

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Desempenho, características da carcaça e parâmetros metabólicos de
cordeiros recebendo rações ricas em amido e fontes protéicas**

Mário Adriano Ávila Queiroz

**Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Agronomia. Área de concentração: Ciência Animal e
Pastagens**

**Piracicaba
2008**

Mário Adriano Ávila Queiroz
Zootecnista

**Desempenho, características da carcaça e parâmetros metabólicos de cordeiros
recebendo rações ricas em amido e fontes protéicas**

Orientador:

Profa. Dra. **IVANETE SUSIN**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Agronomia. Área de concentração: Ciência Animal
e Pastagens

Piracicaba

2008

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Queiroz, Mário Adriano Ávila

Desempenho, características da carcaça e parâmetros metabólicos de cordeiros recebendo rações ricas em amido e fontes protéicas / Mário Adriano Ávila Queiroz. - - Piracicaba, 2008.

156 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Alimentação animal – Análise econômica
2. Cordeiros
3. Digestibilidade
4. Metabolismo protéico – Propriedade físico-químicas
5. Modelos matemáticos
6. Ração – Avaliação I. Título

CDD 636.3

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

A minha preciosa esposa Regina
Pelo apoio incondicional
mais que uma conquista profissional: o nosso amadurecimento
Pelo eterno amor provado nos
momentos de dor e alegria;
Pelo meu maior Título
o de ser Pai...

Dedico

Ao meu filho Heitor
minha maior riqueza... meu presente de Jesus
A minha mãe (In memoriam).... o sentido de toda
essa caminhada
Aos meus pais Geraldo Queirox e Paulo Borges... por
todos os conselhos e ensinamentos

Ofereço

“Há muitas coisas que só aumentam a vaidade, mas que aproveita isto ao homem?”
Eclesiastes 6.11

“Tudo quanto te vier à mão para fazer, faça conforme as tuas forças, porque para onde
tu vais, não há obra, nem ciência e nem sabedoria alguma”
Eclesiastes 9.10

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha saúde, família, familiares, amizades, e misericórdia fechando portas e abrindo enormes portões.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV/UNESP), pela formação profissional, pessoal e científica. Minha maior vitória.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), modelo de ensino de qualidade e riquezas de seres humanos;

À Profa. Dra. Ivanete Susin, pelos conselhos e estrutura fornecida para execução deste trabalho, pelas oportunidades e lição de profissionalismo;

Ao Prof. Dr. Alexandre Vaz Pires, pela confiança depositada, incentivo e ensinamentos;

Aos Professores Dr. Claudio Maluf Haddad, Flávio Augusto Portela Santos e Wilson Roberto Soares Mattos pelo carinho e afeto, espelhos da verdadeira sabedoria e humildade;

Ao Prof. Dr. Luiz Gustavo Nussio, pelas diversas orientações, um exemplo a ser seguido, uma “Mente Brilhante”;

Ao Prof. Dr. Gerson Barreto Mourão, pela dedicação e disponibilidade a incansáveis análises estatísticas.

Aos Professores Dr. Adibe Luiz Abdalla e Dr. Virgílio Franco do Nascimento Filho, pelas análises laboratoriais realizadas no CENA/USP. Ao Dr. Antônio Sampaio Batista e Eduardo de Almeida, fundamentais nessas análises e amigos conquistados para sempre;

À Prefeitura do campus “Luiz de Queiroz” pela bolsa Moradia Estudantil;

À “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior” - CAPES pela concessão da bolsa de estudos no curso de pós-graduação;

À Dra. Carla Maris Bittar, pelas orientações às análises laboratoriais e amizade. E ao técnico Carlos César Alves, pelo apoio em todas as atividades;

Aos meus amigos de Piracicaba, Adriano Reis Lucheta (Uoli), Álvaro Bicudo, Lucas José Mari, Luciélío Manoel da Silva e Luis Carlos Roma Junior (*valioso companheiro e grande responsável por essa vitória*);

Aos “brilhantes” amigos do Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos - SIPOC: Adilson (Gasta), Clayton (Cirilo), Evandro (meu braço direito), Fumi, Gustavo, Marcão, Marlon, Omer (Cavalcanti), Rafael (Amaral), Rafael (Harry), Rafael (K-neco), Renato (Irmãozinho), Luciana (Sfinge) e Susana.

Aos funcionários do SIPOC: Adilson (Zica), Alexandre, Joseval, Sr. Marcos, Sr. Roberto e Dona Ilda pelos cuidados e auxílio nas atividades de campo;

Às secretárias e funcionários do departamento de Zootecnia: Creide, Giovana, Samuel e Elis, pela paciência.

À bibliotecária Eliana Maria Garcia, pelas correções científicas e dedicação a nós pós-graduandos.

Aos meus sobrinhos e “irmãos” Paulo Raphael, Pedro Felipe e Marcus Vinícius, pelo carinho e incentivo em lutar. E a minha irmã Doralice (Dorinha) pelas freqüentes e valiosas orações.

A Adriana (Dei), Tia Sandra, Dona Wanda e Tia Zica, pelo amor maternal e eterna presença.

Enfim, a todos que de forma direta ou indireta colaboraram para a realização deste trabalho, e desta etapa da minha vida.

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	17
1 INTRODUÇÃO	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
2.1 Subprodutos da agroindústria na alimentação de ruminantes.....	25
2.2 Caracterização química e física dos alimentos	28
2.3 Modelos matemáticos na produção de ruminantes.....	31
2.3.1 Conceitos básicos	31
2.3.2 A modelagem e o metabolismo animal	33
2.3.3 Desafios da modelagem na nutrição de ruminantes	35
2.4 Degradabilidade ruminal.....	35
2.4.1 Determinação da degradabilidade da fração nitrogenada	38
2.5 Digestibilidade aparente.....	38
2.6 Taxa de passagem.....	39
2.7 Síntese de proteína microbiana.....	42
2.8 Parâmetros bioclimatológicos na produção de ovinos	45
2.9 Metabolismo de carboidratos não fibrosos e proteína em ruminantes	47

3 MATERIAL E MÉTODOS	51
3.1 Local	51
3.2 Ensaio de desempenho	51
3.3 Ensaio de digestibilidade, balanço de nitrogênio e taxa de passagem	54
3.4 Ensaio de degradabilidade “in situ”	57
3.5 Análises laboratoriais	59
3.5.1 Análises físicas	59
3.5.2 Análises químicas	63
3.6 Análise Estatística	69
3.7 Análises de custo das rações experimentais	70
3.8 Predições pelo modelo SRNS®	70
3.8.1 Predições metabólicas	71
3.8.2 Predições de desempenho	74
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
4.1 Caracterização química e física das fontes protéicas	77
4.2 Estudos metabólicos	81
4.2.1 Degradabilidade <i>in situ</i>	81
4.2.2 Parâmetros ruminais	90
4.2.3 Digestibilidade aparente do trato digestório total	96
4.2.4 Balanço de nitrogênio	102

4.2.5 Taxa de passagem.....	104
4.2.6 Síntese de proteína microbiana.....	110
4.3 Desempenho animal e características de carcaça	114
4.3.1 Variáveis ambientais e consumo voluntário de matéria seca	114
4.3.2 Características de carcaça e da carne	118
4.4 Análises de custo dos alimentos das rações experimentais.....	122
4.5 Predições do modelo SRNS.....	127
4.5.1 Parâmetros metabólicos.....	127
4.5.2 Desempenho animal	129
5 CONCLUSÕES	133
REFERÊNCIAS.....	135

RESUMO

Desempenho, características da carcaça e parâmetros metabólicos de cordeiros recebendo rações ricas em amido e fontes protéicas

Fontes protéicas em rações ricas em amido foram avaliadas para cordeiros em confinamento. O primeiro aspecto foi investigar a variação do consumo de matéria seca (MS) de 28 cordeiros da raça Santa Inês; o ganho de peso médio diário (GMD), as características de carcaça e da carne e o custo dos alimentos. O delineamento foi em blocos completos casualizados, sendo as dietas isonitrogenadas, com 90% de concentrado e 10% de feno de *coastcross*. As rações foram formuladas pelo *Small Ruminant Nutrition System* (SRNS) versão 1.8.1 e diferiam quanto à fonte suplementar de proteína: farelo de soja, farelo de amendoim, farelo de canola, farelo de algodão. O segundo aspecto avaliado foi o ensaio metabólico com quatro borregos fistulados no rúmen distribuídos em delineamento em quadrado latino 4x4 sendo analisadas as características físicas de capacidade de retenção de água (CRA), solubilidade, tamanho médio de partículas e densidade das fontes protéicas relacionados com a degradabilidade ruminal e a taxa de passagem. A contaminação de nitrogênio microbiano na degradabilidade da proteína das rações totais foi corrigida pelo nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN). Determinou-se a digestibilidade dos nutrientes no trato digestório total, o balanço de nitrogênio, as concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), o pH ruminal e a síntese de proteína microbiana. Adicionalmente, o teor de amido nas fezes foi avaliado como indicador para estimar a digestibilidade do amido das rações. Como último aspecto estudado, confrontou-se os dados metabólicos e de desempenho obtidos no ensaio experimental com as estimativas obtidas no SRNS. As fontes protéicas não alteraram (P>0,05) os parâmetros de desempenho e as características de carcaça e da carne. A solubilidade e a CRA influenciaram (P<0,05) a degradabilidade efetiva da MS. A ração com o farelo de algodão apresentou menor (P<0,05) degradabilidade efetiva da proteína bruta o que refletiu em maior (P<0,05) excreção de nitrogênio nas fezes. A contaminação microbiana subestimou a taxa de degradação da ração total em aproximadamente 13,5%. O farelo de canola apresentou menor taxa de passagem (P<0,05) e o principal parâmetro físico relacionado com essa variável foi a CRA. A ração com o farelo de amendoim promoveu menor custo de nitrogênio por kg de ganho, maiores concentrações de (N-NH₃) e menores proporções de (AGCC) (P<0,05), porém, a síntese de nitrogênio microbiano e a excreção de nitrogênio na urina foram semelhantes (P>0,05) entre os tratamentos. O teor de amido fecal mostrou-se eficiente como indicador na estimativa da digestibilidade do amido com coeficiente de determinação de 93%. As estimativas de desempenho e metabólica do sistema SRNS foram satisfatórias com algumas diferenças (P<0,05) na ingestão de MS e na taxa de passagem. Os resultados apresentados poderão contribuir com o banco de dados de sistemas de formulação de rações para ovinos em crescimento.

Palavras-chave: Características físico-químicas; Farelo de amendoim; Farelo de canola; Metabolismo protéico; SRNS

ABSTRACT

Performance, carcass characteristics and metabolic parameters of lambs fed protein sources in starch rich diets

Protein sources in starch rich diets for finishing lambs were evaluated in this study. Twenty-eight Santa Ines ram lambs were used to determine the effects of using different protein sources in dry matter intake, average daily gain and characteristics of carcass and meat. Lambs were assigned, by weight and age at the beginning of the trial, in a complete randomized block design. Experimental diets were isonitrogen with 90% concentrate and 10% coastcross hay. Rations were formulated using the Small Ruminant Nutrition system (SRNS) version 1.8.1 and had one of the following protein sources: soybean meal, peanut meal, canola meal or cottonseed meal. A metabolism assay using a Latin square 4 x 4 design also was performed. Four rumen cannulated wethers were used to determine protein sources physical characteristics: water holding capacity (WHC), solubility, mean particle size and density in relation with ruminal degradability and rate of passage. Microbial nitrogen contamination of TMR was corrected by in neutral detergent fiber insoluble nitrogen. Total tract diet digestibility, nitrogen balance, ammonia nitrogen concentration (N-NH₃), short chain fatty acids, ruminal pH and microbial protein synthesis were determined. In addition, fecal starch concentration was evaluated as an indicator to estimate starch digestibility in the ration. Performance and metabolic data were compared to SRNS estimates. Protein sources did not affected performance or carcass and meat characteristics. Water holding capacity and solubility affected ($P<0.05$) DM effective degradability. Cottonseed diet resulted in lower ($P<0.05$) CP effective degradability showing higher ($P<0.05$) excretion of fecal N. Microbial contamination underestimated diet degradation in 13.5%. Canola meal diet had the lower rate of passage and the main physical parameter related with this variable was water holding capacity. Peanut meal diet had high concentration of N-NH₃ and the lowest short chain fatty acids concentration. However, microbial N synthesis and excretion of N in urine were similar among treatments. Fecal starch concentration was a good indicator to estimate starch digestibility showing a coefficient of determination of 93%. Estimates from SRNS for DM intake and rate of passage were different from observed data. These results may contribute to predict nutrient requirements and biological value of feeds for lambs.

Keywords: Physical-chemical characteristics; Peanut meal; Canola meal; Protein metabolism; SRNS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Formação dos derivados de purina a partir da degradação dos nucleotídeos púricos (adaptado de CHEN; GOMES, 1992)	43
Figura 2 - Vista lateral do confinamento (1-comedouro; 2- bebedouro; 3- <i>data logger</i>) ..	51
Figura 3 - Visão frontal das gaiolas do ensaio de metabolismo	54
Figura 4 - Introdução dos marcadores de fase sólida e fase líquida no rúmen	57
Figura 5 - Instalação de piso ripado onde foi realizado o ensaio de degradabilidade <i>in situ</i>	58
Figura 6 - Agitador automático e jogo de peneiras utilizadas na análise do tamanho médio de partícula	60
Figura 7 - Determinação da capacidade de retenção de água e solubilidade	62
Figura 8 - Evolução temporal do pH, das concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) e do ácido graxo de cadeia curta (AGCC) total no fluido ruminal de cordeiros recebendo diferentes fontes protéicas, farelo de soja (FSO), farelo de amendoim (FAM), farelo de canola (FCA) e farelo de algodão (FAL)	91
Figura 9 - Evolução temporal das concentrações ruminiais de ácido acético, propiônico, iso-butírico e butírico no líquido ruminal de cordeiros recebendo diferentes fontes protéicas	95
Figura 10 - Evolução temporal das concentrações ruminiais de ácido iso-valérico, valérico no líquido ruminal de cordeiros recebendo diferentes fontes protéicas	95
Figura 11- Relação entre a digestibilidade do amido no trato digestório total predito e observado no ensaio metabólico	99

Figura 12 - Espectro de raios X dos elementos cromo e cobalto em amostras de fezes de ovinos determinados por espectrometria de fluorescência de raios X dispersiva em energia (EDXRF)	105
Figura 13 - Espectro de absorbância a 225 nm dos derivados de purinas em amostras de urina de ovinos determinados em cromatografia líquida de alta eficiência	113
Figura 14 - Ingestão de matéria seca IMS (kg) e do ganho de peso GPD (kg) de cordeiros observado a campo e estimado pelo modelo SRNS [®]	129
Figura 15 – Regressão linear da ingestão de matéria seca IMS (kg) e do ganho de peso GPD (kg) de cordeiros observado a campo e estimado pelo modelo SRNS [®]	131

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição percentual, químico e tamanho médio de partícula (TMP) das rações com farelo de soja (FSO), farelo de amendoim (FAM) farelo de canola (FCA) e farelo de algodão (FAL).....	52
Tabela 2 - Composição percentual, química e física das fontes protéicas.....	78
Tabela 3 - Distribuição percentual do tamanho de partículas das fontes protéicas em diferentes grupos de peneiras.....	79
Tabela 4 - Degradação <i>in situ</i> da matéria seca da ração total de borregos alimentados com diferentes fontes protéicas.....	82
Tabela 5 - Degradabilidade <i>in situ</i> da fibra em detergente neutro da ração total de borregos alimentados com diferentes fontes protéicas.....	83
Tabela 6 - Degradabilidade <i>in situ</i> da fração nitrogenada da ração total de borregos alimentados com diferentes fontes protéicas.....	84
Tabela 7 - Degradabilidade <i>in situ</i> da fração nitrogenada corrigida pela contaminação microbiana da ração total de borregos alimentados com diferentes fontes protéicas....	85
Tabela 8 - Degradação <i>in situ</i> da matéria seca das diferentes fontes protéicas.....	86
Tabela 9 - Análise de regressão da degradabilidade ruminal das fontes protéicas e seus respectivos parâmetros físicos.....	89
Tabela 10 - Valores de pH ruminal e concentração molar de nitrogênio amoniacal (N-NH ₃), e dos ácidos graxo de cadeia curta (AGCC), no fluido ruminal de borregos recebendo diferentes fontes protéicas.....	90
Tabela 11 - Concentração molar dos ácidos graxo de cadeia curta (AGCC): acético (C2), propiônico (C3), iso-butírico (IC4), butírico (C4), iso-valérico (IC5) e valérico (C5) no fluido ruminal de borregos recebendo diferentes fontes protéicas.....	94

Tabela 12 - Consumo e digestibilidade aparente no trato digestório total (DATT) de nutrientes de diferentes fontes protéicas em rações de borregos	97
Tabela 13 - Análise de regressão do nitrogênio e amido fecal e a digestibilidade aparente do amido do trato digestório total.....	98
Tabela 14 - Balanço de nitrogênio de borregos alimentados com diferentes fontes protéicas	102
Tabela 15 - Cinética da taxa de passagem de sólidos em (horas) da digesta de ovinos alimentados com diferentes fontes protéicas.....	106
Tabela 16 - Análise de regressão da taxa de passagem de sólidos da digesta de ovinos alimentados com diferentes fontes protéicas e seus respectivos parâmetros físicos ..	107
Tabela 17 - Cinética da taxa de passagem de líquidos da digesta de ovinos alimentados com diferentes fontes protéicas	109
Tabela 18 - Excreção urinária de derivados de purina (DP), e eficiência de síntese de nitrogênio microbiano (NM) de ovinos alimentados com diferentes fontes protéicas ..	110
Tabela 19 - Médias das variáveis climáticas dentro da instalação no intervalo horário (2 h às 22:00) durante o período experimental	114
Tabela 20 - Ganho médio diário (GMD), consumo de matéria seca (CMS), conversão alimentar (CA) e eficiência alimentar (EA) de cordeiros recebendo diferentes fontes protéicas	116
Tabela 21 - Características de carcaça e do músculo <i>Longissimus</i> de cordeiros recebendo diferentes fontes protéicas.....	119
Tabela 22 - Custo dos ingredientes das rações experimentais	123
Tabela 23 - Custo das rações experimentais.....	124

Tabela 24 - Custo dos alimentos em (R\$) de cordeiros Santa Inês recebendo rações com diferentes fontes protéicas.....	125
Tabela 25 - Digestibilidade aparente no trato digestório total (DATT) de nutrientes e taxam de passagem (Kp) observados no ensaio metabólico e estimados pelo modelo SRNS.	127
Tabela 26 - Parâmetros ruminais e metabólicos observados a campo e estimados pelo modelo SRNS [®] de borregos alimentados com diferentes fontes protéicas.....	128
Tabela 27 - Ganho de peso médio diário (GMD) e consumo de matéria seca (CMS) observados e estimados pelo modelo SRNS [®]	132

1 INTRODUÇÃO

Os ruminantes constituem uma das maiores fontes de proteína animal consumida pela população mundial. Um dos papéis da pesquisa científica tem sido à busca de inovações tecnológicas, por vias de ferramentas práticas, que intensifiquem a produção animal; melhorem o fator custo de produção e reduzem o impacto ambiental, alvo de freqüentes críticas no cenário internacional. Dessa forma, adequar dietas para aumentar a digestibilidade dos nutrientes, culmina com produção eficiente e menos poluente.

