de tamanho metabólico por animais restritos em relação aos *ad libitum*.

É sabido que o aumento da ingestão tende a reduzir a digestibilidade do alimento uma vez que há tendência do aumento na taxa de passagem da ingesta (Van Soest, 1994). Este efeito ficou claro ao se observar a metabolizabilidade da dieta, EM/EB. Essa variável, proposta pelo AFRC (1993), mostra a quantidade da energia ingerida que se tornou disponível para uso pelo animal. Dessa forma, conforme a previsão deste comitê, o grupo com 20 kg apresentou consumo maior do que o esperado (Figura 1.6) e como consequência apresentou queda da metabolizabilidade (Tabela 1.5).

Tabela 1.5 – Consumo de energia bruta (CEB), energia digestível (CED) e metabolizável (CEM) absoluta e relativa ao peso metabólico (CEM/UTM). Relação energia digestível sobre bruta (ED/EB) e relação metabolizável sobre bruta (EM/EB).

Variáveis	CEB (kcal)		CED (kcal)		CEM (kcal)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
Peso ^{ao} Abate						
20	4.114,97 ^{aB}	2.803,27 ^{bB}	2.903,01 ^{aB}	1.965,06 ^{bB}	2.513,82 ^{aB}	1.686,67 ^{bB}
30	4.079,55 ^{aB}	2.831,20 ^{bB}	3.008,58 ^{aB}	2.129,87 ^{bB}	2.625,55 ^{aB}	1.807,12 ^{bB}
40	4.825,14 ^{aA}	3.218,26 ^{bA}	3.772,70 ^{aA}	2.396,15 ^{bA}	3.275,73 ^{aA}	2.000,65 ^{bA}
C.V. ¹ (%)	9,98		10,21		10,78	
Variáveis	CEM/UTM (kcal/UTM)		ED/EB (%)		EM/EB (%)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
Peso ^{ao} Abate						
20	259,26 ^{aA}	198,16 ^{bA}	70,37 ^{aB}	70,22 ^{bB}	66,59 ^{aB}	66,02 ^{bB}
30	212,50 ^{aB}	150,64 ^{bB}	73,79 ^{bA}	75,33 ^{aA}	70,00 ^{aA}	69,45 ^{bA}
40	213,94 ^{aB}	140,60 ^{bB}	78,23 ^{aA}	74,35 ^{bA}	73,36 ^{aA}	67,63 ^{bA}
C.V. ¹ (%)	8,97		3,50		1,30	

¹Coefficiente de Variação. Letras minúsculas distintas denotam diferença estatística entre médias nas linhas para as mesmas variáveis e maiúsculas nas colunas pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Por outro lado, o comportamento de ingestão seletiva permitido aos animais do grupo *ad libitum*, frente à maior oferta de alimento quando comparada ao grupo restrito, possibilitou maior capacidade de seleção por partes da ração, por exemplo, maior consumo proporcional de concentrado em relação ao volumoso, ou de folhas do feno ao invés de colmos, garantindo maior digestibilidade e metabolizabilidade da energia da dieta.

O aspecto das sobras presente no cocho do grupo alimentado à vontade (grande quantidade de hastes) corrobora essa hipótese e pode ser averiguada pela elevação observada do teor médio de FDN das sobras frente ao teor dessa entidade no volumoso original e dieta como um todo. A seletividade, permitida pelo incremento da oferta, aumenta o consumo de folhas e a recusa de hastes, e tende a elevar a digestibilidade do alimento (Bhargava et al., 1988 *apud* Forbes, 2007). No presente ensaio o volumoso, ainda que picado, foi visivelmente selecionado pelos animais que receberam maior oferta de alimento.

As digestibilidades da matéria seca e orgânica estão dispostas na tabela 1.6.

A restrição não foi capaz de interferir na digestibilidade do alimento, com exceção do grupo 40, no qual houve redução da digestibilidade da matéria seca. Quando avaliados os consumos de matéria seca e orgânica digestíveis, o impacto da restrição fica mais claro, uma vez que o grupo *ad libitum* apresentou sempre maior consumo absoluto.

Tabela 1.6 – Digestibilidade (DMS, DMO) e consumos diários da matéria seca e orgânica digestíveis (CMSD, CMOD) absolutos e relativos ao tamanho metabólico (UTM) em função do regime alimentar e peso ao abate.

Variáveis	DMS (%)		CMSD (g)		CMSD (g/UTM)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
Peso ao Abate						
20	69,18 ^{aC}	67,66 ^{aB}	671,6 ^{aB}	440,9 ^{bA}	70,4 ^{aA}	51,8 ^{bA}
30	72,70 ^{aB}	73,11 ^{aA}	679,0 ^{aB}	483,2 ^{bA}	55,0 ^{aB}	40,3 ^{bB}
40	76,63 ^{aA}	69,36 ^{bB}	863,3 ^{aA}	518,0 ^{bA}	56,4 ^{aB}	36,8 ^{bB}
C.V. ¹ (%)	3,95		9,59		7,62	
Variáveis	DMO (%)		CMOD (g)		CMOD (g/UTM)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
Peso ao Abate						
20	87,2 ^B	79,7 ^B	841,2 ^{aB}	427,2 ^{bA}	87,9 ^{aA}	50,2 ^{bA}
30	81,4 ^B	82,4 ^B	709,6 ^{aC}	445,4 ^{bA}	57,4 ^{aB}	37,1 ^{bB}
40	89,5 ^A	88,1 ^A	972,4 ^{aA}	532,9 ^{bA}	63,5 ^{aB}	37,9 ^{bB}
C.V. ¹ (%)	5,21		13,51		10,38	

¹Coefficiente de Variação. Letras minúsculas distintas denotam diferença estatística entre médias nas linhas para as mesmas variáveis e maiúsculas nas colunas pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

A manutenção da digestibilidade pode ser explicada, mais uma vez, pela seleção permitida ao grupo *ad libitum*. O grupo *ad libitum* com peso ao abate de 40 kg obteve maior digestibilidade de matéria seca e orgânica. É possível a maior massa e volume ruminal (discutido no capítulo 2) confira maior capacidade digestiva e fermentativa, talvez por maior tempo de retenção da digesta na câmara fermentativa, e por fim, maior digestibilidade. Os dados referentes à fração fibrosa (tabela 1.7) reforçam essa possibilidade, verificando-se que animais com 30 ou 40 kg apresentaram maior digestibilidade da fração insolúvel em detergente neutro, e as cordeiras do último grupo conseguiram isto consumindo maior quantidade de FDN, denotando maior capacidade digestiva e de armazenamento. A digestibilidade dessa fração serve como indicador do metabolismo pré-abomasal uma vez que é fortemente dependente da atividade celulolítica desenvolvida pela microbiota residente do rúmen, retículo e omaso. No capítulo 2 nota-se o crescimento dessas vísceras em função do aumento do peso vivo, corroborando a assertiva supracitada.

Além do efeito de peso ao abate, o consumo e digestibilidade da FDN foram também afetados pelo regime nutricional. Ao contrário da matéria seca e orgânica, a restrição alimentar aumentou a digestibilidade da fração fibrosa da dieta. É possível que o aumento da ingestão pelo grupo *ad libitum* comparado ao grupo sob restrição, tenha causado aumento suficiente do trânsito digestivo, a ponto de reduzir a digestibilidade dessa fração tão dependente do tempo de retenção nas câmaras fermentativas. Além disso, o possível maior consumo proporcional de carboidratos não fibrosos pelo grupo *ad libitum* pode ter condicionado um ambiente ruminal menos favorável à microbiota celulolítica, ligado a uma redução do pH do meio, reduzindo a digestibilidade da fração insolúvel em detergente neutro.

TABELA 1.7 – Digestibilidade da fração insolúvel em detergente neutro (DFDN) e consumo diário de fibra em detergente neutro (CFDN) e fibra em detergente neutro digestível (CFDNd).

	Regime		Peso ao Abate			C.V. ¹ (%)
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	20	30	40	
CFDN (g)	341,35 ^a	268,70 ^b	280,04 ^b	296,31 ^b	338,72 ^a	12,14
DFDN (%)	61,64 ^b	66,36 ^a	56,33 ^b	65,91 ^a	69,76 ^a	10,33
CFDNd (g)	213,06 ^a	178,56 ^b	156,36 ^c	195,37 ^b	235,70 ^a	16,20

¹Coefficiente de Variação. Letras minúsculas distintas denotam diferença estatística entre médias nas linhas para as mesmas variáveis e maiúsculas nas colunas pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Colucci et al. (1982) observaram o mesmo efeito em bovinos, isto é, queda da digestibilidade da fibra para animais consumindo *ad libitum*, concordando com os dados obtidos no presente trabalho.

O consumo médio de água durante o experimento está apresentado na tabela 1.8.

Tabela 1.8 – Consumo de água absoluto (CÁgua) e relativos ao peso (CÁgua/PV) e consumo de matéria seca (CÁgua/MS) em função do regime alimentar e peso ao abate.

Variáveis	CÁgua (L)		CÁgua/PV (mL/kg)		CÁgua/CMS (L/kg)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
Peso ao Abate						
20	2,27 ^B	1,77 ^B	109,59 ^A	102,00 ^A	2,32 ^b	2,72 ^a
30	2,53 ^{AB}	2,21 ^{AB}	88,02 ^B	79,69 ^B	2,71 ^b	3,29 ^a
40	2,88 ^A	2,81 ^A	75,53 ^B	81,68 ^B	2,53 ^b	3,75 ^a
C.V. ¹ (%)	27,89		24,93		25,96	

¹Coefficiente de Variação. Letras minúsculas distintas denotam diferença estatística entre médias nas linhas para as mesmas variáveis e maiúsculas nas colunas pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

O consumo de água foi significativamente influenciado pelo peso ao abate, havendo aumento progressivo do consumo em função do incremento do peso. Pela equação 1.12 proposta pelo NRC (2007) o consumo predito para as três faixas de peso seriam 2,8, 3,8 e 4,8 L, valores muito acima do encontrado neste trabalho. Relacionando o metabolismo ao consumo, a equação 1.13 redundaria em consumo médio de 2,72 L, valor bem próximo do obtido. Quando avaliado relativo ao peso vivo, o consumo de água foi maior para os animais do grupo 20. A relação existente entre metabolismo e água pode ter ocasionado o maior consumo deste grupo devido ao seu provável metabolismo mais intenso.

A equação 1.14 predita pelo NRC (1985) que relaciona consumo de água ao de matéria seca aproxima-se da média obtida pelos animais do grupo *ad libitum* conforme tabela 1.7.

O maior consumo observado para o grupo restrito em função do consumo de matéria seca provavelmente é fruto do regime alimentar imposto, reduzindo o denominador da função (CÁgua/CMS), neste caso, tornando não aplicável as fórmulas acima descritas, uma vez que os animais não estavam em condição *ad libitum*.

1.4.2 Cinética

Os valores obtidos para a concentração fecal de cromo variaram de 15 a 796 ppm, demonstrando nítida variação na concentração e portanto, influência do indicador ao longo do tempo. A concentração do indicador na fibra mordentada foi de 4,46% na matéria seca. A quantidade administrada de fibra mordentada para cada animal foi 10 gramas na matéria natural. Conclui-se então que a dose única de indicador ofertada foi de 400,45 mg.

Segundo Lopes et al. (2003), a concentração de indicador em trabalhos com fibra mordente varia entre 1,0 a 10,36%, estando, portanto, o presente estudo dentro da faixa encontrada na literatura.

O primeiro passo para avaliação da cinética foi a observação gráfica dos pontos relativos à concentração de cromo (ppm) nas fezes em função do tempo para todos os animais do experimento (figura 1.7a). Procederam-se então tentativas de convergência a partir de valores iniciais para o modelo de Dhanoa et al. (1985), gerando-se uma curva média para os pontos, cuja representação gráfica está apresentada na figura 1.5a.

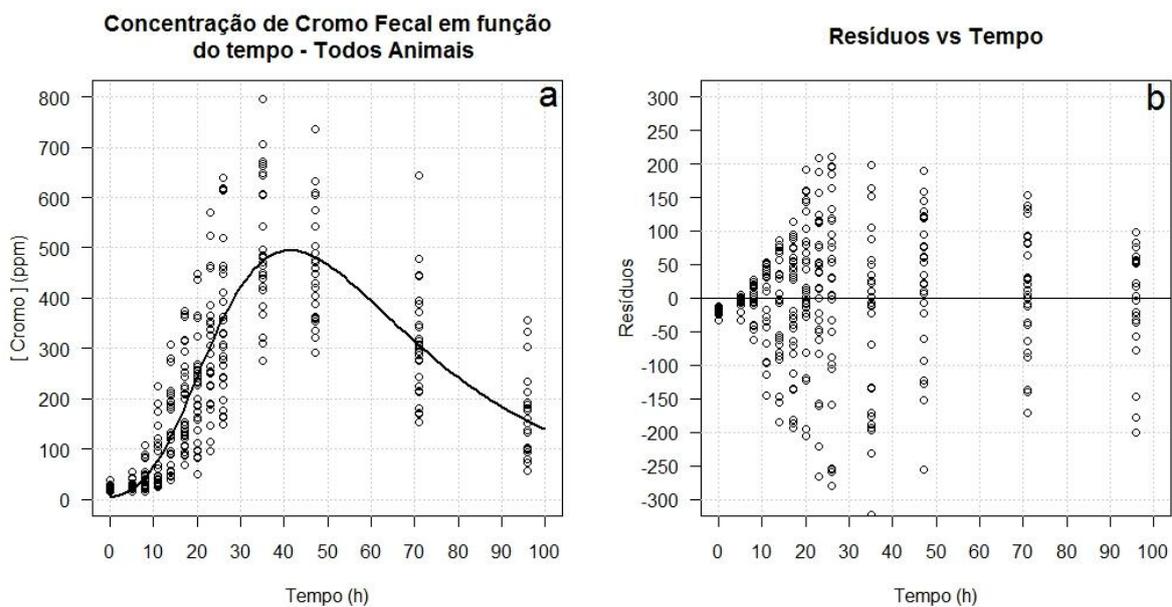


Figura 1.7 (a) Plotagem de pontos relativos à observação da concentração fecal de cromo (ppm) ao longo do tempo; (b) Resíduos oriundos da diferença dos valores preditos pelo modelo geral em relação aos observados; Para ambos os gráficos, círculos abertos (o) representam os pontos observados e a linha contínua (—) os valores preditos pelo modelo de Dhanoa et al. (1985) ajustado. $R^2 = 0,72$, parâmetros $a=2647$, $b=6,45$, $k1=0,029$ e $k2=0,064$.

Os valores preditos pelo modelo geral foram então plotados em um segundo gráfico (figura 1.7 b) subtraindo-se dos mesmos os valores observados para concentração fecal de cromo, para que se pudesse avaliar subjetivamente a dispersão dos pontos ao redor do modelo.

Nota-se que a distribuição dos pontos da concentração fecal do indicador seguiu um formato exponencial tanto para subida quanto na descida. Este comportamento é o

normalmente encontrado em trabalhos de cinética digestiva em ruminantes (Blaxter et al., 1956, Quiroz et al., 1988, Lopes et al., 2003) devido à característica inerente ao sistema digestivo desses animais, visto sua multicompartmentalização. Essa característica torna o modelo de Dhanoa et al. (1985) adequado para avaliação da cinética em ruminantes.

A distribuição dos pontos observados ao redor dos preditos demonstra homogeneidade da variação em torno da predição, mostrando boa adequação do modelo. A maior dispersão deu-se nas horas próximas ao pico, e pode ser justificada pelos maiores valores obtidos para a concentração fecal do indicador neste instante, que por serem altos, quando diferentes, redundam em maior distanciamento da média predita.

Uma vez observada a distribuição dos dados obtidos, partiu-se então para análise em que se avaliou a capacidade de ajuste do modelo de Dhanoa et al. (1985) aos dados obtidos, conforme exibido na tabela 1.9 a seguir.

TABELA 1.9 – Teste para falta de ajustamento.

Causas da Variação	G.L. ¹	S.Q. ²	Q.M. ³	P(F ₀ >F _{calc})
Parâmetros do Delineamento	76	27111695,21		
Erro Puro	278	2222502,87	7994,61	
TOTAL	354	29334198,07		
Parâmetros da Regressão	24	26712669		
Falta de Ajustamento	52	399026,21	7673,58	0,56

¹Graus de Liberdade; ²Soma de Quadrado; ³Quadrado médio.

O valor de p obtido para falta de ajustamento, não significativo ($p > 0,05$), descarta a hipótese de nulidade, isto é, o modelo consegue com 24 parâmetros (4 parâmetros – a, k1, b, k2 – para cada um dos 6 tratamentos – 20 *ad libitum*, 20 restrito...40 *ad libitum*, 40 restrito) representar estatisticamente a distribuição observada.

Uma vez que o modelo foi adequado, partiu-se então para teste de identidade entre modelos com o objetivo de observar se existe semelhança entre os modelos para cada tratamento e se ainda existe um modelo único (como o apresentado de forma ilustrativa na figura 1.5 a) que represente todos os animais. Este estudo está apresentado na tabela 1.10.