Um exemplo da intensificação da produção de ovinos no Estado de São Paulo tem sido realizado com o confinamento de cordeiros recebendo rações com alta proporção de grãos. O amido perfaz a principal fonte de energia destas rações sendo sua concentração nas fezes um possível indicador para avaliar o manejo alimentar como realizado nos confinamentos americanos com bovinos. Neste cenário, pode-se obter carcaças de cordeiros de alta qualidade em curto espaço de tempo utilizando matéria-prima alternativa com preços mais atrativos.

No Brasil, a fonte de nitrogênio mais nobre para os ruminantes é o farelo de soja, no entanto, pesquisas com fontes protéicas alternativas como o farelo de canola e o farelo de amendoim estão sendo avaliados, tanto sua composição química como suas respostas metabólicas em dietas de animais. Entretanto, nem sempre a composição química tem fornecido informações concretas sob o valor nutritivo dos alimentos, sendo pouco exploradas as análises físicas dos ingredientes, tão pouco as possíveis interações dos parâmetros de densidade, capacidade de retenção de água e tamanho médio de partículas na degradação da matéria seca e taxa de passagem dessas fontes protéicas alternativas pelo trato digestório total de borregos.

Dentre a produção de ovinos, a carne de cordeiro é a mais apreciada pelo consumidor, porém, sua oferta é sazonal e incipiente. Os ovinos da raça Santa Inês são deslanados, as suas matrizes são poliéstricas anuais, ou seja, podem manifestaraios férteis em qualquer época do ano. Isso possibilita até três parições em dois anos, fazendo com que a oferta de carne ovina possa ser constante e homogênea ao longo do ano. Apesar de não ser considerada uma raça com alto potencial para produção de

carne, o confinamento de cordeiros desta raça tem proporcionado ganhos de peso consideráveis (SUSIN, 2003).

Ainda convém lembrar que, o mercado de carne de ovina está em franca ascensão em todo o País, principalmente na grande São Paulo e Distrito Federal, principais regiões de emigrantes. Os preços praticados variaram nos últimos anos, R\$ 70,00 a R\$ 95,00 por arroba, referentes à ovelha e cordeiro, respectivamente (CORDEIRO BRASILEIRO, 2007). A variação nos preços pagos pelo carne bovina “boi gordo”, foi de R\$ 58,00 a R\$ 72,00 por arroba (SCOT CONSULTORIA, 2007). Ressalte-se que a demanda está amplamente reprimida. No momento, cerca de 50% da carne ovina no Brasil é importada da Argentina, Uruguai e da Nova Zelândia (FARMPOINT, 2007). Isso denota excelentes possibilidades de mercado a ser conquistado.

Outro fator de forte impacto na produção de ruminantes têm sido as inovações tecnológicas, em especial a modelagem matemática. A modelagem matemática de predição das necessidades energéticas e protéicas para suprir as exigências nutricionais de bovinos tem sido constantemente avaliada mediante uso de dados para testar o modelo CNCPS - *Cornell Net Carbohydrate and Protein System* (CNCPS – Cattle). No entanto, para ovinos foi desenvolvido um modelo de predição de exigência nutricional com ênfase para ovelhas em produção de leite, e mais recentemente para caprinos, o SRNS - *Small Ruminant Nutrition System*, baseado no CNCPS – SHEEP, com alguns dados de exigências de ovinos em crescimento, oriundos de vários sistemas nutricionais (AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC, 1980; NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1985; INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE - INRA, 1989; COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION - CSIRO, 1990).

O SRNS usa um modelo ruminal mecanístico que prediz o valor biológico dos alimentos e o crescimento bacteriano que é determinado pela relação entre a taxa de degradação da fibra e de carboidratos não fibrosos, taxa de passagem de alimentos, e disponibilidade de aminoácidos e nitrogênio não protéico no rúmen (CANNAS et al., 2004). Contudo, para cordeiros em crescimento o sistema tem sido pouco avaliado e ainda não validado e, pouco sabe da eficiência do mesmo na predição das respostas de desempenho e consumo de alimentos nas regiões tropicais.

Diante desse contexto, o objetivo do presente estudo foi investigar, a digestibilidade dos nutrientes no trato digestório total, o balanço de nitrogênio, as concentrações de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$), ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e o pH ruminal, além da síntese de proteína microbiana de rações com farelo de soja, farelo de algodão, farelo de amendoim e farelo de canola para borregos. Avaliar as interações dos parâmetros físicos de solubilidade, densidade, capacidade de retenção de água e tamanho médio de partículas na degradabilidade ruminal e taxa de passagem da matéria seca das fontes protéicas. Adicionalmente foi analisado o teor de amido nas fezes como indicador para estimar a digestibilidade do amido de rações com alta proporção de concentrado. Assim como, examinar o consumo de matéria seca (CMS), o desempenho e as características de carcaça e da carne de cordeiros deslanados, e estudar as estimativas obtidas no SRNS em relação aos dados colhidos no ensaio experimental.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Subprodutos da agroindústria na alimentação de ruminantes

O farelo de soja (FSO) é o subproduto da agroindústria mais nobre utilizado na produção animal. Sua utilização em rações para ruminantes está limitada ao seu preço, pois é um subproduto bastante utilizado nas rações de suínos e aves, além de obter boas cotações no mercado internacional que estimulam a exportação, pressionando a elevação da demanda e dos preços no mercado interno. Em ruminantes tem-se demonstrado como melhor proteína vegetal, sendo fonte rica em proteína degradável no rúmen (PDR) 72,5% com taxa de passagem (Kp) a 5%h (MOREIRA et al., 2003) e apresenta entre as alternativas de proteína o perfil de aminoácidos mais próximos a proteína microbiana (NRC, 2001).

O farelo de canola (FCA) é um subproduto do processo de extração do óleo de canola, que vem sendo pesquisado como alimento protéico alternativo em rações para animais monogástricos como suínos (MARANGONI et al., 1996), peixes (FURUYA et al., 1997) e algumas pesquisas em rações para ovinos (MANDIKI et al., 1999; LOYOLA et al., 1999). O FCA possui perfil de aminoácidos comparável ao do FSO (NRC, 2001), porém com teores mais baixos de lisina e mais elevados de metionina + cistina. Também é uma fonte rica em PDR 67,3% com Kp a 5%h (BOIOLA; INGALLS, 1992). No Brasil, o processamento e a maior oferta desse farelo são recentes (Estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Goiás), desencadeando um interesse de produtores de ruminantes em inserir esse ingrediente na produção animal.

As pesquisas com o FCA para ruminantes iniciaram-se na década de 80 nos Estados Unidos e na Europa, quando foi avaliada a qualidade do óleo de canola para a alimentação humana, e desde então o farelo tem sido utilizado como fonte protéica em rações para bovinos leiteiros e pequenos ruminantes. Já no Brasil, as pesquisas iniciaram apartir da segunda metade da década de 90, principalmente na área de monogástricos. Devido ao pequeno número de refinarias de óleo que processavam a canola e conseqüentemente ofertavam o farelo no mercado, pouco interesse foi demonstrado para a utilização na nutrição de ruminantes. Entretanto, em 2004 a área

plantada foi de 15 mil hectares com uma produção estimada em 18 mil toneladas com uma boa perspectiva para a produção de farelo (AGRONLINE, 2007).

O FCA apresenta aproximadamente 38% de proteína bruta, 5,2% amido, 21,2% FDN e 17,2% FDA (BELL, 1993). Quanto aos teores de extrato etéreo na literatura internacional verificam-se teores médios de 3,5 a 4,0% (BELL; RAKOW; DOWENEY 2000), enquanto que na literatura nacional o farelo brasileiro não ultrapassa 1,5% na MS (GALDIOLI et al., 2002).

A semente de canola é tradicionalmente moída e esmagada mecanicamente para extração parcial do óleo, sendo o óleo remanescente retirado por extração com solventes resultando em um farelo que posteriormente é tostado. Esse tratamento térmico desnatura enzimas que funcionam como fatores antinutricionais, no caso da canola a mirosinase, responsável pela formação de precursores de glicosinolatos. Os glicosinolatos quando hidrolisados pela enzima mironase ou em pH neutro formam produtos que provocam hipertrofia do fígado, entre outros prejuízos a saúde animal (BELL, 1993). Em outras palavras, a tostagem com elevada temperatura diminui a qualidade, e a tostagem pouco efetiva não desnatura a enzima mironase.

Segundo Vincent, Thompson e Hill (1990), os ovinos são aparentemente tolerantes em relação aos teores de glicosinolatos. Entretanto, Mandiki et al. (1999) verificaram que proporções de FCA superiores a 30% MS em rações para cordeiros, as concentrações de glicosinolatos deprimiram o consumo e o ganho de peso.

A degradabilidade ruminal do farelo de canola tem sido extensivamente estudada em pesquisas internacionais, com dados de degradabilidade efetiva da proteína bruta assumindo Kp de 5% por hora, variando de 53,1% (PIEPENBRINK; SCHINGOETHE, 1998) a 72,3% (CHENG et al., 1993).

O farelo de amendoim (FAM) quando proveniente por processos vindo do amendoim descascado e desticulado, tem seu valor nutritivo muito próximo ao farelo de soja e superior ao do algodão. É pobre em Ca, carotenos e triptofano e rico em niacina e ácido pantotênico (LANA, 2000). Apresenta em média 50% PB e alta degradabilidade ruminal 85,2% com Kp a 5%h, avaliado em bovinos (GOES et al., 2004). Apesar do seu elevado teor de PB o FAM apresenta baixos teores de lisina (8,3%) e metionina (2,9%) em relação aos farelos comumente utilizados na nutrição de ruminantes. Um dos

primeiros estudos dessa fonte nitrogenada em ovinos foi realizado em suplementação protéica de cordeiros com farelo de algodão, farelo de amendoim e farelo de gergelim (MILLER, 1932).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) a cultura do amendoim no ano agrícola de 2004/2005 deteve uma produção de 269,1 mil toneladas, sendo que 80% dessa produção são do Estado de São Paulo. A utilização dessa cultura em rotação com a cana-de-açúcar desenvolveu o interesse de cooperativas em processar o óleo e conseqüentemente a produção de farelo. Entretanto, a possibilidade de desenvolver Aflatoxinas nesse ingrediente devido à presença de fungos do gênero *Aspergillus flavus* requer mais atenção na utilização dessa fonte protéica principalmente para animais jovens.

Segundo Teixeira (1998), a cultura do algodão é cultivada para obtenção da fibra, suas sementes são aproveitadas para extração do óleo alimentício, de cujo processo resulta o farelo de algodão (FAL), que representa a segunda mais importante fonte de proteína disponível para alimentação animal. Uma das preocupações quanto a utilização dos derivados do caroço de algodão é a presença do fator antinutricional gossipol (SANTOS et al., 2002). O gossipol é um alcalóide polifenólico de cor amarela encontrado nas sementes em formas de grânulos. Os ácidos graxos ciclopropenóides são encontrados no óleo contido nas sementes que causa diminuição da fertilidade do touro e da vaca (LANA, 2000).

Segundo Santos (1997) os sinais de intoxicação do gossipol incluem dispnéia, diminuição da taxa de crescimento e anorexia. Estudos *in vivo* em fêmeas ruminantes no que se refere à fertilidade, ciclicidade e morfologia de ovários não houve efeitos do gossipol devido à capacidade de detoxificação. Nos machos o gossipol provoca alterações específicas sobre a cauda do espermatozóide, aumento do diâmetro do lúmen dos túbulos seminíferos, diminuição de camadas celulares e epitélio seminífero e do tamanho das células de Sertoli, o estudo mostrou que após voltar à dieta controle sem farelo e caroço de algodão ocorreu reversibilidade dos efeitos no epitélio seminífero. Contudo, devido ao processamento do farelo de algodão o gossipol não se encontra na forma livre e se liga às proteínas, sendo menos tóxico, por diminuir drasticamente sua absorção no trato digestivo (MENA et al., 2001).

Moreira et al. (2003), ao avaliarem concentrados protéicos para novilhos verificaram para o FAL degradabilidade ruminal intermediária 58,7% com Kp de 5%h com digestibilidade intestinal dessa proteína sobrepassante de 95%. Chakeredza et al. (2001), ao avaliarem o desempenho de cordeiros alimentados com volumosos de baixa qualidade (palha de milho) e suplementados com teores crescentes de farelo de algodão e farelo de milho, verificaram incremento no consumo da dieta e aumento no peso de carcaça superior para o farelo de algodão. Segundo o NRC (2001), o FAL possui teores de lisina e metionina superiores ao FAM, mas inferior aos farelos FSO e FCA.

De modo geral o farelo de soja, o farelo de amendoim e o farelo de canola são fontes ricas em PDR e o farelo de algodão fonte intermediária. Prado et al. (2004), ao avaliarem o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de nutrientes de quatro rações experimentais contendo diferentes teores de PDR (47%, 52%, 57% e 62%) em ovinos, não observaram diferenças no CDA da PB e da FDN.

As proteínas de origem animal são ricas em PNDR e por muitos anos achou-se que essas fontes protéicas poderiam melhorar a qualidade da proteína que chega ao intestino, mas, de inúmeras proteínas estudadas a farinha de peixe foi à única que de forma consistente aumentou a proporção de lisina e metionina na proteína metabolizável (SANTOS et al., 1998).

Uma forma de avaliar uma dieta é quantificar a proteína microbiana no rúmen. Essa pode representar ao redor de 55 a 65% da proteína metabolizável no intestino de bovinos de corte. Junto com a PNDR de origem alimentar e da proteína endógena representam o total de aminoácidos da digestão intestinal. Atualmente o sistema de Cornell (CNCPS) e o NRC (2001) para bovinos já permitem que se formule rações com base no perfil de aminoácidos essenciais na proteína metabolizável. Os resultados tem sido promissores, especialmente para gado leiteiro, cujo grau de conhecimento neste aspecto, encontra-se mais adiantado em relação à ovinocultura.

2.2 Caracterização química e física dos alimentos

Frações químicas dos alimentos como as fibras, o nitrogênio e a lignina estão intimamente associadas com o consumo e a digestibilidade de uma dieta. Os sistemas

de caracterização química tradicionalmente utilizada são: o sistema proximal ou de Weende desenvolvido por Henneberg e Sthomann (1860) em que as técnicas ainda são quase as mesmas, com exceção do nitrogênio, que é feito segundo o método de Kjeldahl (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, 1990), e os sistemas das fibras solúveis em detergente proposto por (VAN SOEST; WINE, 1968). Ambos são amplamente utilizados pela comunidade científica, sendo um dos componentes para estrutura do desenvolvimento do fracionamento dos carboidratos e das proteínas proposto pelo sistema de Cornell ou CNCPS (SNIFFEN et al., 1992).

Contudo, somente a composição bromatológica e a digestibilidade total não permite que rações eficientes sejam avaliadas em ruminantes, pois as interações entre os nutrientes e os microrganismos ruminais são significativas. Dessa forma, estudos de degradabilidade ruminal e taxa de passagem são essenciais para verificar o comportamento dos nutrientes que serão disponibilizados para a digestão no intestino.

As características físicas dos alimentos explicam parcialmente as interações entre a flora ruminal e a degradação dos alimentos, em que, por exemplo, a densidade da partícula influencia a taxa de passagem no rúmen (EHLE, 1984) e a taxa de renovação ruminal e possível ingestão de alimentos (SING; NARANG, 1991). Por outro lado, o tamanho médio de partícula influencia a área de superfície disponível ao ataque dos microrganismos (OWENS; GOETSCH, 1986) e também o seu crescimento (DEHORITY; ORPIN, 1988). A capacidade de retenção de água tem grande impacto na colonização dos microrganismos, e a pressão osmótica é outra variável física que influencia a taxa de degradação dos alimentos mostrando um dos balizadores nas concentrações de ácidos graxos voláteis no rúmen (BENNINK et al., 1978)

Do ponto de vista analítico, a possibilidade de estimar a capacidade de retenção de água a partir da densidade, tamanho médio de partícula e a solubilidade, pode minimizar o erro do analisador, que de acordo com o tipo de alimentos adota um tempo diferenciado para esperar o momento da pesagem do cadinho de placa porosa após a filtragem para a determinação da CRA sendo este de 10 a 20 minutos.

O grânulo de amido tem uma capacidade limitada de absorver água em temperatura ambiente (30% do seu peso em água). Esta capacidade é controlada pela estrutura cristalina do grânulo que, por sua vez, depende do grau de associação e

arranjo molecular dos componentes do amido (CIACCO; CRUZ, 1982). Os componentes do amido são principalmente a amilose e a amilopectina, polímero de unidades de D-glucose linear e ramificado, respectivamente.

Os grânulos de amido são pseudocristais que possuem regiões organizadas (cristalinas) e não organizadas (amorfas). A região cristalina é primariamente composta de amilopectina, resistente a entrada de água e ação enzimática do grânulo de amido. A região amorfa do amido é rica em amilose e menos densa que a cristalina, permitindo um movimento livre de água (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986). Entretanto, segundo Guibot e Mercier (1985) cereais com uma maior quantidade de amilose apresentam menor digestibilidade, pois as moléculas de amilose se orientam em direção ao interior dos cristais de amilopectina, causando aumento nas ligações de hidrogênio, o que limita a absorção de água e por fim a hidrólise enzimática. E geralmente a região amorfa pode ser complexada com estruturas lipídicas.

As pectinas são polissacarídeos presentes como heteropolímeros (galactomananos) que compõem a parede celular primária das plantas. Os três maiores componentes da pectina são as moléculas ácidas constituídas basicamente por cadeias de resíduos de ácido D-galacturônico unidos por ligação α -1,4, intercalados ou não por resíduos de ramnose ligados α -1,2. As cadeias de galacturonanos e os íons Ca^{2+} nas regiões não metilesterificadas forma uma estrutura denominada “caixa de ovo” de grande importância na hidratação e plasticidade da parede celular (CARPITA; GIBEAUT, 1993). Essa estrutura garante a pectina alta capacidade de retenção de água. Segundo Wing (1982), a polpa cítrica devido a sua alta concentração de pectina pode absorver até 145,0% do seu peso em água, comprovando sua elevada capacidade de retenção de água.

Poucos dados são encontrados na literatura nacional quanto aos teores de pectina de subprodutos utilizados na alimentação animal. O método mais tradicional foi proposto por Hall et al. (1999) desenvolvido por um sistema para partição de carboidratos solúveis em detergente neutro (CSDN) em ácido orgânico, açúcar, amido e frações fibrosas solúveis (pectina).

O sistema usa extração com 80% de etanol para separar açúcares e ácidos orgânicos de baixo peso molecular dos polissacarídeos (amido e fibra solúvel). Os

açúcares são medidos diretamente no extrato de etanol e o amido no resíduo insolúvel em etanol. Os ácidos orgânicos e as fibras solúveis em detergente neutro (CSDN), que são as duas frações mais diversas, em termos de composição, são calculadas por diferença. Atualmente, existem métodos que utilizam cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE ou HPLC), como proposto por Junior Lousada et al. (2006) em método adaptado e modificado segundo metodologia proposta por Giangiacomo et al. (1982) e Vasquez-Blanco (1993).

Embora existam técnicas de determinação direta ou indireta de substâncias pécnicas, poucos são os laboratórios que possuem essa determinação como rotina de análise.

2.3 Modelos matemáticos na produção de ruminantes

2.3.1 Conceitos básicos

Os modelos matemáticos descrevem o sistema biológico mediante equações matemáticas para o qual são necessários dados de entrada e saída do modelo. Podendo por sua vez ser classificados como modelos “lineares” ou “não lineares” de acordo ao tipo de equações que eles constituem. Também podem ser classificados em “empíricos” ou em “mecanicistas” segundo o grau de explicação dos fenômenos que eles descrevem ou estimam. Igualmente, os modelos matemáticos podem ser classificados como “estáticos” ou “dinâmicos” de acordo com seu comportamento em relação ao tempo. Finalmente, os modelos matemáticos podem ser “estocásticos” ou “determinísticos” de acordo com o tratamento probabilístico dado suas variáveis e parâmetros (SAINZ; BALDWIN, 2002).

Os modelos lineares têm natureza normativa e são utilizados em situações que permitem a linearização do problema. Para que um sistema seja considerado linear, deve respeitar algumas considerações. Entre estas condições estão: simplicidade, alto grau de precisão, ausência de erro sistêmico, amplo intervalo de validade das conclusões e cálculo do grau de incerteza. Outras condições, pelo contrário, são inerentes à própria técnica de análise matemática da regressão linear, entre as quais, considera que o problema deva ser único e visa otimização da solução (maximizar ou minimizar) (DANFAER, 1991).

Os sistemas lineares permitem a simplificação da estrutura matemática, reduzindo a necessidade de recursos computacionais de alto porte (software e hardware) para a sua resolução. Vários componentes e fenômenos que ocorrem no interior dos sistemas agropecuários, ainda não têm comportamento linear. Nas funções ou sistemas não lineares pelo menos uma das variáveis apresenta expoente diferente de um, o que não permite a linearidade e/ou aditividade das contribuições na função objetivo (RAGSDALE, 1997).

Os modelos dinâmicos têm dentro de suas bases conceituais a variação de um fator em função do tempo, quase sempre registrado como $\Delta x \Delta t^{-1}$ onde, Δx = variação da atividade o fator em estudo e Δt = tempo no qual o fator acontece. Na prática matemática, isto é conhecido e estudado dentro das equações diferenciais (na situação apresentada é de primeiro caso). A definição mais simples de equação diferencial é uma equação que contém derivadas e são de grande utilidade nos estudos de fluidos, dissipação de calor, mudança de peso, entre outras. As equações diferenciais podem ser simples ou com uma única variável, e equações parciais, nas quais entram mais de duas variáveis independentes. As soluções das equações diferenciais não são únicas, levando a ter como solução um conjunto de soluções conhecida como *sistema de equações*. Atualmente, existem pacotes computacionais que através de algoritmos especiais (Euler, Runge-Kutta) fazem a solução destas equações quase sempre mediante o uso das integrais matemáticas.

Os modelos que incluem dentro de seu objetivo de estudo variáveis aleatórias são definidos como *modelos estocásticos*. Nos últimos anos, apareceu um novo enfoque sobre a abordagem probabilística, surgida a partir da possibilidade computacional para a aplicação do teorema de Bayes. Os atuais modelos que usam o método bayesiano têm tido grande sucesso devido poder usar todos os parâmetros dentro do modelo como variáveis aleatórias, o qual requer um menor número de dados, pois os conceitos probabilísticos envolvidos diminuem a dependência do ajuste do modelo em relação ao número de dados utilizados.

O método “bayesiano” é útil em estudos de curvas de lactação, de estudos dose-resposta já que possui informações *a priori* a respeito dos parâmetros de uma função de probabilidade dos dados, e do cálculo de distribuição de probabilidade *a posteriori*.

Normalmente são usadas ferramentas como simulação de Monte Carlo ou algoritmos interativos “Gibbs Sampler” através dos quais melhora a informação externa ao estudo para com ela e os próprios parâmetros do modelo observado estimar uma distribuição de probabilidade do fenômeno pesquisado (SILVA et al., 2005). Essa mesma simulação Monte Carlo foi utilizada nas novas equações do fracionamento de carboidratos proposto por (LANZAS et al., 2007) utilizada pelo CNCPS.

2.3.2 A modelagem e o metabolismo animal

Do ponto de vista biológico, no estado atual do conhecimento, só é possível o uso de modelos matemáticos empíricos, muitos deles obtidos mediante regressão linear. A complexidade das reações enzimáticas, o alto grau de controle necessário, a cinética enzimática e as interações entre órgãos e tecidos tornam-se mais difíceis o uso de modelos não-lineares. Os modelos empíricos procuram estimar a resposta (saída) em função dos dados de entrada, sem explicar como se dá o funcionamento (LOVATTO; SAUVANT, 2001). Nesses modelos, os parâmetros das equações são determinados através de análise de regressão linear quando possível, e não-linear quando necessário, como nas curvas de produção e concentração fecal de indicadores de estudo de fluxo de digesta (MEDEIROS, 2003).

Segundo pesquisadores de modelagem, seria melhor modelar os sistemas biológicos desde a óptica dos modelos mecanicistas já que eles integram relações de causa-efeito e mais de um nível de organização. Desse modo, permitem estimar e explicar as mudanças ocorridas no sistema em resposta a alterações nas variáveis das equações e às relações de troca entre os componentes do modelo (WOODWARD, 1997). Também, seria mais interessante usar modelos dinâmicos devido ser possível simular com maior segurança as mudanças no sistema decorrentes da variável tempo, toda vez que os seres vivos mudam seu comportamento no tempo, podendo usar modelos dinâmicos para analisar, por exemplo, o efeito da lactação no comportamento de alguma variável de interesse.

Selecionar um modelo útil nos sistemas biológicos não é uma tarefa simples. Muitas vezes seria desejável o uso de um determinado modelo pelas vantagens teóricas que oferece, mas nem sempre isto pode ser feito devido ao tipo de informação

(dados) que dispõem no momento de elaborar o modelo. O uso atual dos modelos na pesquisa agropecuária não é generalizado, mas no futuro com certeza serão levadas em consideração as freqüentes restrições no uso de animais de experimentação invasiva, o alto custo das pesquisas e a redução nas fontes de financiamento.

A incorporação de variáveis nutricionais nas análises de crescimento levou aos estudos sobre exigências, as efetividades de resposta, como cálculos de quantidades ótimas de alimento, que mudaram completamente a nutrição moderna, em que o objetivo principal foi maximização do uso dos nutrientes (energia, proteína). Desta forma foram gerados modelos para nutrição, nos quais cada dia se incorporam maior número de parâmetros e fazem destes modelos verdadeiros sistemas de integração biológica e econômica, pois muitos dos pacotes, além de otimizar o valor biológico de uma ração, trabalham para minimizar custos pelas pressões de competitividade.

Exemplo de modelos para sistemas de nutrição de bovinos tem-se o *Cornell Net Carbohydrate Protein System* (CNPCS-Cattle) que otimiza o uso de energia metabolizável em relação a diferentes condições fisiológicas e do ecossistema de produção desenvolvido na *Cornell University*. Este sistema foi organizado no início da década de 90, sendo à base para a elaboração do modelo CNCPS - Sheep na mesma universidade no ano de 2002/2003. E, como objetivo de estudo dessa pesquisa temos o sistema (SRNS) - *Small Ruminant Nutrition System* para ovinos e caprinos que foi criado em 2005 por esforços de três universidades, *Texas A&M University*, *Cornell University* nos Estados Unidos e *Sassari University* na Itália, baseado na estrutura do CNCPS - Sheep. Estes programas geralmente são fundamentados em cálculos de nutrientes disponíveis, mas ajustam fatores como densidade energética do alimento, raça, sexo, atividade física, temperatura, estado nutricional prévio etc. Estes sistemas, através de sofisticadas equações empíricas, geram modelos e análises fatoriais que implicam em grande número de parâmetros de entrada e produzem saídas de alto valor teórico e de manejo.

O avanço atual da nutrição de ruminantes é devido em grande parte aos estudos feitos sobre modelos biodinâmicos do ambiente ruminal. O conhecimento de taxas de fermentação, taxas de passagem, liberação de amônia, metano, dióxido de carbono e gases voláteis foi produto da pesquisa feita com modelos matemáticos de simulação.

Muitos desses conceitos foram usados na geração de técnicas hoje de uso rotineiro de digestão *in vitro*, entre outras (BENCHAAAR et al., 1998). Mediante o uso de modelos deste tipo, foi padronizado o peso metabólico dos animais como sendo o expoente 0,75 do peso do animal, fator de máxima importância nos estudos farmacológicos e de nutrição.

2.3.3 Desafios da modelagem na nutrição de ruminantes

Vários modelos matemáticos têm sido desenvolvidos para estimar ganho de peso, composição de carcaça de ovinos em crescimento (ARC, 1980; NRC, 1985; INRA, 1989; CSIRO, 1990; AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. - AFRC, 1995), e recentemente o SRNS desenvolvido por Cannas et al., (2004), entretanto, o maior desafio dessas entidades tem sido a acurácia nas estimativas de consumo.

O consumo é provavelmente o fator determinante mais importante do desempenho animal e está normalmente relacionado ao teor e digestibilidade de nutrientes, o conforto térmico, o sistema de manejo da alimentação, a seletividade animal, o estado fisiológico e sanitário do animal, além dos fatores físicos como o tamanho médio de partícula e a capacidade de retenção de água (ELLIS et al., 2000; ROMMEY; GILL, 2000).

Dessa forma, quanto maior o banco de dados que compõem esses modelos matemáticos, melhores serão as estimativas dos mesmos e conseqüentemente maiores as respostas obtidas na produção animal.

2.4 Degradabilidade ruminal

O alimento apreendido pelo ruminante é fragmentado pela mastigação, durante a ingestão e a ruminação, e submetido a fermentação no rúmen. Os fragmentos gerados não são uniformes, variam em massa, tamanho, formato, composição química e solubilidade. Do ponto de vista cinético, esses fragmentos comportam-se de forma distintas. A arquitetura do fragmento é uma barreira física ao acesso e colonização microbiana determinando a velocidade com que o alimento será digerido. Alguns componentes são rapidamente solubilizados pelos fluidos ruminais, enquanto que

outros somente são solubilizados após a fixação do microrganismo ao fragmento podendo ser digeridos e liberados no fluido ruminal ou absorvido pelo mesmo.

A degradabilidade ruminal *in situ* é uma técnica muito utilizada como etapa imprescindível nas avaliações de alimentos cujo objetivo é propiciar o conhecimento das frações, taxas e extensões de degradação. Quin et al. (1938) foram os primeiros a propor a técnica e desde então tem sido desenvolvida, adaptada e aplicada internacionalmente.

Uma vez obtido o resíduo indegradável nos sacos de náilon, aplica-se modelos matemáticos para a estimativa das degradabilidades potencial e efetiva. Para a estimativa da degradação potencial (DP) das frações é utilizado à seguinte equação proposta por Mehrez e Orskov (1977).

$$DP = a + b (1 - e^{-ct}) \quad (1)$$

Onde:

DP = degradação potencial do componente nutritivo, em porcentagem;

a = interseção da curva no ponto zero, fração prontamente solúvel, em porcentagem;

b = a fração insolúvel potencialmente degradável, em porcentagem;

a + b = representa o potencial de digestão do componente nutritivo;

c = taxa de digestão da fração b, em porcentagem por hora;

t = tempo de incubação, em horas;

e = logaritmo natural

E, para a estimativa da degradabilidade efetiva é utilizada a seguinte equação proposta por Orskov e McDonald (1979).

$$DE = a + ((b*c)/(c + kp)) \quad (2)$$

Sendo:

a = interseção da curva no ponto zero, fração rapidamente solúvel ;

b = a fração potencialmente degradável (%);

c = a taxa de degradação da fração b (%/hora);

k_p = taxa de passagem da fase sólida (%/hora) obtidas 2%/h ,5%/h ou 8%/h.

Entretanto, McDonald (1981) propôs outro modelo considerando o tempo de colonização (L), pois verificou que o intercepto da curva obtida pela equação era diferente do valor observado para a fração solúvel. Van Milgen et al. (1991) aumentaram a complexidade do modelo comentando que ao longo dos tempos de incubação, as degradabilidades ocorrem a taxas que variam, portanto diferentemente dos demais que assumem que a taxa de degradação é constante.

A escolha do modelo que melhor se adapte ao ingrediente dependerá da obtenção da proporção da variação da variável dependente (degradabilidade da MS, PB etc.), ou seja, depende do coeficiente de determinação do modelo.

Segundo Broderick e Cochran (2000) existem quatro principais pontos críticos na técnica *in situ*:

1. A contaminação microbiana do resíduo subestima a degradabilidade da MS e principalmente da PB.
2. O desaparecimento de material particulado não degradado superestima a degradação.
3. O desaparecimento de nutrientes solúveis não degradados, particularmente de N protéico é classificado como “ a ”, material prontamente solúvel, e interpretado como degradado, o que por sua vez superestima a extensão da degradabilidade.
4. A separação física da digesta contaminante, dentro e fora dos sacos subestima a degradação.

No entanto, o maior problema tem sido a falta de padronização para o uso da técnica, pois existem diversos pontos de divergência entre os pesquisadores, como tamanho de poros da malha, material utilizado para confecção dos sacos, grau de moagem das amostras, tipos de processos de descontaminação e forma de obtenção da fração solúvel (HUHTANEN et al., 2007).

2.4.1 Determinação da degradabilidade da fração nitrogenada

A degradabilidade *in situ* da fração nitrogenada é uma ferramenta essencial na quantificação da proteína metabolizável. A determinação do nitrogênio no resíduo indegradável pode conter contaminantes que subestimam a fração degradável. Alguns pesquisadores afirmam que a lavagem dos sacos de estudos de degradabilidade após a incubação quando bem executada soluciona essa contaminação por nitrogênio microbiano, e que os métodos analíticos que estimam essa contaminação são onerosos, trabalhosos e ineficientes. Entretanto, outro grupo de pesquisadores, afirmam que a maioria das rotinas de lavagem é ineficiente e o resíduo ainda apresenta contaminantes de nitrogênio de origem microbiana.

Segundo Craig et al. (1987), os microrganismos fixados em rações compostas por diferentes ingredientes perfazem de 50 a 65% do nitrogênio na partícula de alimento no rúmen. Esses resultados variam de acordo com o tipo de marcador microbiano utilizado. O marcador tradicional é o método das purinas proposto por Zinn e Owens (1986) que quantifica quanto do nitrogênio total é de origem microbiana, e recentemente Mass et al. (1999) propuseram o método do nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), considerando que a solução para determinação de FDN sem sulfito de sódio solubiliza todas as purinas e o nitrogênio microbiano, mas não solubiliza o nitrogênio de origem alimentar que está no resíduo indegradável.

Esses mesmos autores, incubando amostras de alfafa compararam a correção do nitrogênio microbiano pelo método das purinas (ZINN; OWENS, 1986) e pelo método do NIDN, verificaram resultados da estimativa da degradabilidade ruminal similares com R^2 de 0,96. Por ser um método simples, o NIDN pode ser uma boa alternativa na determinação da degradabilidade *in situ* da fração nitrogenada de diferentes alimentos.

2.5 Digestibilidade aparente

A digestibilidade aparente é a quantidade dos constituintes dietéticos que são digeridos durante a passagem pelo trato digestório total, determinando assim o valor nutritivo dos alimentos. Esta pode ser afetada pelo grau de moagem, teor de fibra, pelo efeito associativo (mistura de ingredientes) e pelo processamento (AFRC, 1995).

Como mencionado anteriormente, o consumo depende de vários fatores, entre eles, da digestibilidade do alimento e ambos dependem da cinética de desaparecimento de alimento no rúmen pela degradação ou pelo escape. Os ensaios *in vivo* sobre digestibilidade referem-se à digestibilidade aparente, ou seja, não sendo computado o fator endógeno presente nas excreções. A equação geral da digestibilidade aparente dos nutrientes (DAN) é descrita da seguinte forma:

$$\text{DAN (\%)} = \frac{(\text{MSC} \times \text{NMS}) - (\text{MSF} \times \text{NMF})}{(\text{MSC} \times \text{NMS})} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

MSC = Matéria seca consumida;

MSF = Matéria seca fecal;

NMS = porcentagem do nutriente na matéria seca consumida;

NMF = porcentagem de nutriente na matéria seca fecal.

2.6 Taxa de passagem

A taxa de passagem ou de trânsito refere-se ao fluxo de resíduos não-digeridos de origem alimentar e das bactérias através do trato digestório, sendo que a composição e o volume da dieta são variáveis externas que influenciam a taxa de digestão e a reciclagem do conteúdo ruminal (VAN SOEST, 1994).