As hipóteses de nulidade H_0 foram avaliadas pela estatística F, sendo utilizado como parâmetro para falta de ajuste o erro puro obtido (tabela 1.9). A significância estatística para a falta de ajuste resultante da primeira hipótese $H_0^{(1)}$ descarta a possibilidade de um modelo único para todos os tratamentos, isto é, mesmos parâmetros para todos os tratamentos.

Pelos dados obtidos (tabela 1.10) nota-se que existe diferença entre o comportamento cinético descrito pelo modelo entre os tratamentos estudados. As hipóteses nulas 2 a 5 testam a possibilidade de um parâmetro isolado, quando igual para todos os tratamentos, tornar o modelo inválido. A falta de ajuste para estas hipóteses não foram significativas. Esse mesmo resultado foi obtido para as hipóteses 6, 8, 9 e 10, que combinaram duplas de parâmetros para unificação dos modelos.

TABELA 1.10 – Teste de hipóteses para avaliação de identidade de modelos.

Causas da Variação	G.L. ¹	S.Q. ²	Q.M. ³	p(F ₀ >F _{calc})
Erro Puro	278	2222502,87	7994,61	
$H_0^{(1)}: a_{20\ rest} = \dots = a_{40ad\ lib} = a$ + $k_{1_{20\ rest}} = \dots = k_{1_{40ad\ lib}} = k1$ + $b_{20\ rest} = \dots = b_{40ad\ lib} = b$ + $k_{2_{20\ rest}} =$ $\dots = k_{2_{40ad\ lib}} = k2$	20	1182,438	59121,9	< 0,001
$H_0^{(2)}: a_{20\ rest} = \dots = a_{40ad\ lib} = a$	5	33263	8315,75	0,39
$H_0^{(3)}: k_{1_{20\ rest}} = \dots = k_{1_{40ad\ lib}} = k1$	5	37809	7561,8	0,45
$H_0^{(4)}: b_{20\ rest} = \dots = b_{40ad\ lib} = b$	5	21592	4318,4	0,75
$H_0^{(5)}: k_{2_{20\ rest}} = \dots = k_{2_{40ad\ lib}} = k2$	5	46675	9335	0,32
$H_0^{(6)}: a_{20\ rest} = \dots = a_{40ad\ lib} = a$ + $b_{20\ rest} = \dots = b_{40ad\ lib} = b$	10	63228	6322,8	0,64
$H_0^{(7)}: a_{20\ rest} = \dots = a_{40ad\ lib} = a$ + $k_{1_{20\ rest}} = \dots = k_{1_{40ad\ lib}} = k1$	10	324428	32442,8	< 0,001
$H_0^{(8)}: a_{20\ rest} = \dots = a_{40ad\ lib} = a$ + $k_{2_{20\ rest}} = \dots = k_{2_{40ad\ lib}} = k2$	10	91619	9161,9	0,75
$H_0^{(9)}: b_{20\ rest} = \dots = b_{40ad\ lib} = b$ + $k_{1_{20\ rest}} = \dots = k_{1_{40ad\ lib}} = k1$	10	63024	6302,4	0,64
$H_0^{(10)}: b_{20\ rest} = \dots = b_{40ad\ lib} = b$ + $k_{2_{20\ rest}} = \dots = k_{2_{40ad\ lib}} = k2$	10	103698	10369,8	0,23
$H_0^{(11)}: k_{1_{20\ rest}} = \dots = k_{1_{40ad\ lib}} = k1$ + $k_{2_{20\ rest}} = \dots = k_{2_{40ad\ lib}} = k2$	10	132397	13239,7	0,09

¹Graus de Liberdade; ²Soma de Quadrado; ³Quadrado médio.

A ideia de que a redução do modelo geral em parâmetros únicos para os tratamentos seja estatisticamente válida torna a discussão do ponto de vista biológico difícil e confusa, visto que, igualando-se os parâmetros do modelo um a um tem-se ajuste. Significa dizer que aqueles parâmetros relativos à taxa de passagem ruminal e cecal (k1 e k2, respectivamente) podem ser iguais para os tratamentos. Essa confusão advém da própria estrutura do modelo, que inter-relaciona os parâmetros sem significado biológico com os de importância científica, de forma que, mudar valores de “a” ou “b” no modelo de Dhanoa et al. (1985), implica em mudar valores de k1 e k2. Este efeito pode ser melhor entendido através da decomposição da equação do modelo (equação 1.15) e fica claro ao se observar a matriz de correlações médias dos parâmetros obtidos para os distintos modelos ajustados, conforme tabela 1.11.

Fica clara a forte relação entre os parâmetros a e k1 e a e k2, bem como de k1 sobre k2. Desta forma, a falta de ajuste obtida pela fixação de um valor único para cada parâmetro entre os modelos, pode ser compensada por uma variação nos outros coeficientes capazes de tornar o modelo formado mais potente.

TABELA 1.11 – Matriz de correlações médias dos parâmetros obtidos para os modelos de Dhanoa et al. (1985) ajustados.

Parâmetros	a	k1	b	k2
a	1,000	0,988	-0,002	-0,941
k1		1,000	0,081	-0,892
b			1,000	0,321
k2				1,000

As hipóteses testadas têm como objetivo avaliar o impacto de cada parâmetro sobre os resultados, e determinar se algum deles isoladamente é capaz de influenciar significativamente o fenômeno observado. As hipóteses de nulidade 7 e 10 (tabela 1.10) mostram indícios de que o parâmetro com maior impacto sobre a cinética descrita é o k1, isto é, taxa de passagem ruminal, uma vez que a redução deste para um valor único combinado com os parâmetros a ou k2, torna significativa ($p < 0,1$) a falta de ajuste. Este resultado condiz com a literatura acerca deste assunto, que concorda em afirmar que o tempo de retenção no rúmen é o principal fator impactante na cinética digestiva, sendo esta assertiva oriunda de experimentação com ovelhas rumenectomizadas (Piana, 1952).

De toda forma, assume-se que os modelos são diferentes havendo distinto comportamento da cinética digestiva total, não podendo ser esta diferença estatisticamente determinada por nenhum dos parâmetros, sejam eles com significado biológico ou não.

A diferença entre os modelos pode ser visualizada pela representação gráfica simultânea das curvas geradas para cada modelo ilustrada na figura 1.8.

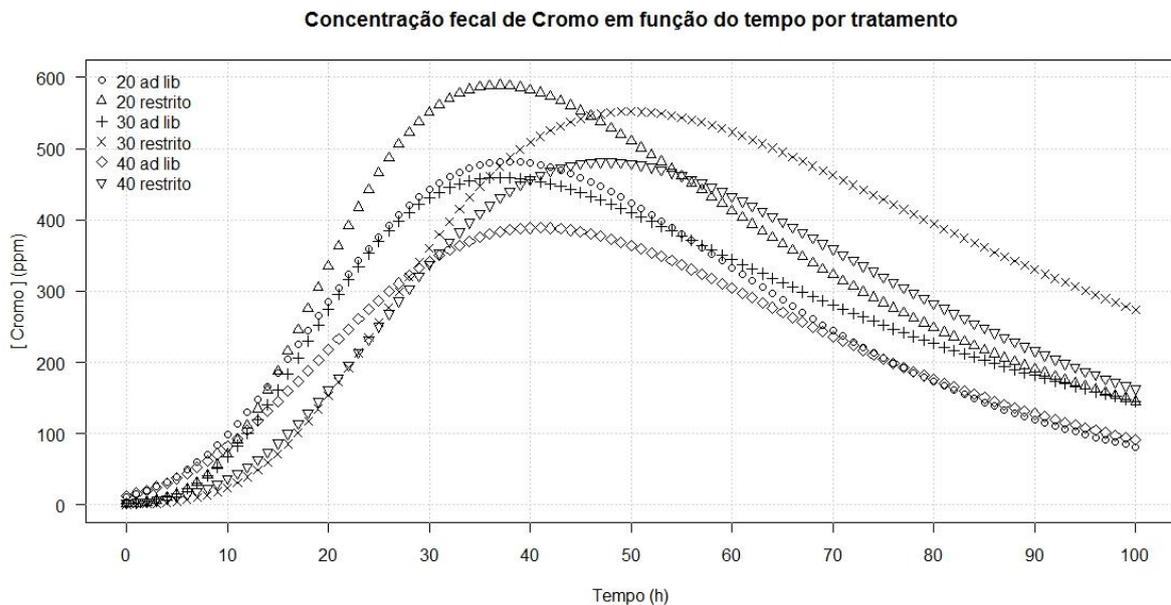


Figura 1.8 – Concentração fecal de cromo (ppm) em função do tempo para cada tratamento

Embora matematicamente os parâmetros k1 e k2 relacionem-se, respectivamente, com as taxas de descida e subida das curvas apresentadas, a simples interpretação do gráfico não

permite tecer conclusões acerca das taxas de trânsito, permite, no entanto, que se percebam as diferentes cinéticas para cada grupo.

O ajuste de cada modelo separado, bem como a dispersão em torno da média estão apresentados nas figura 1.9 e figura 1.10, respectivamente. Os parâmetros obtidos estão descritos na tabela 1.12.

A apresentação gráfica sugere bom ajuste de todos os modelos, sendo um outro balizador os coeficientes de determinação (R^2) sempre maiores que 0,8, com exceção do grupo de peso ao abate 20 e regime alimentar *ad libitum*. A dispersão homogênea dos pontos observados ao redor do predito pelos modelos de cada grupo é outro indicativo de bom ajuste.

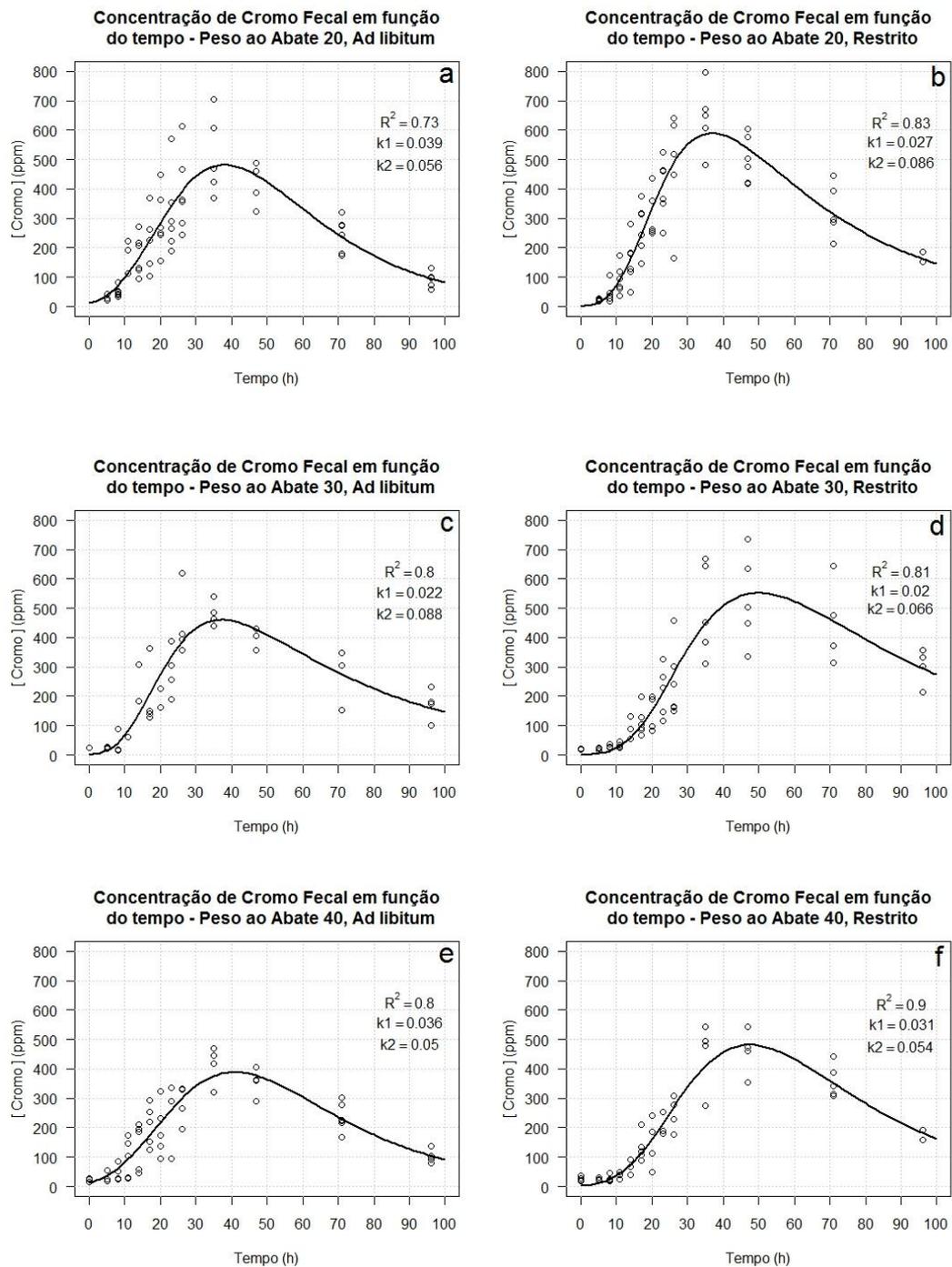


Figura 1.9. Concentração fecal de cromo (ppm) ao longo do tempo para cada grupo experimental, (a) peso ao abate 20, ad libitum (b) peso ao abate 20, restrito; (c) peso ao abate 30, ad libitum; (d) peso ao abate 30, restrito; (e) peso ao abate 40, ad libitum; (f) peso ao abate 40, restrito; Para todos os gráficos, círculos abertos (o) representam os pontos observados e a linha contínua (–) os valores preditos pelo modelo de Dhanoa et al. (1985) ajustado.

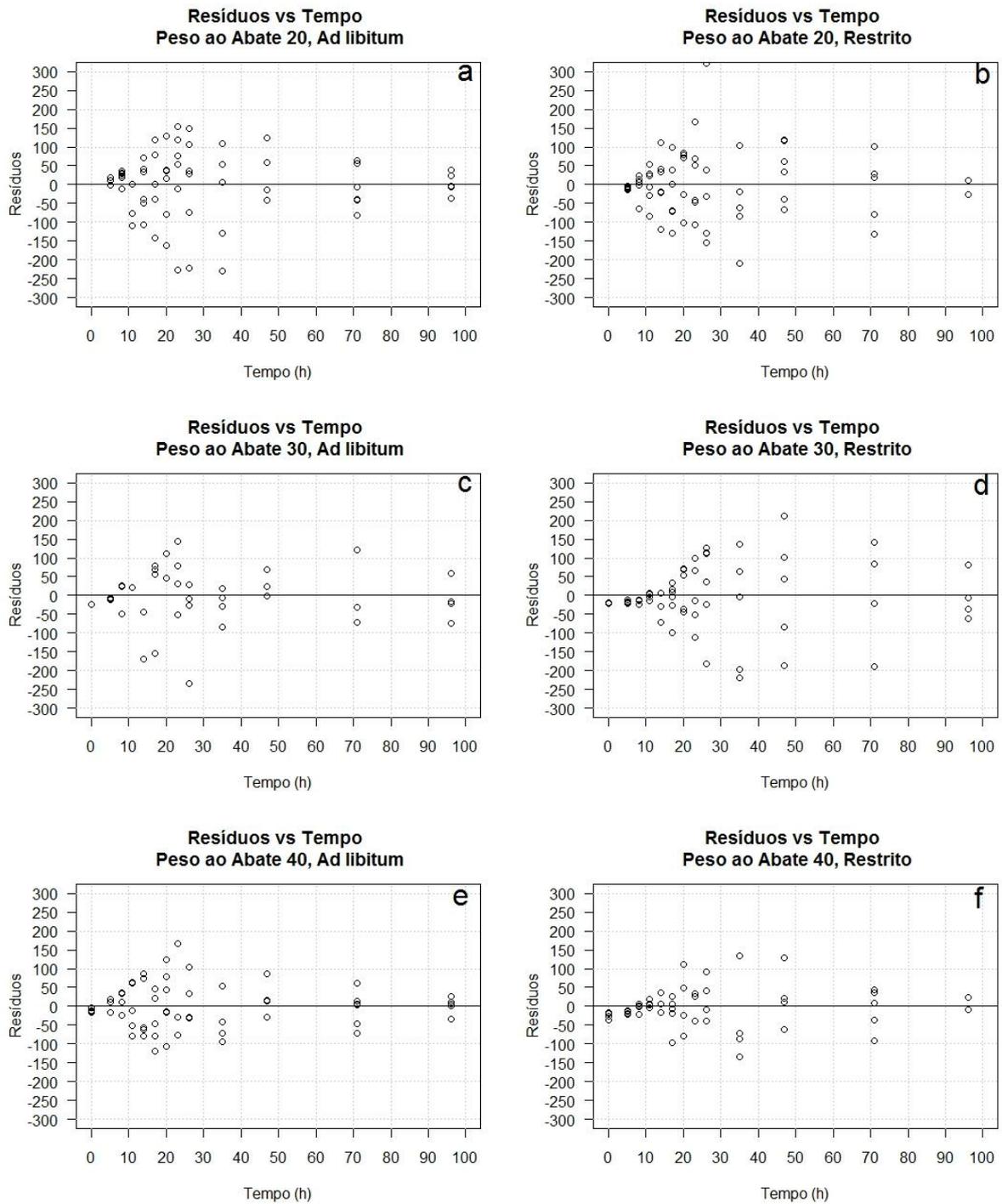


Figura 1.10 – Diferença entre predito e observado ao longo do tempo, (a) peso ao abate 20, ad libitum; (b) peso ao abate 20, restrito; (c) peso ao abate 30, ad libitum; (d) peso ao abate 30, restrito; (e) peso ao abate 40, ad libitum; (f) peso ao abate 40, restrito; Para todos os gráficos, círculos abertos (o) representam os pontos observados e a linha contínua (–) os valores preditos pelo modelo de Dhanoa et al. (1985) ajustado.