A taxa na qual o alimento é reduzido a partículas suficientemente pequenas para atravessar o orifício retículo-omasal, e a taxa de degradação pelos microrganismos são os fatores mais importantes que limitam o desaparecimento de digesta do rúmen. Por outro lado, embora uma fração das partículas ruminais possuam tamanho adequado para atravessar o orifício retículo-omasal e essas permanecem no rúmen, isto mostra que há outros fatores envolvidos principalmente relacionados com o animal.

Quanto mais rápido a digesta flui do rúmen, menos tempo os microrganismos têm para fermentar a mesma, diminuindo, portanto, a digestibilidade. A taxa de passagem afeta a degradação microbiana e conseqüentemente o crescimento microbiano. O tamanho da população microbiana também será reduzido devido à passagem mais rápida. Por causa do tempo de residência mais curto, a exigência de

energia de manutenção dos microrganismos ruminais é reduzida e, portanto, mais biomassa microbiana pode ser produzida por unidade de energia gerada pelo substrato. Embora o resultado combinado desta redução no rúmen seja difícil de prever com exatidão, freqüentemente um crescimento microbiano mais eficiente é observado em taxas de passagem mais altas (OWENS; GOETSCH, 1986).

O fluxo da digesta é medido utilizando animais fistulados em zonas específicas do trato digestório e modelos matemáticos apropriados para calcular as taxas de fluxo nestes pontos. Essa medição do fluxo da digesta nos animais pode ser feita de modo mais fácil utilizando marcadores em amostragens periódicas nas fezes.

Segundo Owens e Hanson (1992), marcadores são compostos usados para monitorar os aspectos químicos (hidrólise e síntese) e físico (fluxo) da digesta. Este por sua vez não deve ser absorvido pelo animal; ser fisicamente similar ou estar intimamente associado ao material marcado e não afetar ou ser afetado pelo trato gastrointestinal ou pela sua população microbiana (FAICHNEY, 1975).

A digesta ruminal consiste de *pools* interativos (fluido livre, partículas embebidas por fluido, partículas de baixa e elevada densidade e partículas flutuantes). E, para determinar a cinética de nutrientes é necessário determinar a taxa de passagem destes nutrientes nos diferentes *pools* pelos quais eles passam. Normalmente, para facilitar os estudos de cinética, faz-se o monitoramento da cinética das fases sólida e líquida da digesta, pois estas são relativamente independentes. Faichney (1975) sugere o uso de marcadores para a fase sólida e líquida em conjunto, para tentar reconstituir de modo mais preciso possível a dinâmica da digesta real.

Entre os marcadores mais utilizados no estudo da fase sólida têm-se as terras raras: lantânio, itérbio e disprósio (BERNARD; DOREAU, 2000), e a fibra complexada com cromo, conhecido como “cromo-mordente ou fibra mordantada” (UDEN et al., 1980). E, entre os marcadores mais utilizados no estudo da fase líquida têm-se o polietilenoglicol “PEG” (HYDEN, 1959), e o NaCoEDTA.3H₂O “cobalto-EDTA” (UDEN et al., 1980). Cada um desses marcadores apresenta suas vantagens e limitações, sendo observado maior número de estudos com cromo-mordente e cobalto-EDTA, ditos como procedimentos mais simples na análise laboratorial.

A determinação dos elementos marcadores cromo (CR) e cobalto (Co) normalmente são feitos por técnicas da química analítica. Para tanto as amostras necessitam ser previamente processadas para extração, usualmente com secagem, moagem e digestão ácida a quente, ou ainda outros tipos de extrações ainda mais trabalhosas, para então serem analisadas por técnicas espectrométricas. Na técnica da análise multielementar instrumental por fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF), o preparo se resume a secagem e moagem do material, que é levado diretamente para a excitação e detecção. Sendo assim, mais simples e rápido (KORNDORFER et al., 2001).

Nos últimos anos, alguns experimentos com o uso de marcadores para estudo da taxa de passagem utilizaram com sucesso a técnica de ED-XRF para a detecção de cromo e cobalto (KORNDORFER, 1999; MENDES et al., 2006).

Uma vez quantificado o indicador, várias alternativas de modelos matemáticos não-lineares são utilizados para ajuste das curvas da concentração fecal do indicador em função do tempo transcorrido desde sua administração, visando à determinação dos parâmetros da dinâmica da passagem das partículas no trato gastrointestinal. Os modelos mais utilizados são o modelo bicompartimental biexponencial tempo-independente de Grovum e Williams (1973) e o modelo multicompartimental tempo-dependente de Dhanoa et al. (1985). Contudo, o modelo mais simples e utilizado tem sido o modelo de Grovum e Williams (1973) que pode ser demonstrado da seguinte forma:

$$Y = A_1 * e^{-k_1 * (t - TT)} - A_2 * e^{-k_2 * (t - TT)}, \text{ para } t \geq TT \text{ e } Y = 0, \text{ para } t < TT \quad (4)$$

Onde:

A_1 e A_2 = são indefinidos do ponto de vista biológico, apresentando apenas valor matemático.

k_1 e k_2 = correspondem, respectivamente, às taxas de passagem no rúmen-retículo e no ceco e cólon proximal;

TT = refere-se ao tempo transcorrido desde a dosificação até o primeiro aparecimento do marcador nas fezes.

t = horário de colheita das fezes

A concentração fecal do indicador no tempo t é definida pela variável dependente Y. As taxas de passagem k1 e k2 são determinadas pela função ax + b do logaritmo natural (ln) da concentração do marcador na matéria seca fecal antes e após o pico de determinação do elemento cromo ou cobalto. Da equação (4) tem-se:

$$TMRT = TT + 1/K1 + 1/K2 \quad (5)$$

Onde:

TMRT = tempo médio de retenção total;

1/K1 = tempo médio de retenção no pool1 (TMR1)

1/K2 = tempo médio de retenção no pool2 (TMR2)

$$TT = (\ln A2 - \ln A1)/(k2 - k1) \quad (6)$$

2.7 Síntese de proteína microbiana

É de elevada importância o conhecimento do potencial de produção do nitrogênio microbiano a partir de uma dieta, pois as exigências de proteína metabolizável para produção ou manutenção dos ruminantes, são o resultado da síntese de proteína microbiana a partir da degradação de proteína no rúmen, do nitrogênio endógeno reciclado via saliva e da proteína dietética não degradada no rúmen (FIRKINS et al., 2006).

A contribuição da proteína microbiana no fluxo intestinal é considerada por muitos sistemas de avaliação de modo mais ou menos constante e com base na quantidade de alimento ingerido. A contribuição microbiana é expressa em g de N microbiano (NM) por kg de matéria orgânica digestível fermentada no rúmen (MOD_R), mas, dados experimentais com bovinos têm demonstrado consideráveis variações de 14 a 60 g $NM.kg^{-1} MOD_R$ (CHEN; GOMES, 1992). Segundo os mesmos autores, essas variações são devidas à influência de vários fatores relacionados à dieta e ao ambiente ruminal.

Estes quatro derivados estão presentes na urina de ovinos e caprinos, mas apenas ácido úrico e alantoína são excretados por bovinos e bubalinos. Isto porque bovinos e bubalinos têm alta atividade de xantina oxidase na mucosa intestinal, degradando, portanto, as bases púricas e seu derivado mais distante ácido úrico e alantoína (CHEN; GOMES, 1992).

O uso de DPu como indicador para estimar a síntese microbiana no rúmen foi primeiramente proposto por Blaxter e Martin (1962). Entretanto, Topps e Elliott (1965) foram os primeiros a demonstrarem que a excreção urinária de alantoína estava relacionada com a concentração de ácidos nucleicos no rúmen de carneiros alimentados com diferentes concentrações de energia. Também foram esses mesmos autores os primeiros a usarem o termo “derivados de purina”.

A excreção de DPu endógena está diretamente correlacionada às purinas exógenas absorvidas no intestino. Assim, pela excreção de DPu pode-se estimar quantitativamente o fluxo de proteína microbiana, assumindo constância na razão entre purinas e proteína nos microrganismos ruminais (TAMMINGA; CHEN, 2000).

Diversos autores (ORELLANA et al., 2001; GONZALES-RONQUILLO et al., 2003; MOORBY et al., 2006) confirmaram a relação entre o fluxo duodenal de bases purinas e a excreção urinária de DPu. Assim, o fluxo de N microbiano pode ser calculado a partir da quantidade de purinas absorvida, que são estimadas a partir da excreção dos DPu (CHEN; GOMES, 1992).

O metabolismo das purinas possui particularidades para cada espécie. Em ovinos, a excreção total de DPu é calculada pela soma das quantidades de alantoína, ácido úrico, hipoxantina e xantina excretados na urina e expressos em mmol/dia^{-1} . As purinas absorvidas (X, mmol/dia) são calculadas a partir da excreção de derivados de purinas (Y, mmol/dia), por intermédio da equação proposta por Chen et al. (1990)

$$Y=0,84X + (0,150 PV^{0,75} e^{-0,25x}) \quad (7)$$

Onde:

0,84 = recuperação de purinas absorvidas como DPu;

$0,150 PV^{0,75}$ = contribuição endógena para a excreção de purinas (VERBIC et al., 1990).

X = derivados de purinas absorvidos (mmol/dia);

Y = derivados de purinas excretados na urina (mmol/dia);

e = 2,7183

Uma vez conhecido a concentração de derivados de purinas excretados e absorvidos, a síntese ruminal de compostos nitrogenados microbianos (gN/dia) é calculada em função das purinas absorvidas (X, mmol/dia).

$$NM = 70X / (0,83 * 0,116 * 1000) = 0,727X \quad (8)$$

Onde:

NM = síntese de nitrogênio microbiano;

X = derivados de purinas absorvidos;

70 = conteúdo de N de purinas (mgN/mol);

0,83 = digestibilidade das purinas microbianas;

0,116 = relação Npurina:Ntotal nas bactérias;

2.8 Parâmetros bioclimatológicos na produção de ovinos

A interação animal x ambiente deve ser considerada quando desejado maior eficiência na exploração de ovinos, pois as diferentes respostas do animal às peculiaridades de cada região são determinantes no sucesso da atividade produtiva. Dessa forma, o conhecimento das variáveis climáticas, sua interação com os animais e as respostas comportamentais e produtivas são essenciais na adequação do sistema de produção e no uso de modelos matemáticos utilizados por sistemas de formulação de rações que estimam o consumo de matéria seca pelo animal.

Desta forma, a caracterização do clima e o estudo do comportamento do ovino, da raça Santa Inês, ao estresse térmico devem ser identificados para que se possa indicar a melhor prática de manejo, modelo adequado de instalações e plano

nutricional, afim de que, os animais expressem favoravelmente suas aptidões zootécnicas (OLIVEIRA, et al., 2005).

A temperatura do ar é considerada o fator climático com influência mais importante sobre o ambiente físico do animal (MCDOWELL, 1974). Dentro de ampla faixa de temperatura, podem ser definidas zonas térmicas que proporcionam maior ou menor conforto ao animal. Os animais, para terem máxima produtividade, dependem de uma faixa de temperatura adequada, também chamada de zona de conforto térmico, em que não há gasto de energia ou atividade metabólica para aquecer ou esfriar o corpo. Do ponto de vista de produção, este aspecto reveste-se de muita importância, pelo fato de, dentro desses limites, os nutrientes ingeridos pelos animais serem utilizados exclusivamente para seu crescimento e desenvolvimento (BAÊTA; SOUZA, 1997).

A umidade atmosférica é outra variável que influencia marcadamente o balanço calórico em ambientes quentes em que a perda de calor por evaporação é crucial à homeotermia (YOUNG, 1988). Maior pressão de vapor devida à alta umidade do ar conduz à menor evaporação da água contida no animal para o meio, tornando o resfriamento do animal mais lento. Menor pressão de vapor, por sua vez, proporciona resfriamento do animal mais rapidamente, em decorrência da maior taxa de evaporação da água através da pele e do aparelho respiratório. Estas duas situações são encontradas em climas quentes e úmidos e quentes e secos, respectivamente (MCDOWELL, 1974).

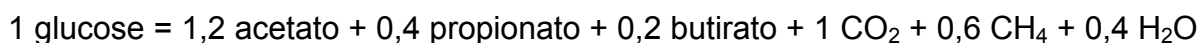
Segundo Neiva et al. (2004) avaliando o estresse causado pelo clima sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos da raça Santa Inês mantidos em confinamento na região do nordeste brasileiro em condições de sombra e sol, essa raça mostrou-se sensível ao estresse ambiental. Visto que os animais apresentaram menor desempenho produtivo quando mantidos ao sol, não atingindo o ganho de peso máximo, mesmo se alimentados com rações com alta concentração de nutrientes. Os animais confinados a sombra apresentaram ganho de peso aproximadamente 30% superior que os animais mantidos ao sol.

Portanto, mesmo no caso de animais deslanados de raças originárias de regiões tropicais, como a Santa Inês, as interações entre tipo de alimento, consumo, ambiente

devem ser determinadas, a fim de que o desempenho dos animais não seja prejudicado. Além de ser uma variável dentro dos modelos matemáticos.

2.9 Metabolismo de carboidratos não fibrosos e proteína em ruminantes

Em rações de altas proporções de grãos, a energia dos alimentos é geralmente fornecida pelos carboidratos, em especial, o amido e a pectina que são os principais nutrientes do milho e da polpa cítrica utilizados em confinamentos. O desdobramento dessa energia dos carboidratos é feito preponderantemente no rúmen, através da ação fermentativa ruminal. Além da produção de massa microbiana, a fermentação de um mol de glucose, produz 1,6 mol de gases (CO₂ e CH₄) e 1,8 mol de ácidos graxos de cadeia curta, conforme a reação teórica citada por Schofield (2000):



A taxa e a extensão da digestão do amido no rúmen diferem entre as fontes de amido e com o método e a intensidade do processamento do grão. Após o rompimento do pericarpo (camada fibrosa externa dos grãos) pela mastigação ou processamento, a taxa de fermentação dos grânulos de amido é determinada pela concentração e rigidez da matriz protéica e pela presença da parede celular das células do endosperma. Boa parte dos microrganismos ruminais são capazes de digerir amido, mas podem ser incapazes de digerir a matriz protéica e a parede celular rica em celulose (THEURER et al., 1999).

Portanto, essa barreira deve ser destruída pelas bactérias celulolíticas e proteolíticas para que os grânulos de amido se tornem acessíveis às bactérias amilolíticas. A susceptibilidade das matrizes protéicas a digestão microbiana ajuda a explicar por que mais de 40% do amido do milho dependendo do processamento podem escapar da fermentação ruminal chegando ao intestino delgado (ORSKOV, 1986).

Segundo Owens e Zinn (2005), o valor alimentício dos grãos de cereais pode ser alterado pela fonte de grão, pelo processamento do grão, pelo animal e por fim, pelas

condições de manejo. Quando o grão é a maior fonte de amido da dieta, a concentração de amido nas fezes em novilhos confinados pode servir como indicador da digestibilidade do amido no trato digestório total, o que explica aproximadamente 91% dessa estimativa em relação ao observado em ensaios de digestibilidade (ZINN et al., 2002).

Essa forte relação entre teor de amido fecal e a digestibilidade do amido foi confirmada por Corona et al. (2005) explicando aproximadamente 97% do valor observado e o valor predito. Segundo esses autores, estimar a digestibilidade do amido de rações de alta proporção de grãos em animais confinados tem demonstrado ferramenta para avaliar o processamento de grãos e o aproveitamento desse nutriente em bovinos, proporcionando maior eficiência e menor desperdício dessa fonte de energia.

Estudos metabólicos realizados por Chesson e Monro (1982) mostraram que a pectina é extensivamente e rapidamente degradada no rúmen em contraste com as outras frações fibrosas dos alimentos. Os mesmo autores observaram taxa de degradação 30 a 45% por hora da pectina do trevo vermelho, sendo degradada completamente em 12 a 18 horas.

Estudos com ovinos alimentados com rações ricas em alfafa e polpa cítrica ou a base de silagem de milho mais concentrado, foi verificado que a redução do pH para a dieta a base de silagem de milho provocou uma redução na digestibilidade dos ácidos urônicos pécticos (AUP) no rúmen. Porém, a redução da digestibilidade foi compensada pela subsequente digestibilidade dos AUP no ceco e cólon.

A consequência nutricional da mudança no local de digestão da pectina por causa do baixo pH ruminal foi a menor disponibilidade de energia no rúmen, com menor síntese de proteína microbiana (BEN-GEDHALIA et al., 1991). Embora a taxa e a extensão da degradação da pectina seja similar aos carboidratos não estruturais, a fermentação da pectina aumenta a produção de acetato e geralmente não determina a produção de ácido láctico durante a fermentação (HATFIELD; WEIMER, 1995).

A disponibilidade de energia fornecida pela fermentação dos carboidratos determina a quantidade de amônia usada para sintetizar proteína microbiana. A amônia, oriunda principalmente da fermentação do alimento no rúmen e da uréia

reciclada e dietética penetra na célula microbiana por difusão passiva, principalmente na forma de NH_3 . A assimilação de amônia se faz, principalmente, pelos processos envolvendo glutamato-desidrogenase dependente de NADPH e glutamina-sintetase (NOLAN, 1993).

Se a concentração de amônia é baixa, a eficiência do crescimento microbiano é reduzida, porque o ATP é desviado do crescimento para o processo de captação de compostos nitrogenados (N) pela glutamina-sintetase. Quando a concentração de amônia é elevada, a principal via de captação de N é a glutamato-desidrogenase (CHURCH, 1988).

A amônia que não é utilizada pelos microrganismos é absorvida pela parede do rúmen e vai ao fígado por meio da circulação sangüínea, onde entra no ciclo da uréia (VISEK, 1979). No ciclo da uréia, a amônia reage com o CO_2 mitocondrial para formar carbamifosfato, na presença de carbamifosfato-sintetase. Apenas metade do N-uréico é originária da amônia livre, sendo o N restante proveniente do aspartato citoplasmático, que atua como doador específico de N na conversão da citrulina em arginina (LOBLEY et al., 1995).

Com baixa disponibilidade de energia e alta de proteína, a taxa na qual a energia é gerada para o crescimento microbiano não é sincronizada com a degradação mais rápida da proteína. Quantidades elevadas de aminoácidos resultantes da proteólise são deaminadas e utilizadas como fonte de energia (RUSSELL et al., 1992). Em conseqüência, ocorre maior produção de amônia e o seu excesso é absorvido e perdido, pela urina, na forma de uréia (MORRISON; MACKIE, 1996).

Existem muitas controvérsias quanto a concentração mínima, de 2 a 5 mg de N amoniacal/dL para maximizar a síntese microbiana obtidos em ensaio *in vitro*. Trabalhos conduzidos *in situ* têm sugerido valores na ordem de 22 mg de N amoniacal/dL. Contudo, o teor ótimo de N amoniacal está em razão da disponibilidade de energia fermentável no rúmen.

Neste contexto, formulação de rações para ruminantes, em termos de adequação protéica, deve ter por objetivo suprir uma quantidade adequada de PDR para maximizar a síntese de proteína microbiana e então complementar esta com PNDR, para suprir as exigências dos ruminantes em proteína metabolizável.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

Todos os ensaios experimentais foram conduzidos nas instalações do Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, Campus de Piracicaba – SP com as seguintes coordenadas geográficas aproximadas de: 22° 42' de latitude sul, 47° 37' de longitude oeste, com aproximadamente 546 metros de altitude.

3.2 Ensaio de desempenho

Vinte e oito cordeiros da raça Santa Inês (peso médio inicial de 20 ± 2 kg e idade média de 75 ± 5 dias) desmamados foram distribuídos em delineamento experimental em blocos completos casualizados, sendo os mesmos determinados segundo o peso e a idade dos animais.

Os animais foram alojados em confinamento coberto com telha de zinco, com 4,2 m de largura, 60,0 m de comprimento e 4,2 m de altura. Os cordeiros foram dispostos em baias individuais de piso de concreto com 2,1 m de comprimento e 4,2 m de largura. O cocho e o bebedouro estavam localizados em posições opostas dentro da baia. Diariamente foi mensurada a temperatura média e a umidade relativa do ar dentro da instalação do confinamento utilizando um (*data logger* HOBO®) fixado a 1,50 m do chão (Figura 2).

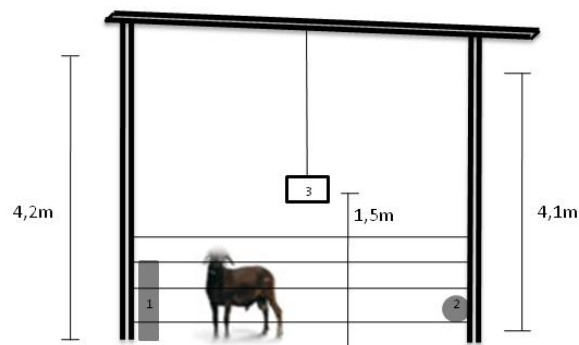


Figura 2 - Vista lateral do confinamento (1-comedouro; 2- bebedouro; 3-*data logger*)

Tabela 1 – Composição percentual, químico e tamanho médio de partícula (TMP) das rações com farelo de soja (FSO), farelo de amendoim (FAM) farelo de canola (FCA) e farelo de algodão (FAL)

Ingredientes %MS	Tratamentos			
	FSO	FAM	FCA	FAL
Milho grão moído (1,4 mm)	54,00	52,76	50,67	49,33
Polpa cítrica peletizada moída (0,9 mm)	18,50	18,50	18,50	18,50
Farelo de soja	15,00	-	-	-
Farelo de amendoim	-	16,25	-	-
Farelo de canola	-	-	18,33	-
Farelo de algodão	-	-	-	19,67
Mistura mineral-Ovinos ¹	1,42	1,40	1,42	1,42
Cloreto de amônio	0,50	0,50	0,50	0,50
Calcário	0,58	0,59	0,58	0,58
Feno <i>Coastcross</i>	10,00	10,00	10,00	10,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00
TMP mm	1,20	1,20	1,10	1,10
Nutrientes %MS	FSO	FAM	FCA	FAL
Matéria seca ²	89,28	90,48	89,57	89,82
Matéria mineral ²	6,00	6,10	6,20	6,40
Proteína Bruta ²	16,20	15,80	16,20	15,85
Extrato etéreo ²	3,07	5,10	3,17	3,29
Fibra em detergente neutro ²	20,00	20,30	22,80	21,65
Amido ²	41,00	43,00	38,60	37,70
Energia metabolizável - SRNS (Mcal/kg)	2,90	2,99	2,83	2,85
NDT estimado ³	75,26	74,52	74,50	69,97
Energia metabolizável ⁴ (Mcal/kg)	2,72	2,70	2,69	2,53

¹ Composição: 7,5% P; 19% Ca; 1% Mg; 7% S; 14,3% Na; 21,8% Cl; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 1100 ppm Mn; 80 ppm I; 405 ppm Co; 30 ppm Se. ² Análises realizadas no Laboratório de Bromatologia – ESALQ/USP.

³ Estimativa proposta por Lofgreen (1953), $NDT = MO * (0,01 + 0,000125 * EE) * (Digestibilidade da MO)$

⁴ Estimativa de acordo com NRC (1985), $EM = 0,82 * NDT * 0,04409$

O fornecimento das dietas isoprotéicas (Tabela 1) foi realizado a cada dois dias na forma de ração total, *ad libitum* em cochos de madeira e as sobras foram pesadas semanalmente para a estimativa do consumo diário de matéria seca por animal.

Duas vezes ao dia a dieta era revolvida para estimular o consumo, criteriosamente, como “manejo de cocho” até o final do período experimental. Os cordeiros receberam quatro rações numa relação 10% volumoso e 90% concentrado formuladas pelo sistema *Small Ruminant Nutrition System* (SRNS) versão 1.8.1. Em todas as rações adicionou-se 25 g de Rumensin[®] por 100 kg de matéria original da ração total que correspondia com 10% de monensina sódica (C₃₄H₆₁O₂Na). As rações diferiam quanto à fonte suplementar de proteína: farelo de soja (FSO), farelo de amendoim (FAM), farelo de canola (FCA), farelo de algodão (FAL) e o volumoso foi o feno de *Coastcross* picado.

O feno de *Coastcross*, o milho e a polpa cítrica peletizada foram moídos em picador moedor da marca Nogueira[®] provido de peneira com crivos de 1 cm. O objetivo da moagem do milho e da polpa cítrica foi evitar a seleção pelos animais. Todos os ingredientes previamente pesados foram homogeneizados em um misturador horizontal com capacidade para 500 kg da marca Lucato[®].

Os animais foram pesados semanalmente até alcançarem o peso de abate (38 kg). O período experimental foi de 56 dias. Setenta e cinco por cento dos animais foram abatidos aos 56 dias e o restante uma semana depois quando atingiram o peso determinado.

O abate dos animais foi realizado após jejum de 14 horas de alimento sólido. Após a retirada da pele e evisceração, a carcaça limpa foi pesada, e em seguida colocada em câmara fria (4⁰C) por 24 horas. Após esse período foi obtido o peso da carcaça fria e seccionada longitudinalmente. Nas duas meias carcaças foram tomadas as seguintes medidas: gordura subcutânea utilizando-se um paquímetro, e área de olho de lombo (AOL) no músculo *Longissimus* exposto entre a 12^a e 13^a costela, respectivamente. A AOL foi determinada desenhando-a em papel vegetal e posteriormente mensurada por meio de planímetro graduado em cm².

O rendimento de carcaça quente (**RCQ**), o rendimento de carcaça fria (**RCF**) e a perda por resfriamento (**PR**) foram estimados pelas seguintes equações:

$$\mathbf{RCQ} = (\mathbf{PCQ/PVA}) \times 100 \quad (9)$$

$$\mathbf{RCF} = (\mathbf{PCF/PVA}) \times 100 \quad (10)$$

$$\mathbf{PR} = [(\mathbf{PCQ} - \mathbf{PCF})/\mathbf{PCQ}] \times 100 \quad (11)$$

Em que:

PCQ = peso da carcaça quente;

PVA = peso vivo de abate;

PCF = peso da carcaça fria.

3.3 Ensaios de digestibilidade, balanço de nitrogênio e taxa de passagem

Os ensaios de digestibilidade do trato digestório total e a taxa de passagem foram realizados simultaneamente. Quatro borregos da raça Santa Inês, castrados, fistulados no rúmen com peso vivo (PV) médio inicial de $48,0 \pm 5$ kg e aproximadamente sete meses de idade foram distribuídos em delineamento experimental em quadrado latino 4x4. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas metálicas para ensaios de metabolismo, com dimensões de 1,30 x 0,55 m, providas de cocho, bebedouro e sistema para colheita de urina separadamente (Figura 3). A coleta de fezes foi realizada utilizando-se sacolas de coleta total de fezes fixadas na porção posterior dos animais com o objetivo de minimizar a contaminação por pêlos e urina.



Figura 3 - Visão frontal das gaiolas do ensaio de metabolismo

As rações foram às mesmas utilizadas no experimento de desempenho (Tabela 1) contendo aproximadamente 16% PB. O fornecimento foi realizado conforme o consumo individual com sobra de no máximo 15%, distribuído em duas refeições, às 07:00 e às 17:00 horas. O consumo de MS dos animais foi monitorado, obtido por intermédio da diferença entre a quantidade de alimento oferecido e o recusado. As amostras do alimento recusado pelos animais foram colhidas diariamente, diretamente dos cochos durante os quatro dias de colheita e armazenadas a temperatura de -10 °C para posterior determinação da matéria seca.

As amostras compostas de fezes excretadas em 24 horas e 10% do volume total de urina produzida durante quatro dias também foram colhidas e congelados à -10 °C. Após o término do ensaio, as amostras sólidas compostas (10% de cada dia) foram secas em estufa de ventilação forçada (60 °C) por 72 horas e moídas em moinho tipo Willey providos de peneira com crivo de 1,0 mm para posteriores análises de MS, PB (AOAC, 1990) e FDN com sulfito de sódio (VAN SOEST et al., 1991).

Amostras de urina para o balanço de nitrogênio foram colhidas em vasilhame apropriado com adição de HCL 6 N, na quantidade necessária para manter o pH abaixo de 3,0 evitando-se assim a perda de nutrientes por volatilização. As amostras de urina foram descongeladas em temperatura ambiente e analisadas na forma *in natura* em quantidade aproximada de 1,0 mL. A determinação do nitrogênio (N) foi realizada em macro kjeldahl de acordo com AOAC (1990). Foram utilizadas as seguintes equações para os cálculos de retenção (R) de N:

$$(R) \text{ de N (g/.dia)} = N_{\text{consumido}} - N_{\text{fezes}} - N_{\text{urina}} \quad (12)$$

$$(R) \text{ de N (\% N consumido)} = [(N_{\text{consumido}} - N_{\text{fezes}} - N_{\text{urina}}) / N_{\text{consumido}}] \times 100 \quad (13)$$

$$(R) \text{ de N (\% N digerido)} = [(N_{\text{consumido}} - N_{\text{fezes}} - N_{\text{urina}}) / (N_{\text{consumido}} \times \text{DAN N})] \times 100 \quad (14)$$

Posteriormente aos cálculos de retenção de nitrogênio os dados foram tabulados em: N absorvido (g/dia) = N consumido menos o N fecal; o N retido (g/dia) = N

absorvido menos o N urinário; o balanço de N absorvido = quanto do N absorvido foi retido em (%) e o balanço de N ingerido = quanto do N ingerido foi retido em (%).

A cada período experimental os animais passaram por 10 dias de adaptação às gaiolas, às rações e às sacolas coletoras de fezes, cinco dias para colheita de amostras (fezes e urina) e o último dia para a colheita de líquido ruminal. Cada período do ensaio de metabolismo teve duração total de 16 dias.

A colheita do líquido ruminal realizou-se nos seguintes horários: uma hora antes da refeição (-1h), no momento da alimentação (0h), 1, 3, 6 e 8 horas após a refeição. O conteúdo ruminal foi filtrado em tecido de algodão e o líquido ruminal colocado em potes de 50 mL. Imediatamente foi determinado o pH em potenciômetro digital modelo Digimed® DM-20. Trinta mL do líquido ruminal foram congelados em potes de filme com 1,25 mL de ácido clorídrico, para posterior análise das concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e ácidos graxos de cadeia curta (AGV). A fase sólida do conteúdo ruminal que permaneceu no tecido após a filtragem foi devolvida ao rúmen.

A avaliação dos parâmetros cinéticos da digestão ruminal da fase sólida e líquida foram realizados simultaneamente. Utilizou-se a técnica da fibra mordantada como indicador de fase sólida (UDEN et al., 1980). A cada período experimental os animais receberam 100 g de cada ingrediente protéico mordantado no rúmen conforme o respectivo tratamento. Assim como realizado em forragem, os farelos protéicos foram fervidos em água com detergente comercial neutro por duas horas e a fibra foi mordantada com dicromato de sódio. O Cobalto-EDTA foi utilizado como indicador de fase líquida (UDEN et al., 1980), adicionando 5 g de Co-EDTA, diluídos em 300 mL de água destilada, no rúmen de cada animal. O ingrediente mordantado e a solução de Co-EDTA foram adicionados imediatamente antes da primeira alimentação do dia (Figura 4).



Figura 4 - Introdução dos marcadores de fase sólida e fase líquida no rúmen

Retirou-se parte do conteúdo ruminal para introdução dos marcadores com posterior devolução do conteúdo, afim de evitar perda no processo. Os horários de colheita das fezes foram: 9, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas após a introdução dos marcadores no rúmen.

Para o ajuste das curvas da concentração fecal do indicador em função do tempo transcorrido desde sua administração, visando à determinação dos parâmetros da dinâmica da passagem das partículas no trato gastrointestinal foi utilizado o modelo bicompartimental biexponencial tempo-independente de Grovum e Williams (1973).

3.4 Ensaio de degradabilidade “*in situ*”

Após o ensaio de digestibilidade e de taxa de passagem os animais foram alojados em baias individuais do tipo "tie-stall", medindo 0,50 x 1,2 m, em galpão coberto, com piso ripado, providas de comedouro e bebedouro (Figura 5). As rações foram às mesmas utilizadas nos experimentos anteriores (Tabela 1). O fornecimento da ração total foi realizado em duas refeições, às 07:00 e às 17:00 horas. Como os animais já estavam adaptados a dieta, o período experimental teve duração de mais 15 dias, com a incubação das amostras acondicionadas em sacos de náilon no rúmen.



Figura 5 - Instalação de piso ripado onde foi realizado o ensaio de degradabilidade *in situ*

Sacos de náilon com porosidade de 50 μm e medidas de 7x10 cm de área útil, receberam aproximadamente 3 g de amostra (corrigida a 65°C). Esta quantidade de amostra resultou na relação de 20 mg de MS de alimento por centímetro quadrado de tecido conforme proposto por NOCEK (1988) como ideal para avaliação da degradabilidade *in situ*. As pesagens foram realizadas em balança de precisão, com quatro casas decimais. Amostras da dieta total e dos ingredientes protéicos foram incubadas com tamanho de partícula original ao oferecido aos animais, ou seja, sem processamento prévio por moagem.

Devido ao pequeno volume ruminal dos ovinos, foi introduzido no máximo de 18 sacos por incubação, presos a uma corrente por meio de fios de náilon, com três a sete repetições para cada tratamento, dependendo do tempo de incubação. Os horários de incubação no rúmen para os ingredientes protéicos foram: 0, 3, 6, 12, 24, 48 horas no rúmen e para a ração total foram 0, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas.

Para a determinação da fração prontamente solúvel (a) ou tempo zero, procedeu-se a lavagem dos sacos com água em temperatura ambiente sem incubação ruminal prévia junto com os demais sacos que foram incubados. Iniciou-se a incubação pelo último horário e assim por diante até atingir o menor tempo, sendo retirados todos simultaneamente. Após a retirada das amostras incubadas nos referidos tempos procedeu-se leve lavagem em balde com água fria para interromper a fermentação microbiana, onde permaneceram por 10 minutos sendo retirada a maior porção do conteúdo ruminal aderidos. Posteriormente, os sacos foram lavados em máquina tipo tanquinho duas vezes por 10 minutos com água corrente até a mesma ficar límpida. Por

fim, os sacos com as referidas amostras foram secos em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas.

Para a correção da contaminação microbiana, foi feita análise do nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) do resíduo após a incubação, utilizando a metodologia proposta por Mass et al. (1999). O nitrogênio de origem microbiana foi determinado pela seguinte equação.

$$NM = NTR - NIDN \quad (15)$$

Sendo:

NM = nitrogênio de origem microbiana;

NTR = nitrogênio total do resíduo;

NIDN = nitrogênio insolúvel em detergente neutro.

As correções foram feitas para os tempos 12, 24, 48, 72 e 96 h. Para o tempo de 6 h não foi feita esta correção, pois existe a fração protéica B2, que é solúvel em detergente neutro, mas é de origem alimentar, e não microbiana. Uma vez que a taxa de degradação desta fração varia de 8 a 15%/h e apresenta 100% de degradação no rúmen (SNIFFEN et al., 1992), a partir do tempo 12 h, esta fração já estaria degradada por completo. Assim, a partir deste tempo, toda fração solúvel em detergente neutro será apenas de origem microbiana.

Os dados de desaparecimento foram ajustados por regressão não-linear, que prediz a degradabilidade potencial (DP) dos alimentos por meio do modelo proposto por Mehrez e Orskov (1977) e a degradabilidade efetiva (DE) foi calculada segundo o modelo matemático proposto por Orskov e McDonald (1979). A taxa de passagem da fase sólida foi mensurada para cada tratamento pelo uso do cromo mordente (UDEN, 1980).

3.5 Análises laboratoriais

3.5.1 Análises físicas

Todas as análises físicas foram realizadas com quatro repetições por amostra.

3.5.1.1 Densidade *Bulk*

A densidade *Bulk* foi determinada por agitação manual segundo Montgomery e Baumgardt (1965). Foi utilizada uma proveta graduada *Pyrex* de 100 mL com 2,7 cm de diâmetro interno, sendo o volume completado com amostra até a marca de 50 mL e agitada no sentido vertical por 15 segundos. Em seguida o peso e o volume foram anotados, em seguida adicionou-se mais amostra na proveta até a marca de 100 mL e agitou-se por 10 segundos. Novamente, a proveta foi completada na marca de 100 mL e agitou-se por 5 segundos. E, por fim, o peso total e o volume final foram registrados.

3.5.1.2 Tamanho médio de partícula

O tamanho médio de partícula (TMP) da dieta total, dos farelos protéicos, da polpa e do milho foi determinado utilizando-se agitador automático e peneiras, com crivos de 4,0; 2,0; 1,0; 0,84; 0,42 e 0,25 mm (Figura 6), conforme metodologia descrita por Yu et al. (1998).