A variação no desenvolvimento das vísceras, principalmente dos pré-estômagos, dado o estágio de desenvolvimento do grupo com peso ao abate 20, pode ter levado à maior dispersão dos dados, e portanto, menor R².

Tabela 1.12 – Parâmetros do modelo de Dhanoa et al. (1985) estimados para o seis tratamentos (Peso ao abate 20, 30 ou 40 versus Regime *ad libitum* ou restrito).

Peso ao Abate	A		k ₁		b		k ₂	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
20	4497,97	2195,77	0,039	0,027	5,974	7,404	0,055	0,085
30	1364,36	2001,49	0,022	0,019	6,697	8,178	0,087	0,066
40	3451,19	3743,91	0,035	0,031	5,594	7,375	0,050	0,053

Parece haver algum efeito da restrição sobre o parâmetro k₁, visto que em todos os tratamentos restritos, este parâmetro foi estimado com menor valor em comparação ao parâmetro do respectivo grupo *ad libitum*. Esse valor condiz com a maior digestibilidade da FDN observada neste trabalho (Tabela 1.6). Ressalta-se que menor taxa de passagem ruminal redundava em maior tempo de retenção (1/k₁) e, portanto, maior tempo para fermentação e remastigação, o que aumenta substancialmente a capacidade degradativa.

O parâmetro k₂, no entanto, não apresentou resposta consistente entre os regimes alimentares. Esse resultado é coerente com a análise de identidade de modelos na qual k₁ pareceu ser mais potente na definição das cinéticas preditas.

Como critério auxiliar, a produção fecal estimada pela equação 1.20 foi calculada e está apresentada na tabela 1.13, e foi pareada aos valores reais médios de excreção fecal obtidos no ensaio de digestibilidade.

Tabela 1.13 – Excreção fecal (MS) estimada pelo modelo de Dhanoa et al. (1985).

Tratamentos	Integral	Dose de indicador (mg)	Excreção Fecal/h estimada (kg/h)	Excreção		Razão Predito/ Observado
				Fecal em 24 horas estimada (kg/d)	Excreção Fecal média Observada (kg/d)	
Peso ao Abate 20 <i>Ad libitum</i>	28593,27	400,45	0,014	0,336	0,299	1,12
Peso ao Abate 20 Restrito	38355,92	400,45	0,010	0,250	0,255	0,98
Peso ao Abate 30 <i>Ad libitum</i>	33914,15	400,45	0,012	0,283	0,264	1,07
Peso ao Abate 30 Restrito	48137,06	400,45	0,008	0,200	0,227	0,88
Peso ao Abate 40 <i>Ad libitum</i>	25548,08	400,45	0,016	0,376	0,263	1,43
Peso ao Abate 40 Restrito	33837,67	400,45	0,012	0,284	0,227	1,25
					Média	1,12

Os valores preditos de excreção fecal superestimaram os valores observados, obtendo em média, 1,12 vezes a mais do que o obtido no ensaio de digestibilidade.

Por se tratar de uma variável de média instabilidade, a excreção fecal deve ser melhor estimada pelo uso da integral das curvas preditas pelo modelo de Dhanoa et al. (1985) quando obtida de curvas individuais, isto é, por unidade experimental, e não como a utilizada neste experimento. No entanto, no presente estudo esta foi utilizada como método auxiliar para determinação da acurácia dos modelos estimados, e para tal apresentou resultado considerado satisfatório, com exceção do grupo de peso ao abate 40.

Utilizando-se o modelo descrito por Tedeschi et al. (2010) para a estimativa da taxa de passagem no rúmen (equação 1.16) obter-se-ia o valor de 5,27%/h para animais do grupo *ad libitum* com 30 kg de peso vivo e 4,79%/h para o grupo restrito com mesmo peso. Estes valores são bem superiores aos encontrados no presente trabalho. A discrepância encontrada pode ser justificada pelas diferenças entre o banco de dados original para desenvolvimento do modelo predito por Tedeschi et al. (2010) e as condições do presente estudo, bem como pelas variáveis não contempladas no mesmo, como idade do animal e seu fenótipo, tipo de FDN (C₃ ou C₄), comportamento ingestivo, etc. Preocupados com esta falta de ajuste dos modelos, Seo et al. (2006) estudaram modelos empíricos para determinação da taxa de passagem, e chegaram à conclusão que embora se obtenham coeficientes de determinação satisfatórios, o poder preditivo destes modelos mantém-se baixo. Estes autores sugeriram então o desenvolvimento de modelos mecanísticos que abordem entre outros aspectos propriedades físicas dos alimentos. Os mesmos pesquisadores (Seo et al., 2007) desenvolveram um modelo baseado na descrição fisiológica e anatômica do rúmen, informações do animal e características físico-químicas do alimento, obtendo predições com 40 a 90% de acuidade para bovinos. Avaliação deste modelo para ovinos ainda não foi realizada.

1.5 Conclusões

O regime alimentar imposto reduz significativamente o consumo das entidades nutricionais avaliadas.

Animais sob restrição alimentar apresentam maior digestibilidade da fibra em detergente neutro.

A cinética digestiva dos tratamentos estudados foi diferente.

CAPÍTULO 2

DESENVOLVIMENTO VÍSCERAL E MORFOLOGIA DE PAPILAS RUMINAIS DE CORDEIRAS DA RAÇA SANTA INÊS SOB ALIMENTAÇÃO RESTRITA E *AD LIBITUM* ABATIDAS EM DIFERENTES PESOS VIVOS

2.1. Introdução

A fase de crescimento representa a etapa da vida de qualquer ser vivo onde existe incremento de peso e tamanho, sendo determinado o fenótipo maturo deste organismo. É, portanto, um momento crucial quando se pensa em animais de produção, principalmente no que tange a matrizes e/ou reprodutores, visto que serão animais explorados quando em sua maturidade fisiológica. O crescimento, no entanto, é afetado por diversos fatores ambientais, entre eles a alimentação.

Animais em planos nutricionais inferiores à sua exigência tendem a não expressar todo seu potencial genético, atingindo pesos inferiores àquele programado geneticamente. O desconhecimento dos requisitos reais de um determinado ecótipo pode levar à super ou subestimação dos mesmos, redundando em desempenhos atípicos.

Assim como a aparência externa de animais, o crescimento visceral sofre marcado efeito do plano nutricional, principalmente naqueles tecidos que estão diretamente associados à absorção e metabolização primária dos compostos absorvidos, notoriamente, o trato gastrointestinal e o fígado. Em animais da subordem *Ruminantia*, as câmaras fermentativas pré-estomacais são geralmente forradas por um epitélio típico, formado por papilas. Essas estruturas especializadas são afetadas pela dieta e manejo alimentar.

Este capítulo apresenta dados relativos à massa, comprimento, volume de vísceras e também morfologia e contagem de papilas ruminais de cordeiras da raça Santa Inês com alimentação *ad libitum* ou restrita, com pesos vivos de 20, 30 ou 40 kg.

2.2. Revisão da Literatura

Segundo Widdowson (1980), crescimento tem uma simples definição, aumento em tamanho, mas aumento em tamanho tem inúmeras implicações. Fato é que com avanço da idade e aproximação da maturidade, animais passam por marcadas mudanças fenotípicas atreladas a mudanças fisiológicas.

Classicamente se divide o crescimento animal em função da deposição de tecidos ao longo da vida, destacando-se o desenvolvimento ósseo, muscular ou adiposo. Cada um destes tecidos cresce em taxas diferentes e em momentos diferentes, sendo mais precoce o crescimento ósseo, seguido do muscular e por fim o adiposo (Fowler, 1980). Para a gordura existe ainda uma tendência no local de deposição, sendo primariamente estocado intracavitariamente (mesentérico, perirrenal, etc) e por fim seguindo para o subcutâneo. Portanto, a avaliação da deposição de gordura sobre a carcaça é um bom parâmetro para se avaliar o acabamento ou maturidade dos animais (Osório et al., 2007).

Quando se deseja pesquisar mais profundamente a fisiologia da nutrição animal em função do crescimento, o desenvolvimento de vísceras passa a ter grande importância e o estudo do efeito de dietas bem como da idade dos animais sobre cada uma delas torna-se fundamental. Este fenômeno se dá de forma peculiar quando se trata de ruminantes. Isto por que a evolução desta subordem se deu em um processo de simbiose, onde ruminante e uma vasta microbiota convivem em franco mutualismo, e esta relação por natureza favorece a ambos. Para tanto, o hospedeiro possui uma ampla câmara fermentativa propícia ao desenvolvimento de microrganismos que, por sua vez, contribuem para o sistema ao converter compostos indisponíveis a mamíferos em substratos úteis para o mesmo. No entanto, ao nascimento, esta câmara representada em suma pelo rúmen e retículo, tem seu desenvolvimento fisiológico e físico incompletos (Baldwin et al., 2004).

O processo de desenvolvimento do rúmen é material de exaustivas pesquisas de diversos autores (Tamate et al., 1962, Sutton et al., 1963a; Sutton et al., 1963b; Lane e Jesse, 1997; Baldwin, 2000), todavia mantêm-se ainda obscuro sobre alguns aspectos. O foco da maioria destes estudos é o período de desmama, onde o até então animal lactente é privado do leite materno e passa a depender dos processos degradativos para obtenção de energia e proteína. É sabido que quanto mais cedo se dá a ingestão de material sólido fermentável, mais rápido é o desenvolvimento visceral (Van Soest, 1994), ficando claro quando se avalia tanto a massa destes órgãos como o epitélio do mesmo. Contudo, estudos do metabolismo destes tecidos em animais mais maduros, ou adultos são menos frequentes, embora se saiba da adaptabilidade dinâmica e flutuações na atividade metabólica do trato gastrointestinal durante a vida produtiva de ruminantes.

Além do efeito dietético, o rúmen e demais vísceras, são idade dependentes, apresentando aumento de tamanho gradativo acompanhado pelo crescimento do resto do corpo. No entanto, a intensidade e proporção com que isto ocorre é dependente de outros fatores e apresenta distintas taxas de aumento para as diferentes porções, podendo-se generalizar como ordem de crescimento as seguintes vísceras: Rúmen, retículo, omaso, intestino grosso, intestino delgado, abomaso e esôfago (De Paula, 2005).

A víscera que sofre maior mudança na vida do ruminante entre a fase de neonato até a maturidade é o rúmen. Gerassev (2003), trabalhando com cordeiros Santa Inês do nascimento até 45 dias de idade, demonstrou que nesta última fase (*i.e.* 45 dias) o rúmen aumentou cerca de 50 vezes em massa em relação à média desta víscera no primeiro dia de vida. Este aumento exuberante é caracterizado por significativo aumento em massa, volume e área de superfície (Baldwin, 2000).

A superfície intraluminal do rúmen é formada por um epitélio especializado, adaptado para absorção de ácidos graxos voláteis e com características típicas. Segundo Dobson et al. (1956), a superfície mucosa do rúmen é recoberta por papilas que variam em formato e tamanho, e entre animais. Estes autores demonstraram em sua pesquisa a histologia papilar (Figura 2.1.a), demonstrando a ampla capacidade absorptiva avaliada pela complexa rede capilar, como pode ser visualizada na figura 2.1.b.

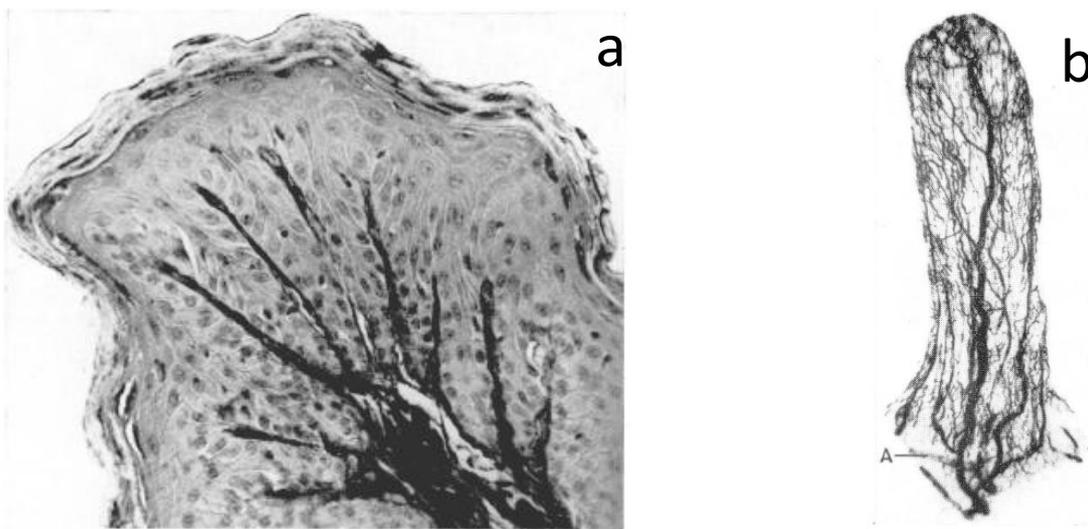


Figura 2.1. (a) Secção do topo de uma papila ruminal (Aumento x234); (b) Rede capilar. Ambas as fotografias retiradas de Dobson et al. (1956).

Pode se caracterizar a estrutura das papilas ruminais, segundo Dobson et al. (1956), numa abordagem da camada mais externa (em contato com a dieta) para interna (em contato com a circulação sanguínea), da seguinte maneira:

1. Camada de células queratinizadas, frequentemente ausente;
2. Camada adensada de células queratinizadas que não permitem visualização de espaço intersticial;
3. Estrato granuloso;
4. Estrato espinhoso;
5. Células colunares, arranjadas em camada única;
6. Camada fina de espaço extracelular, contendo fibras reticulares;
7. Camada endotelial dos capilares.

Este tipo de epitélio é nomeado de forma mais simples como espinhoso, estratificado e queratinizado.

Durante o desenvolvimento do rúmen, as papilas crescem em tamanho e o epitélio se torna gradativamente queratinizado (Lane et al., 2000). A coloração por sua vez é determinada pela dieta ofertada, tendo Hamada et al. (1970) demonstrado em cabritos, que um dos fatores determinantes da pigmentação ruminal é o teor de ferro da dieta. O processo de crescimento se dá em maior parte através de hiperplasia em detrimento de hipertrofia (Sakata e Tamate, 1979), podendo, portanto, ser avaliado pelo índice de mitose nas células basais, que pouco a pouco vão substituindo as apicais, em um processo contínuo de renovação. A intensidade deste, no entanto, é consideravelmente afetada pela dieta, principalmente pela produção de ácidos graxos voláteis, sendo que a resposta mais intensa à infusão destes compostos se deu com o butirato, que apresentou marcada elevação na taxa mitótica quando comparado a propionato e acetato (Sakata e Tamate, 1978; Sakata e Tamate, 1979). Outros autores, no entanto, contestaram essa teoria, afirmando que as quantidades infundidas neste tipo de experimento estão além daquelas ocorridas naturalmente, portanto, refletem uma resposta não fisiológica (Van Soest, 1994). Scocco et al. (2007) demonstraram que durante o ano a variação sazonal da dieta nos pastos interfere no epitélio ruminal, sendo que as maiores áreas por papila foram obtidas quando os animais tinham abundante oferta de pasto, e após a deterioração do mesmo a área papilar decresceu significativamente. Resende Júnior et al. (2006) alertaram que embora não se detectem a curto prazo mudanças morfológicas de papilas em mudanças abruptas de dieta, o índice mitótico das células basais é alterado, mostrando que a resposta epitelial frente ao plano nutricional é dinâmica e rápida. De toda forma, a presença de papilas eleva consideravelmente a superfície absorptiva do epitélio ruminal, e variações no formato e/ou quantidade das papilas implicam em mudanças na capacidade de absorver compostos. Portanto, o estudo desta variável se faz importante, principalmente no ambiente tropical onde existe grande sazonalidade de oferta forrageira.