Figura 6 - Agitador automático e jogo de peneiras utilizadas na análise do tamanho médio de partícula

O tamanho dos crivos das peneiras foi estabelecido após vários ensaios desenvolvidos pela equipe do Departamento de Ciência Animal da Universidade do Arizona nos Estados Unidos, que melhor caracterizasse a heterogeneidade das partículas de grãos representados pelo tamanho médio de partículas.

Inicialmente, foram registradas as taras de todas as peneiras, e posteriormente pesados 250 g de amostra. A amostra foi colocada sob a primeira peneira (4,0 mm) e agitada na posição horizontal em agitador automático por quatro minutos na potência oito, que vai de 1-10. Finalizado esse procedimento, as peneiras e suas amostras retidas foram pesadas para efeito de cálculo do TMP de cada ingrediente.

A média do tamanho de partículas foi calculada, assumindo-se que o ingrediente retido na peneira de 4,0 teria o tamanho de (6,0 mm), o qual foi multiplicado pela porcentagem retida na peneira 4,0 mm. Esse valor foi somado ao resultado das médias entre as peneiras maiores e menores, e multiplicado pelo percentual retido na peneira menor (ex: milho 4,0 mm + 2,0 mm ÷ 2 = 3, que multiplicado por gramas de amostra retida = TMP e assim sucessivamente). As partículas que passaram pela peneira de crivo 0,25 mm, foram consideradas como tendo (0,12 mm).

3.5.1.3 Capacidade de retenção de água e solubilidade

A capacidade de retenção de água (CRA) foi mensurada usando algumas modificações do método de Robertson e Eastwood (1981) sendo utilizada a amostra intacta ao invés da porção fibrosa. Uma massa de 2,5 g de amostra foi embebida por 16 - 24 horas em 250 mL de água destilada em Becker de 500 mL e posteriormente, filtrada, sem vácuo, em cadinho de vidro de placa porosa com 40 µm. A amostra úmida decantada foi pesada após 10 minutos (Figura 7). A capacidade de retenção de água foi estimada pela quantidade de água retida da amostra, e expressa em 1 kg^{-1} de amostra seca.

A amostra filtrada coletada depois da passagem no cadinho de placa porosa foi seco em estufa a 72 horas a 105° C. A matéria seca solubilizada foi expressa em g l^{-1} ou sob a porcentagem do peso inicial do ingrediente estudado.



Figura 7 - Determinação da capacidade de retenção de água e solubilidade

3.5.1.4 Análises da carne

Os animais foram abatidos com peso superior a 38,0 kg após jejum de 14 horas de alimento sólido. Após a retirada da pele e evisceração, a carcaça limpa foi pesada, e em seguida colocada em câmara fria (4⁰C) por 24 horas. Após esse período foi obtido o peso da carcaça fria e seccionada longitudinalmente. Nas duas meias carcaças foi tomada a medida de área de olho de lombo (AOL) no músculo *Longissimus* exposto entre a 12^a e 13^a costela. Posteriormente, o *Longissimus* foi armazenado a -18 °C em câmara fria. As análises das amostras do músculo foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Carnes do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), Universidade de São Paulo, campus de Pirassununga – SP.

A – Perda de água por cocção (PAC)

As amostras do músculo *Longissimus* foram descongeladas por 48 horas em temperatura de 2⁰C. As amostras foram pesadas em bandejas de alumínio previamente taradas em balança semi-analítica para obtenção do peso inicial. Em seguida foram colocadas em forno elétrico a temperatura de 170⁰C, com distância de aproximadamente 21 cm da resistência superior. A temperatura interna dos músculos na região central dos mesmos foi acompanhada com pares termoeletrônicos individuais com sonda metálica de perfuração. Os músculos foram retirados do forno quando a temperatura interna atingiu 71⁰C, e pesados na mesma balança para obter-se o peso

final (AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION - AMSA, 1995). As perdas foram determinadas pela diferença de peso antes e depois do cozimento:

$$\text{PAC} = (\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / \text{Peso inicial} * 100 \quad (16)$$

B – Força de Cisalhamento (FC)

Às amostras cozidas permaneceram esfriando até o equilíbrio com a temperatura ambiente. Em seguida foram retirados seis cilindros de meia polegada de diâmetro de cada amostra utilizando-se um vazador manual no sentido das fibras da carne (AMSA, 1995). Cada cilindro foi avaliado quanto à resistência de cisalhamento em (kg) em aparelho Warner-Bratzler Shear Force. Sendo considerado para cada amostra a média dos valores obtidos nos seis cilindros.

3.5.2 Análises químicas

Nas amostras dos ingredientes protéicos e na dieta total foram realizadas as seguintes análises: matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro livre de cinzas (FDNc), fibra em detergente ácido (FDA), amido (AM) e pectina (PEC). No resíduo da degradabilidade foi determinada a MS, MM, a FDN sem sulfito e o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN).

A MS, MM, EE e PB foram determinadas segundo a AOAC (1990). As análises de FDN e FDA foram realizadas de acordo com Van Soest et al. (1991). As análises de amido foram feitas conforme Poore et al. (1989) por intermédio de hidrólise enzimática do amido da amostra e determinação da glicose resultante. Dessa forma, a determinação do amido foi realizada através da curva padrão de regressão obtida pelas concentrações de glicose conhecida. Os teores de pectina foram determinados segundo Gorshkova et al. (1996). O teor de carboidrato total (CHO) e o teor de carboidrato não estrutural (CNE) foram estimados segundo Sniffen et al. (1992):

$$\text{CHO} = 100 - (\text{PB} + \text{EE} + \text{MM}) \quad (17)$$

$$\text{CNE} = 100 - (\text{PB} + \text{FDN}_{\text{cp}} + \text{EE} + \text{MM}) \quad (18)$$

FDN_{cp} = FDN livre de cinzas e proteínas.

Para a determinação de pectina inicialmente determinou-se à parede celular segundo método de Fukushima e Hatfield (2001). Cerca de 500 mg de parede celular foram extraídas com uma solução de oxalato de amônio 0,5%, pH 7 a 100 °C por 1 hora (tratados por duas vezes consecutivos), sendo o sobrenadante coletado por centrifugação a 2700g por 15 minutos a 20°C. Os sobrenadantes resultantes foram combinados, dialisados em saquinhos de diálise SIGMA, e liofilizados, constituindo assim a fração de pectinas do alimento.

Foi quantificada as frações nitrogenadas das fontes protéicas das rações pelas equações do CNCPS 5.0 segundo Sniffen et al. (1992). Determinou-se o NIDN, o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), nitrogênio insolúvel em ácido tricloroacético (N_{I-TCA}), nitrogênio insolúvel em tampão borato-fosfato (N_{I-TBF}) de acordo com Licitra et al. (1996).

A - Determinação do Nitrogênio insolúvel em ácido tricloroacético (N_{I-TCA}).

Pesou-se 200mg (\pm 0,2 mg) de amostra seca e moída em um tubo de polipropileno. Foram adicionados 20 mL de água, sendo o material homogeneizado e deixado em repouso durante 30 minutos. Após este período foram adicionados 4,0 mL de solução de ácido tricloroacético – TCA (solução 10% de ácido tricloroacético, armazenado em refrigerador). A solução foi agitada e deixada em repouso por mais 30 minutos. A seguir, foi filtrado em papel filtro Whatman 54, e o resíduo lavado duas vezes com solução de TCA, sendo o sobrenadante desprezado. O papel de filtro foi transferido para o balão de digestão e prosseguiu-se à determinação de nitrogênio residual (N_{I-TCA}) utilizando os procedimentos de N total via macro Kjeldhal (AOAC, 1990).

B - Determinação do Nitrogênio insolúvel em tampão borato-fosfato (N_{I-TBF}).

Pesou-se 200mg ($\pm 0,2$ mg) de amostra seca e moída em um tubo de polipropileno. Foram adicionados 20 mL de solução tampão borato-fosfato (12,2 g de fosfato monobásico de sódio, 9,91 g borato de sódio e 100 mL de álcool butílico terciário dissolvidos em meio aquoso, e o volume completado para 1000 mL) e 400 μ L de solução a 10% de azida sódica. O material foi homogeneizado e deixado em repouso por três horas. A seguir, o material foi filtrado em papel filtro Whatman 54, lavando o resíduo com aproximadamente 250 mL de água destilada. O papel de filtro foi transferido para o balão de digestão e prosseguindo-se à determinação de nitrogênio residual (N_{I-TBF}) utilizando os procedimentos de N total via macro Kjeldhal (AOAC, 1990).

C - Determinação do Nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN).

O resíduo obtido na determinação da fibra em detergente neutro foi transferido para o balão de digestão, e então determinado o nitrogênio (NIDN) utilizando os procedimentos de N total via macro Kjeldhal (AOAC, 1990).

D - Determinação do Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA).

O resíduo obtido na determinação da fibra em detergente ácido foi transferido para o balão de digestão, e então determinado o nitrogênio (NIDA) utilizando os procedimentos de N total via macro Kjeldhal (AOAC, 1990). As frações nitrogenadas foram expressas em porcentagem do nitrogênio total (N_T), de acordo com as fórmulas:

$$\text{Fração A (\%PB)} = \frac{(N_T - N_{I-TCA}) \times 100}{N_T} \quad (19)$$

Sendo,

N_{I-TCA} = nitrogênio insolúvel em ácido tricloroacético

A fração solúvel é composta de aminoácidos, nitrogênio não protéico (NNP) e é de disponibilidade imediata no rúmen. Essa é obtida pela diferença entre o N total e o N insolúvel em ácido tricloroacético a 10%.

$$\text{Fração B1 (\%PB)} = (N_{\text{total}} - N_{\text{ITBF}}) - \text{fração A} \quad (20)$$

Sendo,

$N_{\text{I-TBF}}$ = nitrogênio insolúvel em tampão borato-fosfato

A fração rapidamente degradada no rúmen é composta de peptídeos e oligopeptídeos. Essa é obtida pela diferença entre a fração nitrogenada solúvel e a fração A.

$$\text{Fração B2 (\%PB)} = 100 - (A + B1 + B3 + C) \quad (21)$$

A fração insolúvel com taxa de degradação intermediária no rúmen.

$$\text{Fração B3 (\%PB)} = \frac{(N_{\text{IDN}} - N_{\text{IDA}}) \times 100}{N_T} \quad (22)$$

Sendo,

N_{IDN} = nitrogênio insolúvel em detergente neutro,

N_{IDA} = nitrogênio insolúvel em detergente ácido

A Fração insolúvel, com taxa de degradação lenta no rúmen é obtida subtraindo-se o N insolúvel em detergente ácido (N_{IDA}) do N_{IDN} .

$$\text{Fração C (\%PB)} = \frac{N_{\text{IDA}} \times 100}{N_T} \quad (23)$$

A fração insolúvel no rúmen e indigestível no trato gastrointestinal, compreende as proteínas associadas à lignina, taninos e compostos de “Maillard” que é representada pelo N_{IDA} .

3.5.2.1 Determinação do nitrogênio amoniacal e os ácidos graxos de cadeia curta no líquido ruminal

Para a determinação do nitrogênio amoniacal (N-NH_3) a amostra de líquido ruminal foi descongelada e centrifugada a 12000 g a 4°C durante 20 minutos. Uma alíquota sobrenadante foi utilizada para determinação, seguindo o método colorimétrico proposto por Chaney e Marbach (1962), adaptado para a leitura em leitor de microplaca (Bio-Rad, Hercules, EUA) utilizando-se filtro para absorvância de 550 nm (CAMPOS et al., 2004).

A outra alíquota sobrenadante foi utilizada para determinação da concentração dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). Sendo 800 µL do sobrenadante juntamente com 200 µL de ácido fórmico e 100 µL de padrão interno adicionados em frascos de 2 mL devidamente lacrados para leitura conforme descrito por Campos et al. (2004) em cromatografia líquido-gasoso, CLG (Hewlett Packard® 5890 serie II).

3.5.2.2 Determinação dos derivados de purina

As amostras de urina acidificadas para manutenção do pH <3,0 colhidas no ensaio de balanço de nitrogênio foram centrifugadas a 2000 g, por 20 minutos. As amostras submetidas à análise de (alantoína, ácido úrico, xantina e hipoxantina) e oxipurinol foram preparadas da seguinte forma:

Em potes de filme foram homogeneizados 2,0 mL de urina; 0,25 mL de padrão interno de oxipurinol (1 mMol) e 2,75 mL de tampão A (solução de $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 0,0025 M). Dessa forma, o fator de diluição (FD) da amostra de urina correspondeu à proporção 2,5. Depois de misturadas essas três frações, utilizando-se um filtro do tipo Millex® 13 mm e 0,45µm acoplado em seringa de cinco mL, foi transferido 1,5 mL dessa fração em frascos de 2 mL devidamente lacrados para leitura em cromatografia líquida de alta eficiência – CLAE com detector de arranjo de diodos (Hewlett Packard® 1100 serie II) (CZAUDERNA; KOWALCZYK, 2000).

O cromatógrafo líquido de alta eficiência, foi composto por duas colunas analíticas C_{18} (4,6 x 10 mm, diâmetro de partículas internas 5 µm) devidamente condicionadas com fluxo de 1 mL de tampão A por minuto, durante duas horas antes de

iniciar a análise propriamente dita. O volume de amostra injetado foi de 20µL e as condições de trabalho para o detector de arranjo de diodo foi estabelecido na região de obtenção de espectro de 205 a 290 nm, sendo a área de colheita das áreas dos picos em 225 nm

O cálculo das concentrações dos metabólitos de derivados de purina (MDP) foi determinado pela seguinte equação.

$$MDP = ((COA) \times AS \times FD \times VF) / FC \times AOA \quad (24)$$

Em que:

MDP= concentração do metabólito derivado de purina em µM por litro;

COA= concentração do oxipurinol na amostra

AS= área do pico do derivado de purina na amostra

AOP= área do pico do oxipurinol na amostra

FD= fator de diluição durante o preparo da amostra;

VF = volume final de urina coletado

FC= fator de correção

$$FC = ((APDP) \times (COP)) / ((CDP) \times (APOP)) \quad (25)$$

Em que:

APDP= área do pico do padrão do derivado de purina

COP= Concentração do padrão de oxipurinol:

Oxipurinol = 500 µm

CDP= Concentração do padrão de metabólito de derivado de purina:

Alantoina = 1500 µm

Ácido úrico = 500 µm

Hipoxantina e xantina 500 µm

APOP= área do pico do padrão de oxipurinol

3.5.2.3 Determinação dos elementos cromo (Cr) e cobalto (Co)

As fezes colhidas no ensaio de taxa de passagem foram secas em estufa de ventilação forçada (60 °C) por 72 horas e moídas em moinho tipo Willey providos de peneira com crivo de um mm. Foram transferidos 1,0 g da amostra para uma cubeta de FRX (ChemplexIndustries Inc., modelo 1530), em seguida, a amostra foi levada diretamente para análise. O sinal analítico do Cr e Co foram determinados pela área líquida dos picos dos raios X Ka característicos destes elementos. Na excitação da amostra utilizou-se um tubo de raios X de Mo (Philips, modelo PW1316/92), com filtro de Zr, acoplado a um gerador de alta tensão (Philips, modelo PW1830) operado em 25 kV e 10 mA. O tempo de aquisição foi 200 s. A fim de minimizar a radiação espalhada utilizou-se um colimador de prata de 3,8 mm de diâmetro, colocado sobre o detector (KORNDORFER et al., 2001).

3.6 Análise Estatística

O experimento de desempenho foi conduzido em delineamento experimental em blocos completos casualizados, sendo os mesmos determinados segundo o peso e idade inicial dos animais e distribuídos em quatro tratamentos e sete repetições. Todos os dados foram analisados usando-se o programa estatístico do SAS[®], versão 9.1 para Windows[®]. As variáveis respostas foram o ganho de peso, o consumo de matéria seca (CMS), a área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura (EG), conversão alimentar (CA) e eficiência alimentar (EA) utilizando o procedimento estatístico PROC GLM (SAS, 2003), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, após análise de variância.

Nos experimentos para determinação da digestibilidade, balanço de nitrogênio, taxa de passagem, degradabilidade ruminal, ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), nitrogênio amoniacal, proteína microbiana foram conduzidos em delineamento experimental em quadrado latino 4x4 (quatro animais x quatro períodos). Os dados foram analisados pelo procedimento estatístico PROC MIXED do SAS (2003) incluindo o efeito de animal com medidas repetidas (intercepto aleatório) ou dos horários de coleta como medidas repetidas no tempo. Adicionalmente, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, após a análise de variância.

3.7 Análises de custo das rações experimentais

O custo dos alimentos fornecidos aos animais no período experimental foi tabulado. O valor dos ingredientes corresponde a um levantamento de preços médios praticados entre setembro de 2005 a setembro de 2007 contabilizando o valor do frete por tonelada.

3.8 Predições pelo modelo SRNS[®]

A estimativa de ingestão de matéria seca e ganho de peso médio diário foi realizada pelo programa computacional *Small Ruminant Nutrition System* – SRNS[®] 1.8.1 para Windows[®] utilizando peso vivo em jejum de 28 kg. Este compreende o somatório do peso de abate (38 kg) e o peso corporal inicial na entrada do confinamento (18,0) dividido por dois, idade de dois meses e tipo de animal cordeiro. Já para avaliar as predições de digestibilidade, pH ruminal e taxa de passagem foi usado o peso vivo em jejum de 48 kg, idade de 8 meses, que correspondia ao peso e idade média dos animais fistulados e tipo de animal borrego. Para a formulação das rações no sistema SRNS[®] foram introduzidos os seguintes itens:

Versão em português. Entrada: *peso de referência padrão a 2,5 de CC = 50,00 kg ou peso maduro; produção de lã limpa = 2,5 kg/ano; temperatura atual e temperatura prévia = 23,0°C; velocidade do vento, chuva, distância horizontal e distância vertical = zero. E, a escala de ingestão utilizada de 100%. Segundo CANNAS; BOE, (2003) avaliando a relação entre condição de escore corporal e peso vivo de ovinos, o peso de referência padrão em condição corporal (2,5) para raça Merino foi de 41,4 kg e para a raça Bergamacia foi de 63,9 kg. Devido à ausência de literatura que referenciasse esse peso padrão em condição corporal (2,5) da raça Santa Inês foi utilizado peso médio de 50 kg.*

A formulação das rações experimentais seguiu os seguintes parâmetros: Ingestão de matéria seca em 1,2 kg; o teor de volumoso (feno) em 10% MS; a polpa cítrica em 18,5% MS e o cloreto de amônio (NH₄Cl) em 0,5% MS para profilaxia da urolitíase. Os ruminantes, em especial os ovinos, apresentam urina com pH ligeiramente alcalino e em situações de rações de alto grão, esse pH favorece a precipitação de cristais de fósforo na urina que se agregam e formam cálculos renais

dificultando a micção. O cloreto de amônio tem o poder de acidificar a urina tornando solúveis esses cristais (BELKNAP; PUGH, 2002).

Contudo, para comparar os dados observados a campo e as predições do sistema SRNS, as rações foram reformuladas pelo consumo individual observado e o peso vivo médio de cada um dos 28 cordeiros avaliados no confinamento. Deve-se ressaltar que para gerar as estimativas foram utilizados valores de composição bromatológica determinados laboratorialmente para cada ingrediente protéico avaliado neste estudo, juntamente com os valores teóricos para os componentes exigidos pelo programa.

3.8.1 Predições metabólicas

O relatório apresentado no final da formulação da dieta pelo SRNS apresenta a estimativa de taxa de passagem para forragem, grãos e líquidos estimados a partir dos ingredientes da dieta. Estes parâmetros foram estimados por regressão linear de 36 tratamentos relatados de sete publicações que utilizavam marcadores externos (CANNAS; VAN SOEST, 2000). A taxa de passagem (K_p) de sólidos representados por grãos e a taxa de passagem da fase líquida foram determinados pelas seguintes equações. Todas as equações apresentadas a seguir foram publicadas por CANNAS et al., (2004).

$$K_p [\text{grãos}] = 1,572 * K_p [\text{forragem}] - 0,925 \quad (26)$$

$$K_p [\text{líquidos}] = 0,976 * K_p [\text{grão}] + 3,516 \quad (27)$$

A cinética ruminal foi ajustada individualmente para cada alimento por um fator de correção (FC) baseado no tamanho de partícula utilizando a fibra fisicamente efetiva (peNDF) de cada alimento (MERTENS, 1997).

$$FC [\text{grãos}] = 100 / (\text{peNDF} + 90) \quad (28)$$

O coeficiente de digestibilidade dos nutrientes (proteína, fibra em detergente neutro e matéria orgânica) apresentado pelo sistema SRNS foi estimado por meio de dados de 13 publicações comparadas com as estimativas do CNCPS-Sheep. Por exemplo, para a estimativa do coeficiente de digestibilidade da proteína foi estimado o teor de proteína nas fezes pela seguinte equação.

$$PB_{\text{fecal}} = F-PB_U + F-PB_{M+E} = F-PB_U + 90 \times IMS \text{ (kg/dia)} \quad (29)$$

Em que:

$F-PB_U$ = proteína indegradável nas fezes de origem alimentar estimado pelo CNCPS-Cattle e corrigida pela taxa de passagem (K_p) predita, g/dia;

$F-PB_{M+E}$ = somatório da proteína endógena e microbiana, g/dia;

90 = gramas de proteína endógena e microbiana nas fezes estimada. (BOEKHOLT, 1976; WALDO; GLENN, 1984)

O custo uréia representa o quanto de energia (Mcal de EL_m /dia) é utilizada para eliminar o excesso de nitrogênio não utilizado pelo animal. Segundo modelo SRNS[®] é definido pela equação (FOX et al., 2003):

$$Ur\acute{e}ia = ((g \text{ balan\c{c}o de N ruminal} - g \text{ N reciclado} + g \text{ do excesso de N da PM}) * 0,0073) * k_{m e} \quad (30)$$

Em que:

PM = proteína metabolizável;

N = nitrogênio reciclado de origem do NRC (1985);

$k_{m e}$ = eficiência de conversão de energia metabolizável para energia líquida de manutenção, definida como 0,644.

A estimativa do balanço de proteína metabolizável (PM) do sistema SRNS é baseada pela seguinte equação.

$$\text{Balan\c{c}o PM} = \text{PM consumida} - (\text{PM}_m + \text{PM}_c + \text{PM}_l + \text{PM}_g) \quad (31)$$

Em que:

PM_m = exigência proteína metabolizável para manutenção (g/d);

PM_c = proteína metabolizável para crescimento

PM_l = proteína metabolizável para lactação;

PM_g = proteína metabolizável para gestação.

E desta mesma equação deriva-se.

$$PM_m = (a/0,60) + (b/K_{m p}) + (c/ K_{m p}) \quad (32)$$

Em que:

a = perda de proteína endógena pela epiderme em g/d;

$$a = (Iã * 1000) / 365 \quad (33)$$

b = proteína endógena de origem urinária em g/d;

$$b = (0,147 * PV + 3,375) \quad (34)$$

c = proteína endógena de origem fecal em g/d;

$$c = (15,2 * IMS) \quad (35)$$

$K_{m p}$ = eficiência de conversão de proteína metabolizável para proteína líquida de manutenção;

$$K_{m p} = 0,67 \quad (36)$$

A equação da proteína metabolizável para crescimento é a seguinte.

$$PM_c = (PN_p / K_{g p} * PN) / 1000 \quad (37)$$

Em que:

PN_p = proteína ao peso de nascimento;

$$PN_p = 0,92 * EBG \quad (38)$$

EBG = proteína de ganho de peso vazio;

$$\text{EBG} = (212 - 4 * \text{taxa ajustada de perda de ganho}) - (120 - 4 * \text{taxa ajustada de perda de ganho}) / (1 + (\text{EXP} (-6 * (\text{proteína} - 0,4))))); \quad (39)$$

$K_{g,p}$ = eficiência de conversão de proteína metabolizável para proteína líquida de ganho;

$$K_{g,p} = 0,7$$

3.8.2 Predições de desempenho

A estimativa de consumo de cordeiros em crescimento pelo modelo SRNS é determinado pela seguinte equação.

$$\text{IMS} = - 0,124 + 0,0711 * \text{PV}_{\text{jejum}}^{0,75} + 0,0015 * \text{PV}_c \quad (40)$$

Em que:

PV_c = mudança de PV em g/d.

Desta equação deriva-se.

$$\text{PV}_c = [\text{RE} / (0,92 * \text{EVG})] * 1000 \quad (41)$$

Em que:

RE = energia líquida disponível para ganho, Mcal/d

EVG = conteúdo de energia do ganho de corpo vazio, Mcal de energia líquida de ganho por kg.

O método de avaliação da condição corporal em ovinos foi desenvolvido na Inglaterra por Russel et al. (1969) e baseia-se na palpação da região dorsal da coluna vertebral, verificando a quantidade de gordura e músculo encontrada no ângulo formado pelos processos dorsais e transversos. Dessa forma, são atribuídos valores de 1 a 5 em que 1 representa animal caquético e 5 o animal obeso. Sendo as predições de ganho de peso do modelo SRNS baseadas na condição corporal 2,5.

As previsões de ganho de peso diário (GPD) pelo sistema SRNS foram baseadas no modelo CSIRO (1990) com algumas modificações propostas por Freer et al. (1997) e apresentado simplificadamente pela equação abaixo:

$$\text{GPD} = (\text{RE}) / (\text{EVG} * 0,92) \quad (42)$$

Sendo:

$$\text{RE} = (\text{ME}_i - \text{ME}_m) * K_g; \quad (43)$$

ME_i = ingestão de energia metabolizável;

ME_m = energia metabolizável de manutenção;

$$\text{ME}_m = (\text{PV}_{\text{jejum}}^{0,75} * 0,062 * a_2 * \exp(-0,03 * \text{idade}) + \text{Atividade} + \text{EL}_{\text{extra}} + \text{uréia}) / 0,644 \quad (44)$$

a_2 = ajuste pela temperatura prévia;

$$a_2 = 1 + 0,0091 * (20 - \text{temperatura média do mês})$$

idade = em anos;

$$\text{Atividade} = 0,00062 * \text{PV}_{\text{jejum}} * \text{distância no plano} + 0,00669 * \text{PV}_{\text{jejum}} * \text{distância em terreno inclinado} \quad (45)$$

EL_{extra} = energia líquida extra para contrabalanço do estresse pelo frio. Segundo Blaxter (1977), o estresse pelo calor tem efeito direto na energia líquida para manutenção, porém o modelo SRNS não contempla essa equação de ajuste no modelo.

K_g = eficiência de conversão de energia metabolizável para energia líquida de ganho, Tedeschi et al. (2004);

$$K_g = (3) / (4 + 11 * \text{RE}_p) \quad (46)$$

RE_p = energia retida como proteína. Segundo Tedeschi et al. (2004) corresponde aproximadamente a 20% da energia líquida total disponível para ganho.

$$\text{EVG} = (27 / (1 + e^{-6 * (P - 0,4)}) * 0,239; \quad (47)$$

$P = (\text{PV cheio em kg}) / (\text{Peso maduro em condição corporal } 3,0 \text{ em kg}).$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização química e física das fontes protéicas

As principais análises bromatológicas dos ingredientes protéicos utilizados nos ensaios experimentais, além de alguns parâmetros físicos como o tamanho médio de partículas (TMP), a densidade (Den), a capacidade de retenção de água (CRA) e a solubilidade (Solub), estão disponíveis na Tabela 2.

Os carboidratos não estruturais (CNE) foram estimados pela equação $100 - (PB + FDN_{ncp} + EE + MM)$, sendo a FDN_{ncp} a fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteínas (SNIFFEN et al., 1992). Uma das principais modificações realizadas durante a formulação das rações, além de alterar a porcentagem de PB, FDN e EE dos ingredientes protéicos foi alterar a concentração de amido (%CNE). O amido de todas as fontes protéicas deste estudo encontrados na biblioteca do SRNS[®] apresentava como 90% dos CNE superestimando assim, a participação do amido como carboidrato não estrutural.

O FSO e o FAL apresentaram elevada concentração de proteína (52,0 e 42,0% MS) como comumente observada (49,0 e 38,0%). Em relação à fração lipídica, o FAM apresentou em relação aos demais farelos, alta concentração de extrato etéreo (14,2%). Como observado na Tabela 1, os teores de extrato etéreo das rações experimentais foram inferiores a 5,1%, indicando estar entre os valores seguros para não comprometer os microrganismos ruminais. Contudo, a energia metabolizável da dieta com o FAM foi 94, 164 e 148 Mcal/kg superior as dietas com o FSO, FCA e FAL, respectivamente.

O FSO e o FAM apresentaram teores semelhantes de parede celular representado pela fibra em detergente neutro com valores médios de 11,8 e 14,2% devido principalmente ao seu maior conteúdo celular (proteína e amido) em relação ao FCA e ao FAL. Estes farelos por sua vez apresentaram teores de parede celular também semelhante entre si, com teores médios de 28,0 e 22,5%. Entretanto, ao analisar os teores de FDN e FDA dos farelos de canola e algodão, o farelo de canola exibiu relativamente uma fibra de melhor qualidade em relação ao farelo de algodão com maiores teores de hemicelulose (Tabela 2).

Tabela 2 - Composição percentual, química e física das fontes protéicas

Nutrientes %MS	Fontes protéicas			
	FSO	FAM	FCA	FAL
Parâmetros Químicos				
MS (%)	90,0	96,0	90,4	92,0
MM (%)	6,7	6,0	6,2	6,6
PB (%)	52,0	49,2	44,5	42,0
EE (%)	0,6	14,2	2,3	2,4
FDN (%)	11,8	14,2	28,0	22,5
FDA (%)	10,0	10,2	19,4	18,5
Hemicelulose (%)	1,7	4,0	8,6	4,0
Amido (%)	3,9	11,4	4,3	1,6
Carboidratos não estruturais (CNE)	28,7	16,2	18,6	26,2
Amido (%) CNE	13,5	69,8	23,0	6,0
Pectina ¹ (%)	7,5	7,8	2,9	5,8
Frações nitrogenadas ² (% PB)				
A	14,0	13,7	11,8	13,1
B1	13,1	12,7	10,9	12,1
B2	70,5	71,3	71,4	72,0
B3	0,4	0,3	0,3	0,2
C	2,0	2,0	5,6	2,6
Parâmetros Físicos				
Tamanho médio de partículas (mm)	1,200	1,466	0,703	1,104
Densidade (kg L ⁻¹ MS)	0,706	0,708	0,612	0,700
Densidade da fibra mordantada (kg L ⁻¹ MS)	0,571	0,575	0,498	0,566
Capacidade de retenção de água (L/kg ⁻¹ MS)	3,500	3,700	4,100	3,800
Solubilidade (%MS)	21,000	20,000	18,600	16,400

¹ Análise realizada no Laboratório de Bromatologia – FZEA/USP, Pirassununga – SP. ² Fração A= fração solúvel, B1= fração rapidamente degradável, B2= fração de degradação intermediária, B3= fração de degradação lenta e C= fração indegradável. FSO = farelo de soja, FAM = farelo de amendoim, FCA = farelo de canola, FAL = farelo de algodão

Em complementação ao estudo do tamanho médio de partículas, na Tabela 3 encontra-se disponível a distribuição do tamanho de partículas nas diferentes peneiras, afim de, auxiliar as possíveis perdas por lavagem no ensaio da determinação da fração solúvel no estudo da degradabilidade *in situ*.

Tabela 3 - Distribuição percentual do tamanho de partículas das fontes protéicas em diferentes grupos de peneiras

	Tratamentos ¹			
	FSO	FAM	FCA	FAL
	% retida nas peneiras			
2,00 mm	4,44	23,82	1,92	7,49
1,00 mm	51,20	29,70	13,53	38,94
0,84 mm	15,17	7,09	8,69	10,54
0,42 mm	22,74	37,67	46,44	24,36
0,25 mm	3,76	0,52	16,05	10,18
Fundo (<0,25 mm)	2,68	1,20	13,37	8,49

¹ FSO= farelo de soja; FAM= farelo de amendoim; FCA= farelo de canola; FAL= farelo de algodão.

O FSO e o FAM revelaram teores médios de 7,5 e 7,8% de pectina na MS e o FCA e o FAL teores médios de 2,9 e 5,8%, respectivamente. O principal modulador do teor de pectina em diferentes lotes de farelo de soja é a concentração da casca de soja separada no processamento do grão de soja e devolvida ao farelo. Entretanto, o lote de farelo de soja utilizado no presente experimento apresentou alta concentração de proteína (52%) e provavelmente o teor de pectina da casca de soja comumente encontrado na literatura (8,8%) NRC (2001) esteja sendo subestimado, pois lotes de FSO com alta proporção de PB podem apresentar alta proporção de pectina. Os valores de pectina no farelo de soja (Tabela 2) foram semelhantes aos obtidos por Honig e Rackis (1979) que encontraram teores médios de 8% em estudos de determinação de fibra dietética em não-ruminantes.

Além de considerável teor de pectina o farelo de amendoim exibiu alto conteúdo de energia na forma de carboidratos não estruturais, principalmente o amido com 11,4% de MS e/ou 69,8% de amido em % CNE.

As frações nitrogenadas dos farelos em estudos quantificadas pelo sistema de Cornell apresentaram pequena variação. Quanto maiores às concentrações de parede celular do alimento, maiores foram às concentrações de fração indegradável C como verificado no FCA e ligeiramente no FAL. Contudo, o tipo de processamento para a obtenção do farelo tem forte influência na proporção de nitrogênio indegradável.

A Densidade Bulk (Den) foi negativamente correlacionada com o teor de parede celular (FDN) dos farelos protéicos, como observado pelos dados gerados da equação 48. Demonstrando que quanto maior o teor de FDN menor a densidade do alimento e menor a solubilidade como observado por Giger-Reverdin (2000). Este comportamento foi bem elucidado para o FCA, entretanto menos expressivo para o FAL.

$$\text{Den} = 0,774 - 0,483 \text{ FDN (kg}^{-1} \text{ MS)} \quad (48)$$

($R^2 = 0,594$; $n = 16$)

Ao avaliar todos os parâmetros físicos por estudo de regressão múltipla constatou-se elevado coeficiente de determinação da curva, sendo possível estimar a capacidade de retenção de água (CRA) através dos demais parâmetros físicos como apresentado pela equação 49.

$$\text{CRA} = 9,768 - 9,277(\text{Den}) - 0,103(\text{Solub}) + 2,049(\text{TMP}) \quad (49)$$

($R^2 = 1,00$; $n = 16$).

Em que:

TMP = tamanho médio de partícula

A fonte protéica que apresentou numericamente maior CRA foi o FCA. A mesma não exibiu maior proporção de amido e pectina, porém ofereceu numericamente menor densidade em relação aos demais tratamentos (Tabela 2). Segundo Giger-Reverdin (2000), geralmente alimentos com alta capacidade de retenção de água apresentam menor densidade. Isso pode ser devido ao fato que baixa densidade significa bolsas de ar entre a matrix da parede celular e estas podem reter água quando em excesso no rúmen, tendo maior capacidade de enchimento, menor taxa de trânsito, porém, maior

tempo para a ação das enzimas dos microrganismos e conseqüentemente, maior degradabilidade.

Neste contexto, entre os parâmetros químicos e físicos associados na capacidade de retenção de água dos farelos avaliados, o principal parâmetro dessa variável foi a densidade dos alimentos, mesmo reconhecido o alto poder de retenção de água da pectina.

4.2 Estudos metabólicos

4.2.1 Degradabilidade *in situ*

4.2.1.1 Degradabilidade da dieta total

Aproximadamente 50% da MS foram degradados até 12 horas de incubação, provavelmente devido à alta concentração de grãos associado à disponibilidade de energia e nitrogênio para a ação dos microrganismos.

A fração zero hora, que caracteriza a fração prontamente solúvel, foi semelhante entre os tratamentos, ou seja, a perda por lavagem não diferiu entre as rações (Tabela 4). A taxa de degradação (K_d) é o principal determinante da disponibilidade de energia e proteína para os microrganismos, além da taxa de passagem (K_p) pelo rúmen, podendo influenciar a eficiência e a quantidade de proteína microbiana sintetizada. Contudo, não foi observada diferença significativa ($P > 0,05$) na taxa de degradação da MS das rações experimentais e muito menos na degradabilidade potencial.

A mensuração da degradabilidade no rúmen, sem considerar a taxa de passagem, pode superestimar a extensão da degradação, já que as partículas dos alimentos estão sujeitas à passagem para o compartimento seguinte, antes de ser completamente degradado. Devido a esse fato, o modelo de Orskov e McDonald (1979), pelo cálculo da degradabilidade efetiva, considera a velocidade do alimento no trato gastrointestinal.