O estudo do trato gastrointestinal não tem importância somente por este representar a interface entre dieta e animal, mas também pelo fato de que as vísceras formadoras deste sistema demandam desproporcional quantidade de energia para seu metabolismo, quando comparadas ao peso que representam no corpo do animal, podendo juntamente ao fígado representar cerca de 50% da energia necessária à manutenção animal (Baldwin et al., 2004). Johnson et al. (1990) demonstraram o profundo efeito da ingestão de energia sobre a massa visceral, sendo que animais alimentados em nível de manutenção apresentaram o trato gastrointestinal pesando cerca de 120 g/UTM (peso relativo ao tamanho metabólico) e em planos nutricionais mais elevados este peso chegou a dobrar, o mesmo acontecendo com o fígado. Estes mesmos autores demonstraram que o aumento da atividade da bomba Na^+/K^+ ATPase avaliada pelo consumo de oxigênio é significativa em animais com maior ingestão, sendo atribuída a esta em parte a grande demanda energética do trato gastrointestinal. Fica claro que estes tecidos são sensíveis à dieta, e esta adaptabilidade parece ser um mecanismo evolutivo para economizar energia, podendo utilizá-la de forma mais eficiente. Fato é que animais sob restrição alimentar apresentam redução do trato gastrointestinal tanto em massa como em comprimento (Scheaffer et al., 2004; Macedo Júnior, 2008).

Segundo Tedeschi et al. (2010) a redução do trato digestivo frente a um plano nutricional restrito seguido de elevação da ingestão energética é um dos fatores que explicam o ganho compensatório aferido em ruminantes, uma vez que o lento retorno ao tamanho natural destas vísceras permite um período de alta ingestão com baixa demanda para manutenção, redundando em ganho de peso acima do esperado.

Compreender bem a fisiologia do intestino e os efeitos ambientais sobre o mesmo é essencial para qualquer nutricionista de ruminantes.

2.3. Material e Métodos

2.3.1. Ética experimental

O experimento foi realizado de acordo com projeto submetido e aprovado pelo Comitê de Ética e Experimentação Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, número de registro CETEA 197/10, (Vide Anexo 1).

2.3.2. Período

As coletas de campo foram realizadas entre os meses de novembro de 2010 a abril de 2011. Análises laboratoriais, estatísticas e redação ocorreram nos meses de, junho, julho e agosto de 2011.

2.3.3. Localização e ambiente

O experimento foi conduzido na Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, nas dependências do Departamento de Zootecnia, no Laboratório de Calorimetria e Metabolismo “Prof. José de Alencar Carneiro Viana”.

A estrutura do galpão é formada por paredes de alvenaria com amplas janelas laterais teladas, piso concretado e telhado formado por duas camadas de alumínio separadas por camada única de poliestireno para isolamento térmico. O teto ainda é dotado de aeradores eólicos para troca de calor e ventiladores que direcionam o ar quente para o lanternim central. Para alojamento dos animais, 36 gaiolas de metabolismo foram preparadas sendo lavadas e equipadas com telas laterais para redução de perdas de fezes. Os pisos ripados de madeira foram, assim como a parte metálica, submetidos a calor com o uso de vassoura de fogo para o controle séptico. Essas gaiolas eram providas de cocho para alimento, cocho para sal, bebedouro e um conjunto caixa plástica e balde telado cortado em bisel por gaiola para coleta seletiva de fezes e urina.

2.3.4. Animais

Foram utilizadas 36 fêmeas ovinas (*Ovis aries*) da raça Santa Inês, recém desmamadas, com idade entre 3 e 4 meses e peso entre 14 e 26 kg. Vinte e quatro cordeiras foram adquiridas de uma fazenda localizada em Pirapora-MG e as demais, de uma outra propriedade localizada em Barbacena-MG, sendo que ambas possuíam escrituração zootécnica mínima necessária ao delineamento experimental. Assim que desembarcaram, as cordeiras passaram por criterioso exame clínico, sendo pesadas, identificadas, desverminadas e receberam doses de coccidiostático para controle de endoparasitoses. Fezes foram coletadas para realização de exame coprológico, o qual repetiu-se de acordo com a necessidade clínica. Realizado os procedimentos acima, os animais foram alojados aleatoriamente nas gaiolas de metabolismo.

2.3.5. Manejo diário

Diariamente, a partir das 8h, as gaiolas e o galpão eram higienizados procedendo-se raspagem do piso ripado, limpeza dos funis coletores e esvaziamento das caixas de coleta de dejetos. Os baldes com água eram retirados e o volume restante do dia anterior era mensurado com auxílio de uma proveta de 2L. Feito isto, eram lavados, completados para quatro litros e repostos nas gaiolas. Um balde, idêntico aos utilizados como bebedouro, foi diariamente completado para 4 litros e anotava-se a redução do volume no dia seguinte para controle da evaporação diária e futura correção no consumo de água dos animais. Os saleiros eram repostos diariamente com mistura mineral comercial específica para ovinos, para garantir consumo ad libitum. Assim como na água, sobras e ofertado eram registrados para determinação do consumo de sal, sendo amostrados diariamente no mínimo 10% do material para correção de umidade. As sobras de alimento restantes nos cochos eram coletadas e pesadas, sendo o peso anotado em caderno próprio para controle do consumo diário, admitindo-se que este é o resultado da subtração da quantidade ofertada menos a restante no cocho em um período de 24 horas. Por volta das 8h 30min eram fornecidos volumoso e concentrado em quantidade específica para cada animal, pesada no dia anterior representando 50% da oferta diária de alimento. Durante o dia, procedia-se a pesagem de alimento para os dias posteriores. Às 16h, os animais recebiam a segunda metade da refeição do dia. Água e sal eram repostos conforme a necessidade, sendo registrados os acréscimos em caderno próprio.

Semanalmente, os animais eram pesados em jejum (16 horas) e atribuíam-se o escore corporal, realizado sempre pelo mesmo avaliador, observando-se escala proposta no NRC (2007), em que o valor 0 era dado ao animal muito magro e 5 ao animal obeso. Temperatura e umidade eram mensuradas e anotadas diariamente com auxílio de dois termo-higrômetros posicionados na mesma altura dos animais em relação ao chão.

2.3.6. Delineamento experimental

Respeitando-se o mínimo de 15 dias de adaptação aos alimentos (feno de Tifton e concentrado composto por farelo de milho e farelo de soja), os animais foram divididos em três grupos de 12 cabeças, utilizando-se como critério para formação dos grupos o peso vivo, condição corporal e fenótipo, na respectiva ordem de importância. Cada grupo foi então destinado ao abate aos 20, 30 ou 40 kg de peso vivo, sendo distribuídos em dois regimes alimentares, ad libitum ou restrito. Desta forma, formou-se um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 2 x 3 (2 regimes alimentares e 3 pesos ao abate), como descrito na Tabela 1.1.

2.3.7. Dietas experimentais

A ração experimental foi formulada baseada em estimativa de ganho para 300 g/dia para cordeiros, obtida pelo sistema SRNS (Cannas et al, 2004). A fração concentrada foi preparada em misturador vertical na fábrica de ração da Fazenda Experimental Hélio Barbosa, pertencente à UFMG, sendo composta de farelo de milho finamente moído (*Zea mays*), farelo de soja (*Glicine max*), fosfato bicálcico, calcário e bicarbonato de sódio. Sua composição percentual está apresentada na tabela 1.2. O feno de Tifton (*Cynodon spp.*) foi adquirido da

fazenda Santa Helena, Bom Despacho – MG, em remessa única. Para o fornecimento aos animais foi picado em picadeira estacionária em partículas de aproximadamente cinco centímetros. A composição bromatológica da ração está descrita na tabela 1.3. A quantidade ofertada foi ajustada semanalmente de acordo com o consumo dos animais alocados no grupo *ad libitum*, de forma que o consumo médio dos animais não restritos (i.e. *ad libitum*) por unidade de tamanho metabólico (UTM) era multiplicado por 1,15 para permitir 15% de sobra para os animais deste grupo, e, inicialmente, por 0,85 para obter-se a oferta destinada ao grupo restrito. Desta forma, por exemplo, se o consumo médio dos animais *ad libitum* do grupo 30 fosse 100 g/UTM, a oferta individual dos animais restritos do mesmo grupo seria 85 g/UTM e dos animais *ad libitum* seria 115 g/UTM. A mudança da dieta era realizada no mesmo dia das pesagens, para que se atualizasse o peso metabólico das unidades experimentais.

A restrição de 15% inicialmente proposta variou consideravelmente durante o experimento, no intuito de manter o ganho de peso dos animais restritos o mais distante possível dos animais *ad libitum*, sem, no entanto, provocar perdas de peso no primeiro grupo. O valor médio final da restrição em relação ao grupo *ad libitum* para todos os animais foi de 30%, conforme pode ser observado nas tabelas 1.4 de consumo na seção 1.4 (Resultados e Discussão).

2.3.8. Fluxograma do abate

O abate foi realizado sempre em número par de animais, visto que assim que um animal do grupo *ad libitum* atingia o peso alvo (i.e. 20, 30 ou 40 kg), este era abatido simultaneamente a um animal restrito previamente selecionado, e via de regra este estava sempre abaixo do peso vivo de sua dupla do grupo *ad libitum*. Estes animais eram então pesados e avaliava-se o escore de condição corporal. Feito isto, a cordeira era encaminhado para sala própria para o abate, afastada dos outros animais experimentais, onde era insensibilizado em estação, içado pelas patas posteriores e sangrado, através de secção dos grandes vasos do pescoço. Um balde forrado por saco plástico resistente era colocado adjacente ao local da incisão para coleta total do sangue, até o cessar do fluxo. Este sangue era então pesado, identificado e armazenado a -18°C . Na região da incisão, o esôfago foi amarrado com barbante para evitar saída de líquido ruminal.

Uma vez sangrado, procediam-se as etapas de retirada da glândula mamária e esfola. A primeira etapa consistiu de rebatimento do úbere e posterior dissecação do mesmo, onde a pele foi separada da glândula propriamente dita e reservada. A glândula foi então pesada, identificada e armazenada a -18°C . A esfola dos animais foi realizada de forma a preservar na carcaça quaisquer quantidades de gordura ou musculatura subcutânea, sendo a pele apartada cerca de cinco centímetros acima dos cascos nos membros anteriores e posteriores e na altura da articulação atlanto-occipital. Essa então, juntamente à pele retirada do úbere, foi pesada, identificada e armazenada a -18°C .

Realizou-se a evisceração através de corte único na região mediana do abdômen, iniciando-se na região do pubis em sentido ao esterno. As vísceras, órgãos abdominais,

torácicos, cervicais (traqueia e esôfago) e língua foram retirados em etapa única e armazenados em caixa plástica para separação em bancada. Juntamente a estas, foram acondicionados os órgãos do trato gênito-urinário (útero e vagina, bexiga e rins). As patas foram então desarticuladas nas articulações tarso-metatarsicas e carpo-metacarpicas, e a cabeça na articulação atlanto-occipital, restando o que nomeou-se carcaça. A cauda dos animais foi mantida junto à carcaça, que foi pesada para obtenção do peso de carcaça quente, identificada e armazenada em câmara fria a -18°C içada pelos membros posteriores, para facilitar o corte das meias-carcaças em análises posteriores.

Os procedimentos com as vísceras iniciou-se com ligadura dupla do trato digestivo nas regiões do cárdia, duodeno proximal e reto. Nas duas primeiras, realizou-se secção do conduto alimentício entre as ligaduras para obtenção do estômago total, composto de rúmen, retículo, omaso e abomaso, devidamente separado do baço e omento, os quais foram pesados e identificados a parte. A porção oral, juntamente à traqueia, compôs o que foi nomeado esôfago e traqueia, sendo esta última obtida após sua separação do pulmão. A língua foi pesada, identificada e armazenada separadamente. A porção pós-estomacal foi nomeada intestino total, sendo retirado o pâncreas, que foi dissecado, pesado e identificado. Do estômago total foi separado o omento, que foi pesado juntamente à gordura adjacente, constituindo a gordura omental. Do intestino foi retirada a gordura mesentérica. Do trato gênito-urinário retirou-se a gordura perirrenal e do entorno do coração, a gordura pericárdica. A soma destes depósitos adiposos compôs a gordura cavitária total, sendo cada uma pesada, identificada e armazenada, separadamente.

O estômago total foi pesado cheio e depois separado por ligaduras nas junções rúmen-retículo, omaso e abomaso, sendo estes pesados cheios e depois vazios. Com o rúmen e retículo, após o esvaziamento de ambos, procedeu-se a repleção com água para obtenção do volume dos órgãos. O enchimento total foi aferido de forma visual pela distensão do órgão. O volume de água gasto foi mensurado em proveta de 2L para determinação do volume das respectivas vísceras. Feito isto, foram identificados, conforme Getty (1986), os sacos cranial (*i.e. átrio do rumen*) e ventral (figura 2.2), os quais foram amostrados (cerca de 10 cm^2) para análise de morfologia de papilas. Anotados os pesos e feitas as devidas identificações, as vísceras foram armazenadas em câmara fria a -18°C .

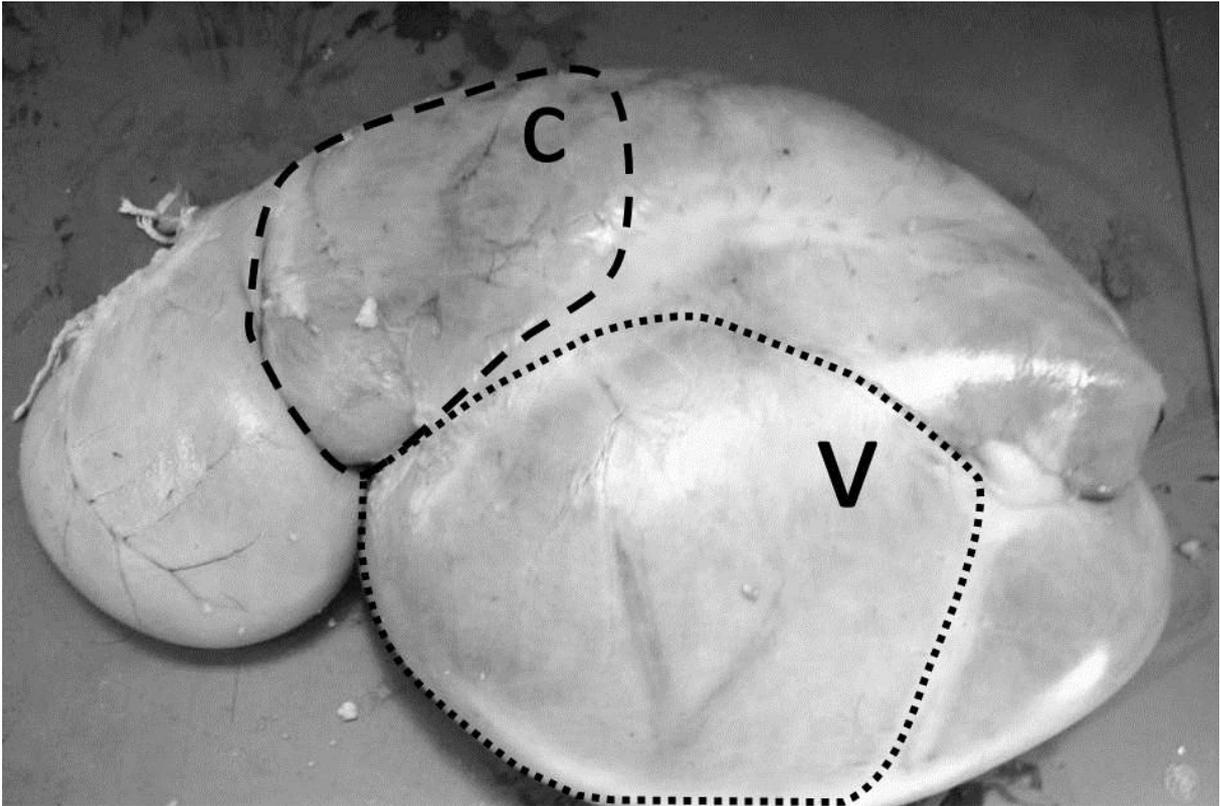


Figura 2.2 – Delimitação ruminal em saco cranial (C, área delimitada por linha tracejada) e saco ventral (V, área delimitada por linha pontilhada).

O intestino total foi separado em delgado e grosso conforme Getty (1986), sendo que em seguida foram pesados cheios e vazios. O intestino delgado foi seccionado, conforme o mesmo autor anterior, em duodeno, jejuno e íleo, sendo cada parte pesada e mensurada com auxílio de fita métrica para obtenção do comprimento de cada porção. Assim como o delgado, o intestino grosso também foi dividido, resultando nas partes nomeadas ceco e cólon, cujos pesos e comprimentos também foram aferidos.

O fígado foi separado da vesícula biliar, sendo pesado e armazenado. A vesícula foi pesada cheia e vazia, e também armazenada a -18°C .

A bexiga, assim como a vesícula biliar, foi pesada cheia e vazia, sendo separada anteriormente de útero e rins que foram pesados e identificados.

O diafragma foi separado dos demais órgãos e pesado a parte, sendo assim como os demais órgãos e vísceras, identificado e armazenado em câmara fria a -18°C .

A obtenção dos pesos de cada víscera oca livre de seu conteúdo é condição para a obtenção do peso de corpo vazio, importante referência para avaliações posteriores.

2.3.9. Análise morfológica e contagem de papilas ruminais

Com o material amostrado do saco ventral e cranial do rúmen procedeu-se a contagem e análise de morfologia das papilas ruminais. Cada fragmento, assim que coletado, foi imerso em solução PBS (tampão fosfato), conforme preconizado por Daniel et al. (2006), onde foi resfriado a 0°C em câmara fria.

Para a contagem de papilas, as amostras do saco cranial e ventral de cada animal foram estendidas em bandeja repleta de água, sendo prensadas por um aparato plástico (chapa plana com dimensões de 10 x 10cm) com um quadrado vazado de área igual a 1 cm². Com auxílio de uma lupa estereoscópica, contaram-se todas as papilas em que se visualizava sua inserção da base dentro do quadrado. O objetivo da imersão em água foi permitir a flutuação das papilas e desagregação das mesmas, facilitando a análise. Desta forma obteve-se a contagem de papilas por cm².(Esquema representado na figura 2.3).

Para as análises morfológicas, 12 papilas foram destacadas do tecido com auxílio de pinça anatômica e lâmina de bisturi, sendo transferidas para uma lâmina de microscopia. Essa, ampliada pela lupa estereoscópica, foi fotografada (Câmera fotográfica Sony® Cyber shot, 7.2 MP, lentes Carl Zeiss). A imagem gerada para cada fragmento foi então transferida para o computador onde foram analisadas. O processamento das imagens foi realizado pelo programa computacional UTHSCSA *ImageTool* desenvolvido pela *University of Texas Health Science Center de San Antonio, Texas* - EUA e disponível na internet pelo endereço FTP <ftp://maxrad6.uthscsa.edu>.

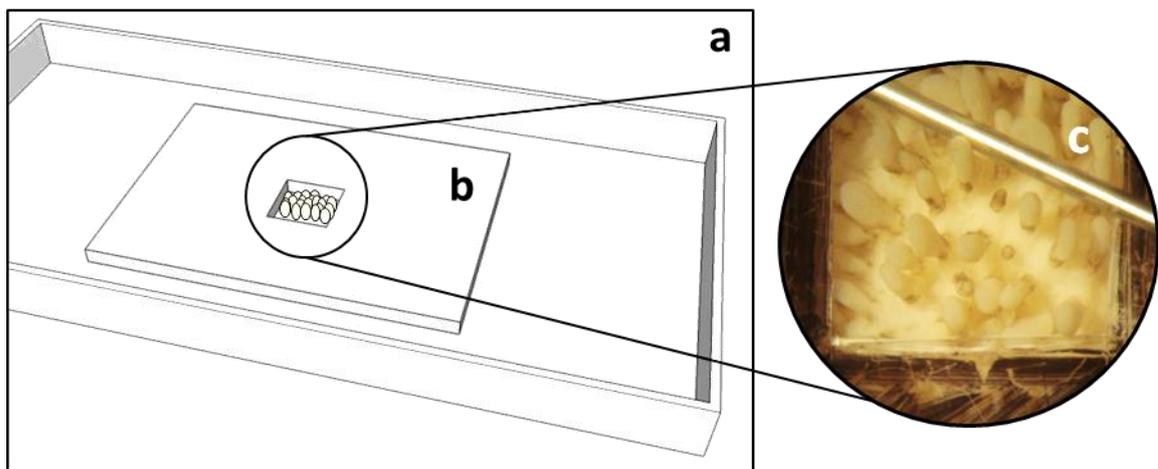


Figura 2.3 – Esquema do aparato (a) para contagem de papilas, placa plástica com quadrado de 1 cm² vasado (b) e fotografia da imagem observada durante o procedimento de contagem (c).

Este programa utiliza algum item de tamanho conhecido que esteja na mesma imagem (*i.e.* fotografia), como uma régua ou chapa metálica que se saiba o tamanho previamente, para que informado ao *software*, por proporção este possa aferir outras estruturas que estejam no mesmo plano da referência.

Para cada uma das doze papilas foram mensurados altura, largura da base e área, conforme demonstrado na figura 2.4. O valor médio de cada variável obtido a partir da mensuração das doze papilas foi registrado para análise estatística, representando o fragmento como um todo. Para estimativa da espessura média das papilas foi fotografado cada um dos fragmentos imersos em água utilizando-se como referência na imagem uma agulha hipodérmica de 25 mm de calibre, conforme figura 2.3.c. O valor médio de todos fragmentos foi utilizado para todos animais. Para cálculo da área absorptiva por cm^2 foi utilizada a equação 2.1.

$$Aabs = ((N \times a) \times 2) - (N \times (L \times E)) \quad (2.1)$$

onde, $Aabs$ = Área absorptiva, cm^2 ; N = Contagem de papilas, N/cm^2 ; a = Área, cm^2 ; L = Largura da base, cm ; E = espessura.

2.3.10. Análises estatísticas

As comparações de médias foram realizadas através do software Saeg 9.0, elencando-se teste SNK a 5% de probabilidade, excetuando-se a variável score da condição corporal, cuja comparação de médias foi realizado por teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, a 5% de probabilidade. A análise de variância seguiu o modelo estatístico descrito na equação 1.19.

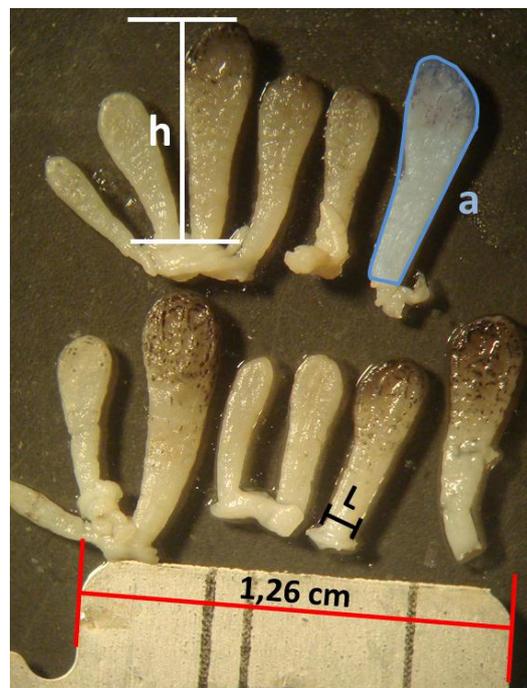


Figura 2.4 – Fotografia de doze papilas ampliadas e representação gráfica das mensurações realizadas com auxílio do *software* UTHSCSA ImageTool. h=altura (branco), a=área (azul), L=largura (preto) da base e marcação em vermelho = referência de tamanho conhecido.

Para comparação das médias relativas à morfologia e contagem de papilas utilizou-se delineamento em blocos casualizados em arranjo fatorial (2 x 3), sendo o local de amostragem (saco cranial *versus* ventral) analisado como efeito de bloco. A análise de variância seguiu modelo descrito na equação 2.2.

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + P_j + RP_{ij} + B_k + e_{ijk} \quad (2.2)$$

onde, μ = média geral da variável analisada; R = Efeito do regime alimentar, i="ad libitum" ou restrito; P = Peso ao abate, j=20,30 ou 40; RP_{ij} = Efeito da interação do regime i com o peso ao abate j; B = efeito do bloco, k = saco cranial ou ventral; e=erro residual aleatório.

2.4. Resultados e Discussão

2.4.1. Peso vivo, peso de corpo vazio e tamanho metabólico

Os resultados obtidos para peso vivo, peso de corpo vazio e tamanho metabólico estão dispostos na tabela 2.1.

O efeito de peso ao abate mostrou-se significativo e gradativo para todas as variáveis. Verifica-se também que o manejo nutricional imposto tornou menores os valores obtidos para as variáveis no grupo restrito. A redução do peso de corpo vazio indica claramente uma hipoplasia média de todos os tecidos para animais em restrição. Este comportamento será melhor avaliado quando estudado individualmente cada tecido, para que se perceba sobre qual órgão ou víscera a restrição atuou com maior intensidade.

Tabela 2.1 - Peso vivo (PV), Peso de corpo vazio (PCVZ) e tamanho metabólico (TM) em função do regime alimentar e peso ao abate.

Variáveis	PV (kg)		PCVZ (g)		TM (kg)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
20	19,92 ^{Ca}	18,75 ^{Cb}	14,80 ^{Ca}	13,47 ^{Cb}	9,53 ^{Ca}	8,52 ^{Cb}
30	27,80 ^{Ba}	23,16 ^{Bb}	23,60 ^{Ba}	22,22 ^{Bb}	12,36 ^{Ba}	11,98 ^{Bb}
40	35,78 ^{Aa}	33,62 ^{Ab}	31,11 ^{Aa}	27,22 ^{Ab}	15,32 ^{Aa}	14,05 ^{Ab}
C.V. ¹ (%)	7,14		8,47		5,38	

¹Coeficiente de Variação. Letras minúsculas distintas denotam diferença estatística entre médias nas linhas e maiúsculas nas colunas pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Com os valores obtidos para peso de corpo vazio em função do peso vivo, para animais restritos ou *ad libitum*, estimou-se equação de regressão do tipo $PCVZ=a+b*PV$, sendo a equação geral e apresentação gráfica da regressão apresentadas na figura 2.5.

Os valores obtidos para peso de corpo vazio através desta equação redundaram em reduções de 15 a 23% deste em relação ao peso vivo, respectivo aos animais de 40 e 20 kg. Essa estimativa supera muito as perdas previstas pelas regressões encontradas por Silva (1999) e Oliveira et al. (2004). Estes resultados podem estar ligados aos procedimentos que estes animais passavam anteriormente ao abate, onde, para obtenção de outros dados, alguns animais eram submetidos a jejum severo de sólidos por 60 horas, e acabaram havendo tempos de jejum muito distinto entres as unidades experimentais. Outra possível hipótese para essa discrepância é a de que os animais com peso ao abate 20kg estavam provavelmente em ganho compensatório o que naturalmente eleva bastante o conteúdo do trato gastro-intestinal, levando a uma maior inclinação da regressão. Este efeito fica mais claro no estudo de volume do rúmen-retículo, em que animais com 20 ou 30 kg não apresentaram diferença estatística para o volume destes compartimentos (Tabela 2.5). Este fato corrobora a teoria de que os animais mais leves poderiam ter maior capacidade de armazenamento de alimento proporcionalmente aos demais.

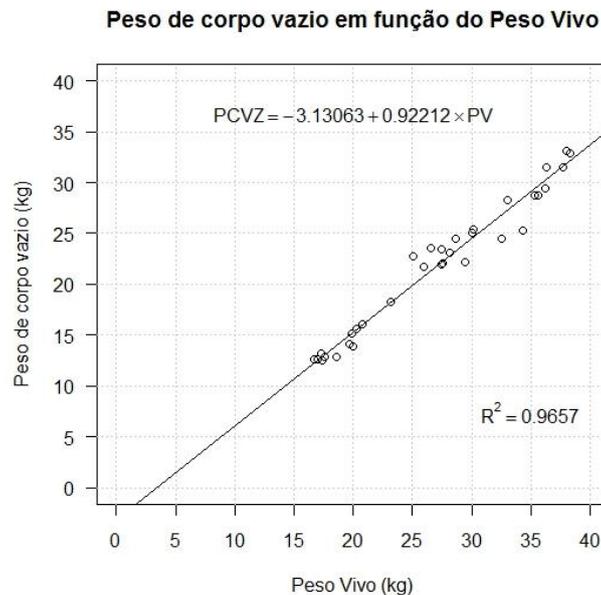


Figura 2.5 - Peso de corpo vazio em função do peso vivo, equação geral do experimento. Círculos abertos (o) representam os pontos observados e a linha contínua (-) os valores preditos pela regressão.

2.4.2. Carcaça, rendimento e escore da condição corporal

Embora o peso de carcaça tenha sido diferente para todos os pesos ao abate, o mesmo comportamento não foi observado para o rendimento (Tabela 2.2). Deve-se ressaltar que a dieta não interferiu em nenhuma das variáveis.

Tabela 2.2 - Peso de carcaça quente (PCQ), Rendimento de carcaça quente (RCQ) e Escore da condição corporal (ECC)

Variáveis	PCQ (kg)		RCQ (%)		ECC*	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
Peso ao Abate						
20	8,09 ^C	7,25 ^C	40,37 ^B	39,81 ^B	2,08 ^C	2,08 ^C
30	13,70 ^B	12,89 ^B	49,32 ^A	47,40 ^A	3,00 ^B	3,25 ^B
40	18,09 ^A	16,30 ^A	51,00 ^A	48,49 ^A	4,10 ^A	3,83 ^A
C.V. ¹ (%)	10,49		8,14		10,00	

¹Coeficiente de Variação. Letras minúsculas distintas denotam diferença estatística entre médias nas linhas para mesmas variáveis e maiúsculas nas colunas pelo teste SNK a 5% de probabilidade. *Para essa variável foi utilizado teste não paramétrico de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade.

O menor rendimento observado para os animais com peso ao abate igual a 20 kg pode estar associado à fase do crescimento em que estes animais se encontravam. Segundo Osório et al. (2007), a deposição de tecidos ósseos em animais jovens é privilegiada, ficando em segundo plano músculos e por fim gordura, o que pode ter levado ao quadro observado. A deposição de gordura e, indiretamente, a maturidade do animal pode ser avaliada subjetivamente por meio do escore da condição corporal, cujo valor, neste experimento, elevou-se gradativamente com o aumento do peso. Contudo, deve-se salientar que em ovinos

deslanados existe grande tendência de deposição de gorduras intracavitárias, que podem mascarar a condição real do animal, que muitas vezes exibem baixa condição corporal simultaneamente a amplos depósitos de gordura intracavitária. O estudo destes depósitos está melhor esclarecido no próximo tópico.

2.4.3. Depósitos de gordura intracavitários

Os resultados obtidos para as variáveis relativas aos depósitos intracavitários de gordura estão dispostos na tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Pesos de Gordura Cavitária Total (GCT), Omental (OT), Mesentérica (MES), Perirrenal (PREN) e Pericárdica (PCARD) e valores relativos ao peso de corpo vazio (PCVZ,%) e tamanho metabólico (TM, g/UTM)

Variáveis	GCT (g)		GCT/PCVZ (%)		GCT/TM (g/UTM)	
Peso ao Abate	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
20	366,38 ^{Ca}	258,77 ^{Ca}	2,42 ^{Ca}	1,92 ^{Ba}	41,10 ^{Ca}	29,41 ^{Ba}
30	1659,86 ^{Ba}	1455,96 ^{Ba}	7,04 ^{Ba}	6,56 ^{Aa}	137,19 ^{Ba}	157,03 ^{Aa}
40	3384,74 ^{Aa}	2034,52 ^{Ab}	10,80 ^{Aa}	7,44 ^{Ab}	231,20 ^{Aa}	144,66 ^{Ab}
C.V. ¹ (%)	26,57		21,03		25,39	
Variáveis	OT (g)		OT/PCVZ(%)		OT/TM (g/UTM)	
Peso ao Abate	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
20	106,88 ^{Ca}	57,47 ^{Ca}	0,69 ^C	0,43 ^C	12,22 ^{Ca}	6,53 ^{Ba}
30	729,25 ^{Ba}	624,13 ^{Ba}	3,10 ^B	2,81 ^B	60,40 ^{Ba}	66,13 ^{Aa}
40	1436,72 ^{Aa}	869,17 ^{Ab}	4,60 ^A	3,17 ^A	98,16 ^{Aa}	61,62 ^{Ab}
C.V. ¹ (%)	28,05		25,43		25,70	
Variáveis	MES (g)		MES/PCVZ (%)		MES/TM (g/UTM)	
Peso ao Abate	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
20	135,93 ^{Ca}	114,00 ^{Ba}	0,91 ^C	0,84 ^C	15,42 ^{Ca}	12,93 ^{Ba}
30	465,50 ^{Ba}	445,73 ^{Aa}	1,98 ^B	2,00 ^B	38,46 ^{Ba}	48,60 ^{Aa}
40	797,82 ^{Aa}	558,88 ^{Ab}	2,55 ^A	2,06 ^A	54,61 ^{Aa}	39,86 ^{Ab}
C.V. ¹ (%)	22,22		17,85		24,72	
Variáveis	PREN (g)		PREN/PCVZ (%)		PREN/TM (g/UTM)	
Peso ao Abate	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
20	53,10 ^{Ca}	35,38 ^{Ba}	0,35 ^{Ca}	0,26 ^{Ba}	6,02 ^{Ca}	4,04 ^{Ba}
30	347,48 ^{Ba}	263,70 ^{Aa}	1,46 ^{Ba}	1,19 ^{Aa}	28,61 ^{Ba}	28,72 ^{Aa}
40	852,55 ^{Aa}	442,73 ^{Ab}	2,72 ^{Aa}	1,61 ^{Ab}	58,23 ^{Aa}	31,44 ^{Ab}
C.V. ¹ (%)	42,79		37,62		40,24	
Variáveis	PCARD (g)		PCARD/PCVZ (%)		PCARD/TM (g/UTM)	
Peso ao Abate	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
20	68,52 ^B	50,38 ^B	0,46 ^B	0,37 ^B	7,22 ^B	5,73 ^B
30	111,08 ^B	116,40 ^B	0,47 ^B	0,52 ^B	9,17 ^{AB}	12,93 ^{AB}
40	287,80 ^A	156,90 ^A	0,91 ^A	0,57 ^A	19,53 ^A	11,25 ^A
C.V. ¹ (%)	61,55		43,97		52,47	

¹Coefficiente de Variação. Letras minúsculas distintas denotam diferença estatística entre médias nas linhas para mesmas variáveis e maiúsculas nas colunas pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

O tecido adiposo tem como função, entre outras, reservar energia para o animal (Cunnigham, 2004). A avaliação da deposição deste tecido na carcaça permite avaliar de

forma indireta o *status* fisiológico do animal. Para ovelhas gestantes sobre restrição alimentar, Macedo Júnior (2008) encontrou menor depósito intracavitário de gordura, sugerindo haver maior mobilização deste para manutenção da gestação. De forma similar, Mahgoub et al. (2000), trabalhando com cordeiros, obtiveram redução da gordura em tecidos não relativos à carcaça quando em restrição energética. Todavia, neste experimento, excetuando-se o grupo de peso ao abate 40 kg, não se observou efeito do regime alimentar sobre a deposição de gordura ($p>0,05$), em quaisquer regiões. A maior maturidade desse grupo, aliado ao maior tempo de experimentação podem ter levado a este quadro. A primeira hipótese justifica-se pela possibilidade de igualdade entre os grupos 20 e 30 poder estar associada à reduzida deposição de gordura do grupo *ad libitum* dado sua menor maturidade fisiológica frente ao grupo 40, teoricamente mais apto a esta deposição. Tal resposta é melhor evidenciada na figura 2.6.

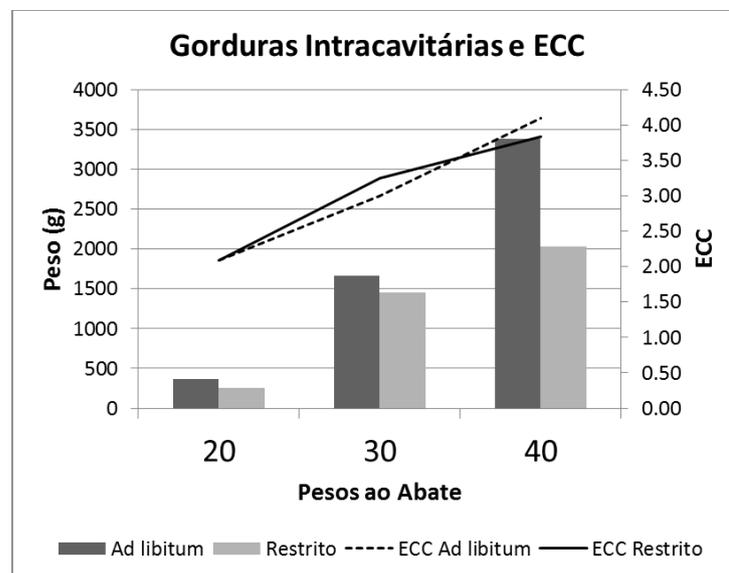


Figura 2.6. Peso do total de gorduras intracavitárias e escore da condição corporal (ECC) para cada tratamento.

Ao se analisar os pesos de todos os depósitos em função do tamanho metabólico, os grupos 30 e 40 se igualaram quando em restrição, não ocorrendo o mesmo para animais com alimentação à vontade. Este resultado denota que em relação ao metabolismo destes animais, a quantidade de gordura armazenada é similar, levando à conclusão que, embora com diferentes quantidades absolutas de gordura, os *status* energéticos destes grupos se equipararam. Isto é, a partir do peso vivo de 30 kg a alimentação restrita tende a equivaler-se à administração de ração à vontade no que tange à deposição de energia sob a forma de gordura, ou passa a ter maior influência sobre estes depósitos. Mais uma vez estes resultados condizem com a deposição desproporcional dos tecidos ósseo, muscular e adiposo ao longo do crescimento (Fowler, 1980).

2.4.4. Trato digestivo anterior

Resultados de peso absoluto e relativos de rúmen, retículo, omaso e abomaso e seu somatório (estômago total) estão apresentados na tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Pesos de Estômago Total (EST), Rúmen (RU), Retículo (RT), Omaso (OM) e Abomaso (AB) e valores relativos ao peso de corpo vazio (PCVZ,%) e tamanho metabólico (TM, g/UTM)

Variáveis	EST (g)		EST/PCVZ (%)		EST/TM (g/UTM)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
Peso ao Abate						
20	578,87 ^C	562,88 ^C	2,65 ^B	2,72 ^B	53,68	53,07
30	632,93 ^B	692,13 ^B	2,75 ^B	3,01 ^B	53,82	73,97
40	813,10 ^A	767,00 ^A	4,05 ^A	4,07 ^A	61,98	63,42
C.V. ¹ (%)	13,33		10,62		28,01	
Variáveis	RU (g)		RU/PCVZ (%)		RU/TM (g/UTM)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
Peso ao Abate						
20	361,57 ^B	349,63 ^B	2,46 ^A	2,60 ^A	38,38	39,75
30	393,03 ^B	425,78 ^B	1,66 ^B	1,92 ^B	32,38	33,12
40	514,58 ^A	477,17 ^A	1,66 ^B	1,76 ^B	36,71	34,03
C.V. ¹ (%)	15,61		12,59		42,25	
Variáveis	RT (g)		RT/PCVZ (%)		RT/TM (g/UTM)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
Peso ao Abate						
20	70,33 ^C	72,58 ^C	0,48 ^A	0,54 ^A	7,46	8,24
30	85,63 ^B	89,75 ^B	0,36 ^B	0,40 ^B	7,06	9,13
40	106,76 ^A	101,07 ^A	0,34 ^B	0,37 ^B	7,14	7,25
C.V. ¹ (%)	15,03		15,73		25,67	
Variáveis	OM/VZ (g)		OM/PCVZ (%)		OM/TM (g/UTM)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
Peso ao Abate						
20	36,05 ^B	36,00 ^B	0,25 ^A	0,27 ^A	3,86	4,07
30	42,23 ^A	57,88 ^A	0,18 ^B	0,26 ^B	3,48	5,56
40	55,02 ^A	61,42 ^A	0,18 ^B	0,22 ^B	3,84	4,38
C.V. ¹ (%)	20,25		18,87		37,20	
Variáveis	AB (g)		AB/PCVZ (%)		AB/TM (g/UTM)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
Peso ao Abate						
20	117,01 ^{Ba}	104,58 ^{Aa}	0,79 ^{Aa}	0,78 ^{Aa}	12,35 ^A	11,93 ^A
30	92,33 ^{Cb}	115,40 ^{Aa}	0,39 ^{Bb}	0,52 ^{Ba}	7,61 ^B	11,74 ^B
40	141,76 ^{Aa}	127,32 ^{Aa}	0,46 ^{Ba}	0,47 ^{Ba}	9,33 ^B	9,15 ^B
C.V. ¹ (%)	13,85		10,61		27,23	

¹Coeficiente de Variação. Letras minúsculas distintas denotam diferença estatística entre médias nas linhas para mesmas variáveis e maiúsculas nas colunas pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Observa-se inicialmente que não houve efeito do regime alimentar sobre qualquer variável, à exceção do abomaso, que estatisticamente foi menor no grupo de peso ao abate 30 sob alimentação à vontade. Contudo o efeito de peso foi significativo para todas as vísceras, tendendo a elevar a massa de todos os compartimentos com o aumento do peso vivo. No entanto, estatisticamente não se obteve padrão, demonstrando crescimentos diferentes para cada porção. De toda forma, o estômago total aumentou em massa em função do peso vivo ao abate, conforme pode ser observado na figura 2.7.

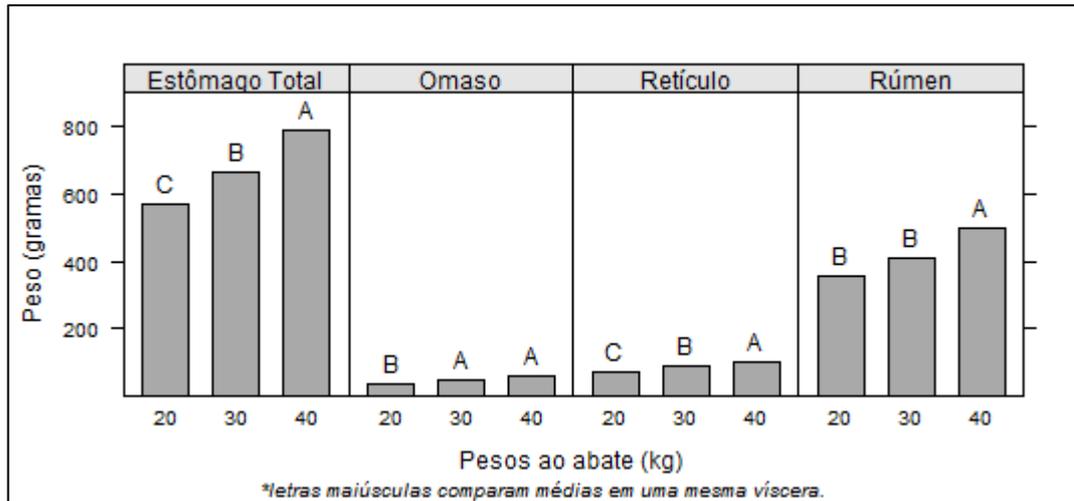


Figura 2.7 - Peso de cada compartimento em função do peso ao abate, 20, 30 ou 40. Letras distintas sobre as barras denotam diferença estatística pelo teste SNK ($P < 0,05$).

De Paula (2005), trabalhando com cordeiros Santa Inês, encontrou resposta similar ao deste experimento para o crescimento relativo ao peso de corpo vazio do rúmen e retículo. Os dados deste autor demonstraram aumento desta variável próximo aos 90 dias, e tendência de manutenção após isto, fato este observado entre o grupo 20, naturalmente mais jovem, e os grupos 30 e 40. Tal ocorrência é natural para ruminantes imaturos em que o desenvolvimento das câmaras fermentativas se dá de forma desproporcional ao crescimento do resto do corpo, desencadeado pelas mudanças na dieta e comportamento ingestivo. Neste momento, coincidente com práticas como o desmame, ocorre rápido crescimento das câmaras fermentativas (rúmen, retículo e omaso) cujo crescimento, após esta fase inicial, tende a acompanhar o resto do corpo. É notório que o epitélio ruminal é sensível à qualidade da dieta, refletindo-se nos tipos de ácidos graxos voláteis formados durante o processo de fermentação (Sakata e Tamate, 1978; Sakata e Tamate, 1979).

O efeito da restrição alimentar quantitativa é, no entanto, menos estudado e resultados obtidos por Scheaffer et al. (2004) com ovelhas gestantes demonstraram redução do estômago total em função de restrição ingestiva de 40%. No presente estudo, no entanto, este efeito não foi observado, podendo não ter ocorrido em função da menor restrição imposta quando comparada à dos autores supracitados.

Analisado pelo volume ao invés da massa, rúmen e retículo apresentaram os seguintes resultados (Tabela 2.5).

O volume parece acompanhar o crescimento em massa em função do peso vivo, principalmente para o rúmen, sendo este efeito significativo somente nos animais com 40 kg em relação aos animais mais novos. O impacto deste fenômeno pode ser observado na variável consumo, que se equipareceu entre os grupos 20 e 30, corroborando os resultados obtidos para volume (Tabela 1.4).

Tabela 2.5 – Volume de rúmen (VOLRU), retículo (VOLRT) e rúmen-retículo em Litros (VOLRRT).

Variáveis	VOLRU (L)		VOLRT (L)		VOLRRT (L)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
20	9,78 ^{Bb}	10,59 ^{Ba}	0,66 ^b	0,88 ^a	10,44 ^{Bb}	11,48 ^{Ba}
30	9,07 ^{Bb}	10,47 ^{Ba}	0,68 ^b	0,80 ^a	9,75 ^{Bb}	11,27 ^{Ba}
40	12,09 ^{Ab}	13,25 ^{Aa}	0,76 ^b	0,86 ^a	12,85 ^{Ab}	14,10 ^{Aa}
C.V. ¹ (%)	16,26		25,83		15,66	

¹Coefficiente de Variação. Letras minúsculas distintas denotam diferença estatística entre médias nas linhas para mesmas variáveis pelo teste SNK a 10% de probabilidade e maiúsculas nas colunas pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Um efeito observado ao nível de significância de 10% de probabilidade pelo teste SNK foi de que a restrição nutricional elevou o volume do rúmen e retículo em qualquer peso ao abate avaliado. Como não houve efeito do regime alimentar sobre a massa destas vísceras, o maior volume deste órgão está provavelmente associado à maior capacidade de distensão de ambas as câmaras (rúmen e retículo) em animais sob alimentação restrita, ou ainda de uma menor densidade da parede ruminal destes animais. Uma forma de avaliar este fenômeno, de forma indireta, é o estudo de papilas no epitélio ruminal. Ressalta-se, no entanto, que de acordo com Harrison et al. (1960), a parede ruminal é composta de partes que possuem crescimentos distintos, o que implica que não necessariamente caso haja, por exemplo, aumento de papilas em função de certo tratamento, toda a parede se comportará da mesma forma.

Os dados relativos às análises realizadas nas papilas oriundas do saco cranial e ventral estão dispostas nas tabelas 2.6, 2.7 e 2.8.

Tabela 2.6 – Papilas por cm² (PAP), Altura (ALT) e Área (AREA) por tratamento nas amostras dos sacos cranial e ventral

Saco Cranial do Rúmen						
Peso ao Abate	PAP (n/cm ²)		ALT (mm)		ÁREA (mm ²)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
20	59,5 ^A	56,0 ^A	2,18 ^a	2,12 ^b	1,83 ^a	2,26 ^b
30	58,8 ^A	49,8 ^A	3,14 ^a	2,43 ^b	3,76 ^a	2,32 ^b
40	35,0 ^B	50,6 ^B	3,06 ^a	2,28 ^b	3,63 ^a	2,22 ^b
C.V. ¹	27,81		33,75		46,04	
Saco Ventral do Rúmen						
Peso ao Abate	PAP (n/cm ²)		ALT (mm)		ÁREA (mm ²)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
20	59,6 ^A	69,7 ^A	1,69 ^B	0,88 ^B	1,62 ^B	1,14 ^B
30	58,7 ^{AB}	56,3 ^{AB}	2,36 ^A	2,17 ^A	2,60 ^A	2,01 ^A
40	44,0 ^B	51,0 ^B	2,38 ^A	1,88 ^A	2,58 ^A	2,35 ^A
C.V. ¹	20,87		45,24		52,68	

¹Coefficiente de Variação (%). Letras minúsculas distintas denotam diferença estatística entre médias nas linhas para mesmas variáveis e maiúsculas nas colunas pelo teste SNK, valor p exibido na tabela 2.8.

Tabela 2.7 – Valor médio, independente de local de coleta, para Largura da base e Área absorptiva por peso ao abate

Peso ao Abate	Médias Gerais	
	Largura da Base (mm)	Área Absortiva (cm ²)
20	0,88	3,01 ^B
30	0,88	4,16 ^A
40	0,93	3,31 ^B
C.V. ¹ (%)	30,80	43,32

¹Coefficiente de Variação (%). Letras maiúsculas distintas denotam diferença estatística entre médias nas colunas pelo teste SNK, valor p exibido na tabela 2.8.

Chama-se atenção para o efeito de regime alimentar, que no saco cranial afetou ($p < 0,1$) altura e área das papilas, sendo estas menores no grupo restrito. A igualdade no número de papilas permite inferir que existe menor quantidade de tecido neste grupo, corroborando a teoria apresentada anteriormente na discussão sobre volume (tabela 2.5).

Tabela 2.8 – Valor de significância para cada uma das variáveis avaliadas relativas às papilas ruminais

Variável	Local	Peso ao Abate		Regime alimentar	
		S.C.	S.V.	S.C.	S.V.
Papilas / cm ²	$p < 0,1$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	ns	ns
Altura (mm)	$p < 0,05$	ns	$p < 0,05$	$p < 0,1$	ns
Largura da base (mm)	Ns	ns		ns	
Área (mm)	$p < 0,05$	ns	$p < 0,1$	$p < 0,1$	ns
Área absorptiva (cm ²)	Ns	$p = 0,05$		ns	

S.C. = Saco Cranial; S.V. = Saco Ventral; ns = não significativo ($p > 0,10$).

O crescimento das papilas ruminais frente a mudanças dietéticas dá-se basicamente por hiperplasia (Sakata e Tamate, 1979), havendo reposição de células apicais pelas células da base. O aumento de suprimento energético, principalmente a partir de butirato (Sakata e Tamate, 1978), eleva rapidamente o crescimento papilar, que pode ser detectado pelo aumento do índice mitótico observado na região basilar das papilas. Estas assertivas corroboram o resultado encontrado neste experimento, em que frente à restrição se observou redução da altura das papilas, bem como da área. Segundo Scheaffer et al. (2004), a demanda desproporcional de energia do trato gastrointestinal em função de seu peso relativo ao corpo faz com que animais sob restrição reduzam a massa destes tecidos. No presente estudo, este fenômeno não foi observado. No entanto, a redução do tamanho das papilas pode ser reflexo deste mecanismo. Isto porque para manutenção da altura das papilas, demanda-se grande quantidade de energia visto que é um processo de renovação celular contínuo obtido através de mitose, caracterizando processo muito dispendioso, cuja intensidade se dá em função do

aporte energético e tipo de substrato para essas células, conforme demonstrado por Sakata e Tamate (1979).

Lesmeister et al. (2004), tentando definir um método para análise e amostragens de tecido ruminal, chegaram à conclusão de que existe elevada correlação entre áreas do rúmen quando se observa o efeito de tratamentos como idade, sendo possível que uma única amostra de um mesmo local do rúmen possa representar o desenvolvimento de todo o epitélio ruminal. No entanto, nos dados aqui obtidos, o efeito do local de amostragem foi significativo para a maior parte das variáveis, excetuando-se área absorptiva e largura da base. A primeira não foi afetada por nenhum dos tratamentos, aparentando ser a largura uma característica fixa da espécie.

O saco ventral foi mais afetado pelo peso ao abate, sendo altura e área menores para os animais mais leves. Para a variável papilas por cm^2 o comportamento foi o inverso, tendo os grupos 20 e 30 as maiores densidades de papilas. Como consequência, pôde ser observado que a área absorptiva, que independentemente de local, foi maior no grupo intermediário e menor nos grupos dos extremos, 20 e 40 kg. Este resultado é reflexo da dinâmica de crescimento da víscera como um todo, isto é, no grupo 20 a área de absorção por cm^2 é menor por que nesta fase embora se possua maior densidade de papilas estas são pequenas e, conseqüentemente, possuem menor área. Com o crescimento do animal como um todo, a víscera cresce em tamanho, bem como as papilas, obtendo área máxima de absorção, que por fim é reduzida pelo crescimento da víscera não acompanhado de crescimento das papilas, reduzindo-se desta forma a densidade destas. Este último aspecto é confirmado pela redução no número de papilas por cm^2 no grupo 40. Vale ressaltar que embora o número de papilas impacte na área absorptiva, a área da papila sempre o faz com maior intensidade, visto que é sempre multiplicada por dois, dada a natureza espacial da variável (equação 2.1).

A figura 2.8 contém as imagens de papilas oriundas de cada região anatômica de amostragem do rúmen para os diferentes pesos ao abate.

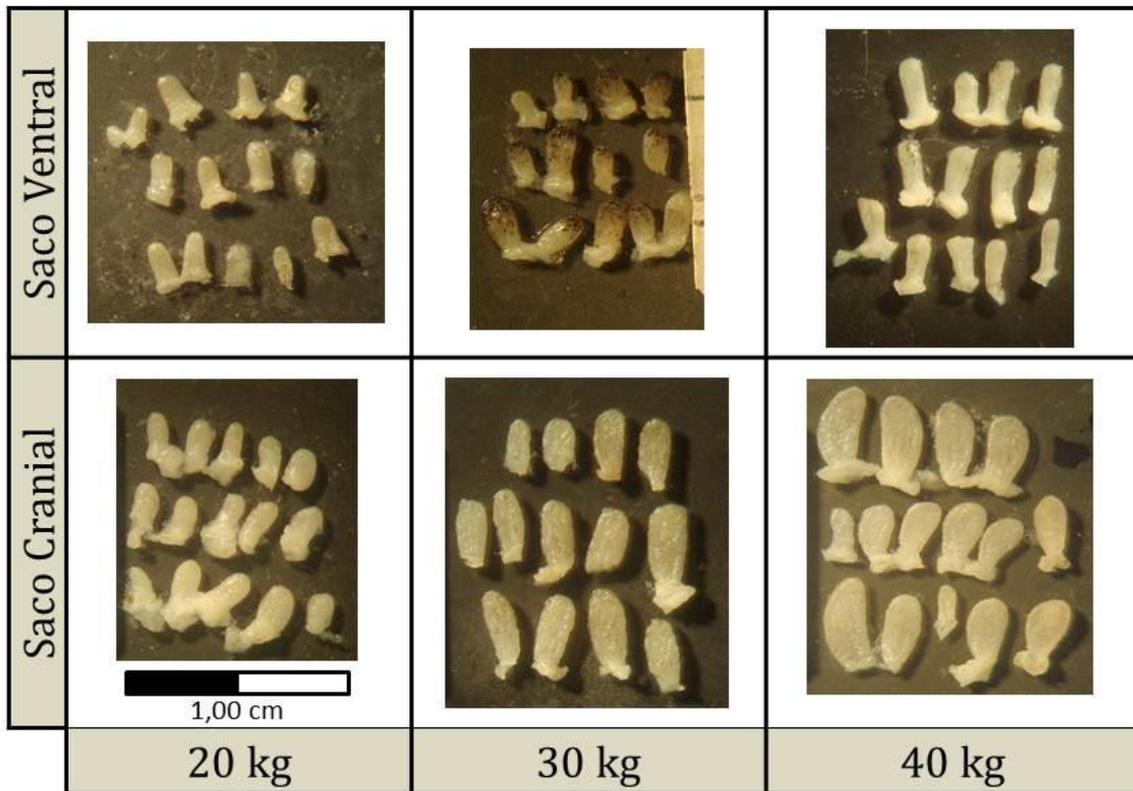


Figura 2.8 – Fotografia de papilas retiradas dos sacos ventral e cranial do rumen em diferentes pesos ao abate

Embora a restrição não tenha afetado diretamente a área absorptiva, a redução da altura e área das papilas provavelmente diminuiu a absorção frente ao grupo não restrito e à falta de significância obtida neste trabalho para a primeira variável pode estar associada a alta instabilidade desta, visto que, para ser obtida, assume o erro das demais. No entanto, essa possível redução pode, na natureza, ser compensada pelo maior tempo de retenção da digesta caracterizado no Capítulo 1 deste trabalho.

2.4.5. Trato digestivo posterior

Os resultados obtidos para intestino delgado e grosso e seu somatório estão dispostos na tabela 2.9.

Observou-se que o regime alimentar afetou somente o peso do intestino grosso. A maior massa obtida para essa víscera no grupo *ad libitum* está provavelmente associada à taxa de passagem ruminal mais elevada (Capítulo 1).

Toda vez que há maior passagem de material fermentável do rúmen para o trato posterior, pode ocorrer fermentação no intestino grosso (Cunningham, 2004). A ocorrência deste processo nesta porção do intestino tende a elevar a massa do mesmo. O ceco, avaliado separadamente, apresentou o aumento de massa ($p < 0,05$) nos animais *ad libitum*, justificando o aumento do intestino grosso.

Tabela 2.9 – Peso do intestinos (IT), intestino delgado (ID) e intestino grosso (IG) e valores relativos ao peso de corpo vazio (PCVZ,%) e tamanho metabólico (TM, g/UTM)

Variáveis	IT (g)		IT/PCVZ (%)		IT/TM (g/UTM)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
Peso ao Abate						
20	660,93	628,47	4,55 ^A	4,69 ^A	70,32 ^A	71,62 ^A
30	635,95	608,83	2,69 ^B	2,74 ^B	52,46 ^B	60,96 ^B
40	634,86	662,09	2,07 ^B	2,45 ^B	42,92 ^B	47,53 ^B
C.V. ¹ (%)	18,90		23,04		26,61	
Variáveis	ID (g)		ID/PCVZ(%)		ID/TM (g/UTM)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
Peso ao Abate						
20	452,65 ^A	408,07 ^A	3,14 ^A	3,05 ^A	48,22 ^A	46,59 ^A
30	338,98 ^B	317,48 ^B	1,43 ^B	1,43 ^B	27,99 ^B	32,72 ^B
40	374,56 ^{AB}	380,01 ^{AB}	1,22 ^B	1,41 ^B	25,09 ^B	27,28 ^B
C.V. ¹ (%)	23,81		29,76		29,63	
Variáveis	IG (g)		IG/PCVZ (%)		IG/TM (g/UTM)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
Peso ao Abate						
20	238,37 ^{Ca}	220,40 ^{Ba}	1,65 ^A	1,64 ^A	25,46	25,04
30	278,27 ^{Ba}	285,85 ^{Aa}	1,18 ^B	1,29 ^B	23,02	27,93
40	328,70 ^{Aa}	282,08 ^{Ab}	1,05 ^C	1,04 ^C	22,36	20,25
C.V. ¹ (%)	8,18		12,61		24,66	

¹Coefficiente de Variação. Letras minúsculas distintas denotam diferença estatística entre médias nas linhas para mesmas variáveis e maiúsculas nas colunas pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Esse efeito foi também observado no experimento realizado por Macedo Júnior (2008), quando animais alimentados à vontade apresentaram maiores pesos de intestino grosso.

O peso ao abate, por sua vez, influenciou a maioria das variáveis intestinais. No entanto seu efeito não foi o mesmo para cada uma delas. O intestino delgado foi maior no grupo 20 em relação ao grupo 30 e similar ao grupo 40. Esta víscera apresentou tamanho relativo ao peso de corpo vazio cerca de duas vezes maior nos animais com 20 kg, o que se refletiu também no intestino total. Ao separar o intestino delgado em duodeno, jejuno e íleo, a única porção que sofreu efeito do peso ao abate foi o jejuno ($p < 0,05$) podendo, portanto, ser atribuído a este toda a alteração na massa do intestino delgado inteiro. Este resultado pode estar associado à fase de desenvolvimento destes animais, em que a absorção intestinal de carboidratos tem maior expressão em relação à de animais mais maduros, nos quais 70% da energia requisitada para manutenção é dependente da produção de ácidos graxos voláteis nos processos fermentativos pré-abomaso (Bergman, 1990).

Avaliando-se os intestinos por meio do comprimento de cada porção dos mesmos, obtiveram-se os resultados exibidos na tabela 2.10.

O intestino grosso foi influenciado pelo peso ao abate, apresentando maior peso conforme a elevação do peso vivo, podendo-se atribuir a este aumento o comprimento do cólon.

Tabela 2.10 – Comprimento (C) das diferentes porções do intestino delgado (Duodeno, Jejuno e Íleo) e grosso (Ceco e Cólon)

Variáveis	CDELGADO (m)		CGROSSO (m)			
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito		
Peso ao Abate						
20	24,65	25,17	4,48 ^C	4,51 ^C		
30	22,80	23,58	5,40 ^B	5,34 ^B		
40	23,47	23,38	5,90 ^A	5,71 ^A		
C.V. ¹ (%)	9,22		8,17			
Variáveis	CDUODENO (m)		CJEJUNO (m)		CILEO (m)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
Peso ao Abate						
20	0,82	0,91	23,46	23,48	0,38	0,35
30	0,66	0,98	21,44	22,13	0,29	0,41
40	0,92	0,93	22,26	21,59	0,29	0,45
C.V. ¹ (%)	22,61		8,51		50,08	
Variáveis	CCECO (m)		CCOLON (m)			
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito		
Peso ao Abate						
20	0,29	0,28	4,18 ^C	4,36 ^C		
30	0,25	0,31	4,97 ^B	4,93 ^B		
40	0,33	0,30	5,57 ^A	5,25 ^A		
C.V. ¹ (%)	13,65		8,38			

¹Coeficiente de Variação. Letras minúsculas distintas denotam diferença estatística entre médias nas linhas para mesmas variáveis e maiúsculas nas colunas pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Gerassev (2003) e De Paula (2005) não observaram qualquer efeito do crescimento sobre o intestino grosso, No entanto, estes autores trabalharam com animais machos mais jovens, sob restrição nutricional pré-natal ou pós-natal, para o primeiro autor, e com diferentes níveis de FDN para o segundo autor.

O efeito da ingestão de energia metabolizável sobre a massa intestinal já está muito bem descrito na literatura, conforme revisão de Baldwin et al. (2004). É sabido que intestinos e fígado podem contar com cerca de 50% da energia requisitada para manutenção, sendo um mecanismo para poupar energia em momentos de restrição alimentar a diminuição destes tecidos. No presente estudo, este efeito não foi percebido, embora o consumo de energia metabolizável tenha sido reduzido pelo manejo imposto (Tabela 1.5). Scheaffer et al. (2004) observaram redução do intestino delgado, especificamente, jejuno e íleo, quando ovelhas gestantes estavam sob 40% de restrição em relação à manutenção. Talvez a não diferença estatística observada no presente experimento deu-se porque ambos os grupos, *ad libitum* e restritos estavam recebendo alimentação acima da manutenção, fato este observado pelo ganho de peso, escore corporal e crescimento como um todo para todos os animais experimentais.

2.4.6. Fígado

Os efeitos dos tratamentos sobre o fígado estão demonstrados na tabela 2.11.

Tabela 2.11 – Peso do fígado e valores relativos ao peso de corpo vazio (PCVZ,%) e tamanho metabólico (TM, g/UTM)

Variáveis	FÍGADO (g)		FÍGADO/PCVZ (%)		FÍGADO/TM (g/UTM)	
	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito	<i>Ad libitum</i>	Restrito
20	303,38 ^{Ca}	256,15 ^{Ba}	2,06 ^A	1,91 ^A	32,08	29,18
30	392,58 ^{Ba}	330,63 ^{Ab}	1,66 ^B	1,49 ^B	32,38	32,78
40	500,75 ^{Aa}	360,88 ^{Ab}	1,61 ^B	1,33 ^B	34,56	25,89
C.V. ¹ (%)	12,00		12,07		20,69	

¹Coefficiente de Variação. Letras minúsculas distintas denotam diferença estatística entre médias nas linhas para mesmas variáveis e maiúsculas nas colunas pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Fica mais claro o efeito da restrição nutricional ao se avaliar o peso do fígado. De forma absoluta, o fígado de animais do grupo *ad libitum* cresceu acompanhando o resto do corpo. No entanto, ao avaliar a mesma variável no grupo sob restrição alimentar nota-se igualdade do grupo 30 e 40, para os quais a restrição diminuiu o peso do fígado, comparando-se por peso ao abate. Assim como os intestinos, o fígado é sensível à dieta ou manejo alimentar (Johnson et al., 1990; Scheaffer et al., 2004). No presente estudo, este efeito ficou evidente, tornando mais próxima a massa hepática dos diferentes pesos vivos e reduzindo-a comparativamente ao grupo *ad libitum*.

O peso deste órgão relativo ao peso de corpo vazio, independentemente do grupo experimental, foi similar aos encontrados por De Paula (2005), mostrando normalidade do tamanho do fígado mesmo quando sob restrição, indicando que a diferença observada está provavelmente associada ao aumento do consumo de energia e não à restrição, isto é, a diferença se deu em função do maior metabolismo dos animais *ad libitum* frente a maior ingestão de nutrientes. O fígado funciona como órgão central do metabolismo, de forma que a conversão dos nutrientes em moléculas úteis para as funções corporais se dão em grande parte nos hepatócitos. Dessa maneira, pode-se inferir que o maior crescimento geral observado no grupo *ad libitum* esteja relacionado à maior atividade hepática avaliada indiretamente por sua massa. O estudo de metabólitos sanguíneos bem como do consumo de oxigênio poderão em pesquisas futuras corroborar essa teoria.

2.5. Conclusões

A restrição nutricional não interferiu na maior parte das vísceras, no entanto reduziu a massa hepática e depósitos de gordura intracavitários.

O peso ao abate exerce significativo efeito sobre a maior parte das vísceras bem como no rendimento de carcaça, sendo o fígado o órgão que apresentou resposta mais consistente aos tratamentos avaliados.

Papilas ruminais sofrem influência tanto do regime alimentar como do peso ao abate, tendo animais com peso intermediário a maior área absorptiva por cm².

3. Considerações Finais

O crescimento de cordeiras da raça Santa Inês influencia diversos aspectos relativos à nutrição e fisiologia destes animais. O primeiro fator afetado é o consumo, que se eleva gradativamente com o desenvolvimento animal; no entanto, proporcionalmente ao peso vivo este valor tende a decrescer. O reflexo desta mudança pode ser percebido em outras variáveis como a digestibilidade e cinética da digesta, contudo estes parecem ser mais influenciados pela quantidade ofertada do que pelo peso vivo isoladamente. Por outro lado, o crescimento interfere significativamente na deposição de tecidos, sendo a gordura corporal intimamente relacionada ao desempenho corporal, parecendo se tornar um tecido dinâmico somente em animais mais maduros, isto é, em idades mais jovens o efeito de mudanças dietéticas provavelmente se reflete em outros tecidos, que não o adiposo. Dessa forma, a gordura não parece ser um sinalizador da condição corporal ou do *status* energético em animais jovens.

A redução da ingestão implica em adaptações fisiológicas frente ao plano nutricional restrito, sendo estas percebidas, entre outros aspectos, por meio de redução das papilas do epitélio ruminal. Este mecanismo, embora reduza a capacidade absorptiva, tem como possível efeito reduzir as demandas energéticas necessárias para a manutenção e é, possivelmente, compensada pela redução do trânsito da ingesta, permitindo maior tempo de retenção nas câmaras pré-abomaso do material fermentescível. As papilas são influenciadas pelo peso ao abate, todavia se desenvolvem em taxa distinta do resto do rúmen, permitindo uma maior área absorptiva em animais com pesos intermediários. Dentre os tecidos estudados, o fígado parece ser o órgão mais sensível à ingestão.

Estudos da cinética digestiva em ruminantes precisam ser melhor avaliados, observando-se o verdadeiro valor biológico dos parâmetros matemáticos obtidos pelos modelos ajustados e determinando-se um delineamento experimental mais potente para se tecerem conclusões mais precisas.

Pesquisas futuras baseadas em histologia e biologia molecular poderão tornar mais claro o efeito de mudanças dietéticas e a sensibilidade dos tecidos a estas.

4. Referências Bibliográficas

- AGRICULTURAL AND FOOD REASERCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International, 1993. 159p.
- BALDWIN, R. L. et al. Rumen Development, Intestinal Growth and Hepatic Metabolism In The Pre- and Postweaning Ruminant. **Journal Of Dairy Science**, n. 87, p.E55-E65, 2004.
- BALDWIN, R. L. Sheep gastrointestinal development in response to different dietary treatments. **Small Ruminant Research**, v.35: p. 39-47, 2000.
- BARROS, N. N. et al. Eficiência bioeconômica de cordeiros F1 Dorper x Santa Inês para produção de carne. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 8, n. 40, p.825-831, ago. 2005.
- BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**. V.70, p.567-590, 1990.
- BHARGAVA, P.K., ØRSKOV, E.R. AND WALLI, T.K. Rumen degradation of straw. 4. Selection and degradation of morphological components of barley straw by sheep. **Animal Production**, n. 47, 105–110, 1988. Apud FORBES, J. M.. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. 2. ed. Wallingford: Cabi, 2007. 453 p.
- BLAXTER, K. L.; GRAHAM, N. Mcc.; WAINMAN, F. W.. Some observations on the digestibility of food by sheep, and on related problems. **British Journal Of Nutrition**, n. 10, p.69-91, 1956.
- BLAXTER, K.L.; CLAPPERTON, J.L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **British Journal of Nutrition**, v.19, p.511-522, 1965.
- BRODY, S. **Bioenergetics and growth**. New York: Reinhold, 1945. 1023 p.
- CANNAS, A. et al. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **Journal Of Animal Science**, n. 82, p.149-169, 2004.
- COLUCCI, P. E.; CHASE, L. E.; VAN SOEST, P. J. Feed Intake, Apparent Diet Digestibility, and Rate of Particulate Passage in Dairy Cattle. **Journal Of Dairy Science**, n. 65, p.1445-1456, 1982.

- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION - CSIRO PUBLISHING. **Nutrient requirements of domesticated ruminants.** Collingwood, Australia. 2007. 270p.
- CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de Fisiologia Veterinaria.** Editora Guanabara Koogan S.A., 2004, p.579.
- DANIEL, J. L. P.; RESENDE JÚNIOR, J. C.; CRUZ, F. J. Participação do ruminoretículo e omaso na superfície absorptiva total do proventrículo de bovinos. **Brazilian Journal Of Veterinary Research**, São Paulo, v. 43, n. 5, p.688-694, 2006.
- DE PAULA, O. J. **Desempenho e desenvolvimento dos órgãos digestivos de cordeiros Santa Inês, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de fibra.** 2005. 184 f. Tese (Doutorado) - UFLA, Lavras, 2005.
- DETMANN, E. et al. Estimação de parâmetros da cinética de trânsito de partículas em bovinos sob pastejo por diferentes seqüências amostrais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.222-230, 2001.
- DHANOVA, M. S. et al. A multicompartimental model to describe marker excretion patterns in ruminant faeces. **British Journal of Nutrition**, v.53, p.663-671, 1985.
- DOBSON, M. J. et al. A histological study of the organization of the rumen epithelium of sheep. **Experimental Physiology**, v. 41, n. 3, p.247-253, 1956.
- FISHER, D. S. A Review of a Few Key Factors Regulating Voluntary Feed Intake in Ruminants. **Crop Science**, n. 42, p.1651-1655, 2002.
- FORBES, J. M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals.** 2. ed. Wallingford: Cabi, 2007. 453 p.
- FOWLER, V. R. Growth in mammals for meat production. In: LAWRENCE, T. J.. **Growth in animals.** London: Butterworths, 1980. Cap. 13, p. 249-264.
- FOX, D. G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. **Journal of Animal Science.** 70:3578-3596, 1992.
- FREER, M.; MOORE, A. D.; DONNELLY, J. R. **The GRAZPLAN animal biology model for sheep and cattle and the GrazFeed decision support tool.** CSIRO Plant Industry Technical Paper . Disponível em:

<<http://www.pi.csiro.au/grazplan/files/TechPaperJan10.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2011.

GERASEEV, L. C. **Influência da restrição alimentar pré e pós-natal sobre as exigências nutricionais, crescimento e metabolismo energético de cordeiros Santa Inês**. 2003. 209 f. Tese (Doutorado) - UFPA, Lavras, 2003.

GETTY, R. **Anatomia dos animais domésticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986. 2000 p.

GOERING, H. K.; SOEST, P. J. Van. **Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications)**. Washington: USDA, 1970. 379 p. Apud RODRIGUES, M. T.; VIEIRA, R. A. M.. Metodologias aplicadas ao fracionamento de alimentos. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G.. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. Cap. 2, p. 29-59

GROVUM, W.L.; WILLIAMS, V.J. Rate of passage of digesta in sheep. IV. Passage of marker through the alimentary tract and the biological relevance of rate constants derived from the changes in concentration of marker in feces. **British Journal of Nutrition**, v.30, p.313-329, 1973.

HADJIGEORGIOU, I. E.; GORDON, I. J.; MILNE, J. A.. Intake, digestion and selection of roughage with different staple lengths by sheep and goats. **Small Ruminant Research**, n. 47, p.117-132, 2003.

HAMADA, T.; MAEDA, S.; KAMEOKA, K.. Effects of Minerals on Formation of Color in the Rumen Epithelium of Kids. **Journal Of Dairy Science**, v. 53, n. 5, p.588-591, 1970.

HARRISON, H.N. et al. Changes in the tissue and volume of the stomachs of calves following the removal of dry feed or consumption of inert bulk. **Journal Of Dairy Science**, v. 43, n. 9, p.1301-1312, 1960.

JOHNSON, D. E., JOHNSON, K. A.; BALDWIN, R. L.. Changes in liver and gastrointestinal tract energy demands in response to physiological workload in ruminants. **Journal of Nutrition**. v. 120, p649–655, 1990.

KLEIBER, M. 1961. **The fire of life**. New York: J. Wiley. 454p.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 1 ed. Santa Maria: UFSM. 140p, 2002

- LANE, M. A. and JESSE, B. W. Effect of volatile fatty acid infusion on development of neonatal sheep rumen epithelium. **Journal of Dairy Science**. v.80:740–74, 1997.
- LANE, M. A.; BALDWIN, R. L.; JESSE, B. W.. Sheep rumen metabolic development in response to age and dietary treatments. **Journal Of Dairy Science**, n. 78, p.1990-1996, 2000.
- LESMEISTER, K. E.; TOZER, P. R.; HEINRICHS, A. J.. Development and Analysis of a Rumen Tissue Sampling Procedure. **Journal Of Dairy Science**, v. 87, p.1336-1344, 2004.
- LOPES, F. C. F. et al. Modelagem comparativa da cinética de fluxo da fase sólida do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schumack) consumido sob pastejo por vacas mestiças Holandês × Zebu em lactação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 55, n. 6, p.702-709, 2003.
- LUCAS, H. L.; SMART, W. W. G.. Chemical composition and the digestibility of forages. In: 16 PASTURE AND FORAGE CROP IMPROVEMENT CONFERENCE, 16., 1959, Clemson.**Proceedings...** . Clemson: ., 1959. p. 23 - 26. Apud RODRIGUES, M. T.; VIEIRA, R. A. M.. Metodologias aplicadas ao fracionamento de alimentos. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G.. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. Cap. 2, p. 29-59
- MACEDO JÚNIOR, G. L. et al. Consumo e digestibilidade aparente das frações fibrosas por ovelhas gestantes submetidas ou não à restrição nutricional.**Ciência Agrotécnica**, Salvador, v. 1, n. 11, p.179-192, 2010
- MACEDO JÚNIOR, G. L. et al. Influência de diferentes níveis de FDN dietético no consumo e digestibilidade aparente de ovelhas Santa Inês. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 3, n. 30, p.547-553, 2006.
- MACEDO JÚNIOR, G. L.. **Exigências nutricionais de ovelhas gestantes da raça Santa Inês**. 2008. 291 f. Tese (Doutorado) - UFMG, Belo Horizonte, 2008.
- MAHGOUB, O.; LOU, C. D.; EARLY, R. J.. Effects of dietary energy density on feed intake, body weight gain and carcass chemical composition of Omani growing lambs. **Small Ruminant Research**, v. 37, p.35-42, 2000.
- McMANUS, C. et al. Melhoramento Genético: O animal da moda. In: II SIMPÓSIO DE CAPRINOS E OVINOS DA EV-UFMG, 2., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** . Belo Horizonte: 2007. p. 29 - 71.

- MORENO, G. M. B. et al. 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**, Viçosa, v. 4, n. 39, p.853-860, 2010.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. 2007, 362p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL -NRC. **Nutrient requirements of sheep**. 6.rev.ed. Washington, D.C.: 1985. 99p.
- O'CONNOR, J. D. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: IV. Predicting amino acid adequacy. **Journal of Animal Science**. 71:1298-1311, 1993.
- OLIVEIRA, A. N. et al. Composição corporal e exigências líquidas em energia e proteína para ganho de cordeiros de quatro grupos genéticos. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 28, n. 5, p.1169-1176, 2004
- OSÓRIO, J. C. S. et al. Aspectos de valorização da carcaça ovina. In: II SIMPÓSIO DE CAPRINOS E OVINOS DA EV-UFMG, 2., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** . Belo Horizonte: 2007. p. 85 – 122.
- PIANA, C. **Zootec. e Vet.**, n.11, p12, 1952 apud BLAXTER, K. L.; GRAHAM, N. Mcc.; WAINMAN, F. W.. Some observations on the digestibility of food by sheep, and on related problems. **British Journal Of Nutrition**, n. 10, p.69-91, 1956.
- QUIROZ, R. A. et al. Selection among Nonlinear Models for Rate of Passage Studies in Ruminants. **Journal Of Animal Science**, v. 66, p.2977-2986, 1988.
- REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O.. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear: 1. Dados no delineamento inteiramente casualizado. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo, v. 3, n. 22, p.33-45, 2004.
- RESENDE JÚNIOR, J. C. et al. Effect of the feeding pattern on rumen wall morphology of cows and sheep. **Brazilian Journal Of Veterinary Research**, São Paulo, v. 43, n. 4, p.526-536, 2006.
- RESENDE, K. T. et al . Avaliação das exigências nutricionais de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, Julho 2008 .

- RODRIGUES, M. T.; VIEIRA, R. A. M.. Metodologias aplicadas ao fracionamento de alimentos. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G.. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. Cap. 2, p. 29-59
- RODRIGUES, R. M. C.. **Brasil: Importações de carne ovina uruguaia caem 3,9% em junho**. Disponível em: <<http://www.farmpoint.com.br/cadeia-productiva/especiais/brasil-importacoes-de-carne-ovina-uruguaia-caem-39-em-junho-73331n.aspx>>. Acesso em: 22 jul. 2011.
- RUSSEL, J. B. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**. 70:3551-3561, 1992.
- SAKATA, T.; TAMATE, H.. Ruminal Epithelial Cell Proliferation Accelerated by Rapid Increase in Intraruminal Butyrate. **Journal of Dairy Science**, v. 61, p.1109-1113, 1978.
- SAKATA, T.; TAMATE, H.. Ruminal Epithelium Cell Proliferation Accelerated by Propionate and Acetate. **Journal of Dairy Science**, v. 62, p.49-52, 1979.
- SCHEAFFER, A. N. et al. The effect of dietary restriction, pregnancy, and fetal type in different ewe types on fetal weight, maternal body weight, and visceral organ mass in ewes. **Journal of Animal Science**, v. 82, p.1826-1838, 2004.
- SCOCCO, P. et al. Use of a geographic information system to evaluate morphometric variations of rumen papillae related to diet and pasture vegetative cycle. **Veterinaria Italiana**, v. 43, n. 3, p.425-429, 2007.
- SEO, S. et al. Development and evaluation of empirical equations to predict feed passage rate in cattle. **Animal Feed Science and Technology**. 128, 67–83, 2006.
- SEO, S. et al. Development of a mechanistic model to represent the dynamics of liquid flow out of the rumen and to predict rate of passage of liquid in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. 90, 840–855, 2007.
- SEO, S. et al. Development of a mechanistic model to represent the dynamics of particle flow out of the rumen and to predict rate of passage of forage particles in dairy cattle. **Journal Of Dairy Science**, n. 92, p.3981-4000, 2009.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

- SILVA, R. H.. **Composição corporal e exigências de proteína e energia de cordeiros da raça Santa Inês**. 1999. 70 f. Dissertação (Mestrado) - UFPA, Lavras, 1999.
- SNIFFEN, C. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**. 70:3562-3577, 1992.
- SUTTON, J. D. et al. Functional development of rumen mucosa. I. Absorptive ability. **Journal of Dairy Science**, v.46, p.426-436, 1963a.
- SUTTON, J. D. et al. Funcional development of rumen mucosa. II. Metabolic activity. **Journal of Dairy Science**, v.46, 530-537, 1963b.
- TAMATE, H. et al. Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. **Journal of Dairy Science**, v.45, n.3, p.408-420, 1962.
- TAYLOR, C. S. Time taken to mature in relation to mature weight for sexes, strains and species of domesticated mammals and birds. **Animal Production**, v. 10, 157-69, 1968.
- TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A.; FOX, D. G.. A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and other nutrients for domesticated small ruminants: The development and evaluation of the Small Ruminant Nutrition System. **Small Ruminant Research**, n. 89, p.174-184, 2010.
- UDÉN, P. et al. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta: rate of passage studies. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.31, p.625-632, 1980
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant** . 2 a . ed. Ithaca, Cornell University Press, 1994, 476p.
- VIANA, J. G. A.. Panorama geral da ovinocultura no Mundo e no Brasil. **Revista Ovinos**, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p.11-11, mar. 2008.
- WIDDOWSON, E. M.. Definitions of Growth. In: LAWRENCE, T. J.. **Growth in animals**. London: Butterworths, 1980. Cap. 1, p. 1-10.

ANEXOS



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL
- C E T E A -

CERTIFICADO

Certificamos que o **Protocolo nº 197/2010**, relativo ao projeto intitulado "**Composição corporal e exigências nutricionais de fêmeas Santa Inês do desmame à puberdade**", que tem como responsável(is) **Iran Borges**, está(ão) de acordo com os Princípios Éticos da Experimentação Animal, adotados pelo **Comitê de Ética em Experimentação Animal (CETEA/UFMG)**, tendo sido aprovado na reunião de **1/ 12/2010**.

Este certificado expira-se em **1/ 12/ 2015**.

CERTIFICATE

We hereby certify that the **Protocol nº 197/2010**, related to the project entitled "**Body composition na nutrient requirements of Santa Ines ewes from weaning to puberty**", under the supervisors of **Iran Borges**, is in agreement with the Ethical Principles in Animal Experimentation, adopted by the **Ethics Committee in Animal Experimentation (CETEA/UFMG)**, and was approved in **December 1, 2010**.

This certificate expires in **December 1, 2015**.

Belo Horizonte, 3 de Dezembro de 2010.

Prof^a. Jacqueline Isaura Alvarez-Leite
Coordenadora do CETEA/UFMG

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
www.ufmg.br/bioetica/cetea - cetea@prpq.ufmg.br