Tabela 4 - Degradação *in situ* da matéria seca da ração total de borregos alimentados com diferentes fontes protéicas

Parâmetros	Rações				*EP
	FSO	FAM	FCA	FAL	
a (%)	27,97 ^a	27,78 ^a	26,74 ^a	25,67 ^a	1,40
b (%)	54,45 ^a	54,17 ^a	54,05 ^a	53,38 ^a	1,17
c (%)	17,58 ^b	18,05 ^b	19,21 ^b	20,94 ^a	1,86
Kd (%/h)	5,33 ^a	5,37 ^a	5,17 ^a	4,15 ^a	2,69
¹ Kp (%/h)	5,20 ^a	4,70 ^a	4,30 ^b	5,50 ^a	0,05
DP	82,00 ^a	81,52 ^a	80,40 ^a	77,95 ^a	2,20
DE (kp)	55,41 ^a	56,48 ^a	56,23 ^a	48,57 ^b	3,98

a= fração prontamente solúvel, b= fração insolúvel potencialmente degradável, c= fração indegradável, Kd= taxa de degradação, ¹Kp= taxa de passagem, determinada pela técnica de cromo mordente, DP= degradabilidade potencial, DE= degradabilidade efetiva. *EP= erro padrão da diferença entre as médias. ^{a,b} médias seguidas por letras diferentes, nas linhas, diferem entre si (P< 0,05). FSO = farelo de soja, FAM = farelo de amendoim, FCA = farelo de canola, FAL = farelo de algodão

A dieta com FAL apresentou maior fração indegradável (c) (P<0,05), o que refletiu, sobretudo em menor degradabilidade efetiva, em aproximadamente 13,26% em relação às demais rações. Quanto à menor DE da MS e conseqüentemente da matéria orgânica, considerando que os teores de matéria mineral da dieta foram semelhantes (Tabela 1), existem algumas hipóteses que podem ser exploradas. A menor degradabilidade da matéria orgânica, juntamente com a menor digestibilidade da matéria orgânica no trato digestório total pode refletir a eficiência de síntese de proteína microbiana e a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC).

O fornecimento de ração com alta proporção de grão não prejudicou o ambiente ruminal quanto à degradação da fibra em detergente neutro das rações apresentando degradabilidade potencial superior a 60% (Tabela 5).

Teoricamente, a proporção da fração “a” na FDN deveria ser próxima a zero, por tratar-se de uma fração prontamente solúvel no rúmen no tempo zero de incubação. Contudo, o modelo estimou teores médios da fração “a” de 21,0%. Possivelmente, esse fato deve-se a perda de partículas durante a lavagem.

Tabela 5 - Degradabilidade *in situ* da fibra em detergente neutro da ração total de borregos alimentados com diferentes fontes protéicas

Parâmetros	Rações				
	FSO	FAM	FCA	FAL	*EP
a (%)	21,60 ^a	21,55 ^a	20,93 ^a	21,20 ^a	3,56
b (%)	44,97 ^a	43,90 ^a	42,85 ^a	41,36 ^a	6,53
c (%)	33,43 ^b	34,54 ^b	36,22 ^{b a}	37,46 ^a	4,50
Kd (%/h)	4,49 ^a	4,34 ^a	5,40 ^a	3,16 ^b	0,68
¹ Kp (%/h)	5,20 ^a	4,70 ^a	4,30 ^b	5,50 ^a	0,05
DP	65,30 ^a	64,74 ^a	63,35 ^a	60,44 ^b	2,32
DE (kp)	41,94 ^a	42,58 ^a	44,33 ^a	36,26 ^b	2,49

a= fração prontamente solúvel, b= fração insolúvel potencialmente degradável, c= fração indegradável, Kd= taxa de degradação, ¹Kp= taxa de passagem, determinada pela técnica de cromo mordente, DP= degradabilidade potencial, DE= degradabilidade efetiva. *EP= erro padrão da diferença entre as médias. ^{a,b} médias seguidas por letras diferentes, nas linhas, diferem entre si (P< 0,05). FSO = farelo de soja, FAM = farelo de amendoim, FCA = farelo de canola, FAL = farelo de algodão

As rações experimentais apresentaram à mesma relação volumoso: concentrado, porém, teores médios de FDN diferentes como apresentado na Tabela 1. Em média, 20% de FDN para as rações com FSO e FAM, e 22% para as rações com FCA e FAL. Como observado na Tabela 2, esse fato foi devido à proporção de FDN das fontes protéicas, com teores médios de 13% para o FSO e FAM e 25,2% para FCA e FAL. Contudo, a dieta com o FCA apresentou maior DE da FDN em relação à dieta com FAL. A explicação mais plausível é a proporção dos constituintes da parede celular, em especial a hemicelulose presente em maior proporção no farelo de canola. Em ruminantes, a maior parte da celulose é digerida no rúmen enquanto considerável porção da hemicelulose escapa desse compartimento, sendo então fermentada nos intestinos (VAN SOEST, 1994).

Sobretudo, cabe ressaltar que o FAL apresentou maior taxa de passagem que o FCA com valores de 5,5/h e 4,3%/h, respectivamente. Diante disso, além da qualidade da fibra entre as duas rações quanto à proporção dos constituintes, o menor tempo de exposição do alimento aos microrganismos ruminais proporcionou menor taxa de degradação (Kd) da dieta com o farelo de algodão e menor degradabilidade efetiva em aproximadamente 15,57% (Tabela 5).

As rações com FSO e FAM apresentaram maior fração nitrogenada prontamente solúvel (a) (Tabela 6) corroborando com os maiores valores numéricos da fração (a)

dos ingredientes farelo de soja e farelo de amendoim (Tabela 2). O mesmo comportamento foi verificado para a fração indegradável (c) exibindo maiores proporções dessa fração para as rações com FCA e FAL (Tabela 6) o que está de acordo com os maiores valores numérico da fração indegradável (c) ingredientes farelos de canola e algodão Tabela 2.

Tabela 6 - Degradabilidade *in situ* da fração nitrogenada da ração total de borregos alimentados com diferentes fontes protéicas

Parâmetros	Rações				
	FSO	FAM	FCA	FAL	*EP
a (%)	24,52 ^a	22,26 ^a	21,34 ^b	21,14 ^b	0,79
b (%)	69,22 ^a	67,30 ^a	67,15 ^a	65,19 ^a	1,96
c (%)	6,26 ^c	10,44 ^b	11,51 ^{ab}	13,67 ^a	1,10
Kd (%/h)	4,21 ^a	5,34 ^a	5,08 ^a	3,93 ^a	2,29
¹ Kp (%/h)	5,20 ^a	4,70 ^a	4,30 ^b	5,50 ^a	0,05
DP	92,50 ^a	89,05 ^a	87,98 ^a	84,72 ^b	1,05
DE (kp)	55,47 ^a	57,90 ^a	57,70 ^a	48,26 ^b	3,62

a= fração prontamente solúvel, b= fração insolúvel potencialmente degradável, c= fração indegradável, Kd= taxa de degradação, ¹Kp= taxa de passagem, determinada pela técnica de cromo mordente, DP= degradabilidade potencial, DE= degradabilidade efetiva. *EP= erro padrão da diferença entre as médias. ^{a,b} médias seguidas por letras diferentes, nas linhas, diferem entre si (P< 0,05). FSO = farelo de soja, FAM = farelo de amendoim, FCA = farelo de canola, FAL = farelo de algodão

Embora a taxa de degradação da fração fibrosa ter sido diferente (P<0,05) entre as rações, não foi observada diferença (P>0,05) na taxa de degradação da fração nitrogenada. Porém, foi verificada diferença (P<0,05) na DE. A ração com FAL ofereceu menor degradabilidade efetiva em relação às demais rações em aproximadamente 15,3%, devido não somente a maior taxa de passagem, mas devido à maior proporção de nitrogênio aderido à parede celular (NIDN) que compõem a fração de degradação intermediária B2 (Tabela 2).

Um dos principais fatores na determinação da degradabilidade da fração nitrogenada é conhecer a fração não degradável no rúmen. Inúmeros trabalhos na literatura têm demonstrado variação significativa na comparação de dados devido à contaminação do resíduo indegradável por proteína microbiana Crooker et al. (1987); Cottrill (1993) e Erasmus et al. (1994). Dessa forma, os parâmetros da degradabilidade

da fração nitrogenada foram corrigidos pela contaminação da proteína microbiana segundo a metodologia proposta por Mass et al. (1999) como apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 - Degradabilidade *in situ* da fração nitrogenada corrigida pela contaminação microbiana da ração total de borregos alimentados com diferentes fontes protéicas

Parâmetros	Rações				
	FSO	FAM	FCA	FAL	*EP
a (%)	24,52 ^a	22,26 ^a	21,34 ^b	21,14 ^b	0,79
b (%)	71,22 ^a	67,30 ^a	67,00 ^a	65,19 ^a	2,46
c (%)	4,26 ^c	10,44 ^b	11,65 ^{ab}	13,67 ^a	2,66
Kd (%/h)	4,56 ^b	6,13 ^a	6,26 ^a	4,61 ^b	2,79
¹ Kp (%/h)	5,20 ^a	4,70 ^a	4,30 ^b	5,50 ^a	0,05
DP	94,82 ^a	89,33 ^a	88,13 ^a	85,51 ^b	1,97
DE (kp)	57,77 ^a	60,24 ^a	60,91 ^a	50,82 ^b	3,33

a= fração prontamente solúvel, b= fração insolúvel potencialmente degradável, c= fração indegradável, Kd= taxa de degradação, ¹Kp= taxa de passagem, determinada pela técnica de cromo mordente, DP= degradabilidade potencial, DE= degradabilidade efetiva. *EP= erro padrão da diferença entre as médias. ^{a,b} médias seguidas por letras diferentes, nas linhas, diferem entre si (P< 0,05). FSO = farelo de soja, FAM = farelo de amendoim, FCA = farelo de canola, FAL = farelo de algodão

Avaliando as Tabelas 6 e 7 que representaram a degradabilidade da fração nitrogenada sem e com a correção do nitrogênio microbiano (NM), o maior efeito da contaminação, de forma mais homogênea entre as rações, foi verificado na taxa de degradação e na degradabilidade efetiva. A contaminação microbiana subestimou a taxa de degradação (Kd) em 7,67%, 12,88%, 18,85% e 14,75% para as rações com FSO, FAM, FCA e FAL, respectivamente (Tabela 6). Sendo o mesmo observado para a degradabilidade efetiva (DE) encontrando valores subestimados na ordem de 3,98%, 3,88%, 5,27% e 7,15% para as rações com FSO, FAM, FCA e FAL, respectivamente em relação aos resultados da Tabela 7.

Sem a correção da degradabilidade da fração nitrogenada pelo NM, não foi observado diferença (P>0,05) entre os tratamentos para a taxa de degradação. Entretanto, após a correção do NM foi detectado diferença (P<0,05) na taxa de degradação da fração nitrogenada das rações experimentais com valores médios de 6,2%/h para as rações com farelo de amendoim e farelo de canola e valores médios de 4,6%/h para as rações com farelo de soja e farelo de algodão (Tabela 7).

Milis et al. (2007) em estudo de degradabilidade *in situ* para a estimativa da digestibilidade da proteína com e sem correção microbiana do farelo de soja, do farelo de glúten de milho e torta de algodão concluíram que a correção é necessária devido à subestimativa da proteína indegradável. Os valores de degradabilidade efetiva para essas fontes protéicas corrigidas para a contaminação microbiana apresentaram incremento de 5,3 a 28,3% na degradabilidade efetiva.

4.2.1.2 Degradabilidade *in situ* da MS das fontes protéicas

Nos parâmetros da degradabilidade da MS das fontes protéicas o FAM apresentou substancialmente maior fração prontamente solúvel (a) ou material não degradado e perdido pela lavagem em relação as demais fontes protéicas (Tabela 8).

Tabela 8 - Degradação *in situ* da matéria seca das diferentes fontes protéicas

Parâmetros	Fontes protéicas				
	FSO	FAM	FCA	FAL	*EP
a (%)	29,20 ^b	41,82 ^a	26,00 ^c	23,65 ^c	1,74
b (%)	52,65 ^a	51,43 ^a	46,17 ^b	40,28 ^c	2,68
c (%)	18,16 ^c	6,75 ^d	27,83 ^b	36,07 ^a	0,63
Kd (%/h)	6,15 ^b	9,63 ^a	6,73 ^b	6,35 ^b	5,40
¹ Kp (%/h)	5,20 ^a	4,70 ^a	4,30 ^b	5,50 ^a	0,05
DP	81,53 ^b	93,13 ^a	72,05 ^c	63,80 ^d	1,66
DE (kp)	57,38 ^b	75,58 ^a	54,06 ^b	45,14 ^c	5,00

a= fração prontamente solúvel, b= fração insolúvel potencialmente degradável, c= fração indegradável, Kd= taxa de degradação, ¹Kp= taxa de passagem, determinada pela técnica de cromo mordente, DP= degradabilidade potencial, DE= degradabilidade efetiva. *EP= erro padrão da diferença entre as médias. ^{a,b} médias seguidas por letras diferentes, nas linhas, diferem entre si (P< 0,05). FSO = farelo de soja, FAM = farelo de amendoim, FCA = farelo de canola, FAL = farelo de algodão

Entre os parâmetros físicos avaliados, os dados de pesquisas tem mostrado, além da solubilidade, grande participação do TMP na determinação dessa fração em estudos de degradabilidade (EZEQUIEL; GALATI, 2007). Entretanto, como verificado na Tabela 2, o tamanho médio de partícula (TMP) foi de 1,2; 1,5; 0,7 e 1,1 mm para os ingredientes FSO, FAM, FCA e FAL, respectivamente. Considerando a porosidade da malha utilizada no ensaio de degradabilidade de 50 µm e observando o somatório das porcentagens de partículas retidas nas peneiras 0,42; 0,25 e menor que 0,25 mm

(Tabela 3), os farelos apresentaram as seguintes proporções: 29,2%, 39,4%, 75,8% e 43,0% para FSO, FAM, FCA e FAL, respectivamente.

O farelo de canola com menor TMP e maior porcentagem de partículas inferiores a 0,84 mm não refletiu em maior fração prontamente solúvel, valores estes coerentes quando analisado o parâmetro físico de solubilidade da MS de 21,0; 20,0; 17,6 e 16,4% para FSO, FAM, FCA e FAL, respectivamente, (Tabela 2). A fonte protéica que apresentou maior fração solúvel foi o FAM (Tabela 8). Como os ingredientes protéicos foram incubados no seu tamanho de partícula original sem o processamento de moagem, a explicação mais plausível para a menor solubilidade do FCA pode ser devido a maior CRA de 4,1 L/kg⁻¹MS em relação a 3,7 L/kg⁻¹MS do FAM (Tabela 2). A maior capacidade de retenção de água amenizou a perda de partículas pela porosidade da malha com a lavagem.

A superestimativa da fração solúvel (a) subestima a fração potencialmente degradável (b) e superestima a degradabilidade efetiva. Esses resultados, sugerem que provavelmente a solubilidade do farelo de amendoim determinada laboratorialmente seja o principal modulador da fração prontamente solúvel (a) estimado pela lavagem dos sacos de náilon independentemente do TMP. Os dados laboratoriais de solubilidade apresentaram mais coerentes que os dados da lavagem do resíduo não incubado no rúmen dos animais.

Goes et al. (2004), ao avaliarem a degradabilidade ruminal de diferentes ingredientes em novilhos fistulados no rúmen verificaram solubilidade da matéria seca, pelo método da lavagem dos sacos de náilon, do farelo de amendoim de 20,0% e uma degradabilidade efetiva (DE) de 60,8% a taxa de passagem (Kp) de 5%/h, valores diferentes aos encontrados no presente experimentos com dados médios de 41,82% de solubilidade e 75,82% de DE.

Kamalak et al. (2005) ao avaliarem a degradabilidade de diferentes fontes protéicas em ovinos fistulados no rúmen verificaram solubilidade da matéria seca, pelo método da lavagem dos sacos de náilon do farelo de soja e do farelo de algodão de 25,1% e 19,5% e uma degradabilidade efetiva a 5%/h de 54,8% e 44,0% respectivamente, valores próximos aos obtidos no presente estudo.

Os dados da fração (c) evidencia maior proporção da fração indegradável ($P < 0,05$) para o FCA e FAL. O reflexo dessa fração pode ser explicado em maior parte pela proporção de fibra em detergente ácido (19%) encontrado nesses farelos em relação aos presentes nos farelos de soja e amendoim (10%) (Tabela 2).

O farelo de amendoim apresentou superioridade de 50,2% na taxa de degradação e de 44,8% na degradabilidade efetiva em relação aos demais farelos protéicos ($P < 0,05$). Essa maior degradabilidade foi comprovada pela baixa proporção de fração indegradável (c) apresentado na Tabela 8. A composição bromatológica dos farelos, evidenciou menores teores de FDN e FDA e maiores teores de PB e amido para FAM (Tabela 2), ou seja, menor parede celular e mais energia e proteína para a degradação da MS. A concentração de 14% de lipídeos no farelo de amendoim não proporcionou redução na degradabilidade da matéria seca.

Analisando os resultados da densidade, solubilidade, TMP e CRA em relação a degradabilidade efetiva (DE) das fontes protéicas por intermédio de análises de regressão constatou-se que a média geral entre os tratamentos foi de 58% de DE (Tabela 9).

Entre os parâmetros físicos ponderados, somente a solubilidade e a CRA proporcionaram efeito significativo na degradabilidade efetiva ($P < 0,05$), o que podemos deduzir que quanto maior a solubilidade e a CRA maior a degradabilidade efetiva da matéria seca das fontes protéicas, evidenciado pelas equações de regressão $-19,962 + 4,106(\text{Solub})$ e $53,231 + 29,281(\text{CRA})$ (Tabela 9). Alimentos que oferecem maior solubilidade da matéria seca concomitantemente dispõem de maior fração potencialmente degradável e menor fração indegradável (Tabela 8).

Segundo Giger-Reverdin (2000), geralmente alimentos com alta capacidade de retenção de água apresentam menor densidade. Isso pode ser devido ao fato que baixa densidade significa bolsas de ar entre a matrix da parede celular e estas podem reter água quando em excesso no rúmen, tendo maior capacidade de enchimento, menor taxa de trânsito, porém maior tempo para a ação das enzimas dos microrganismo e consequentemente maior degradabilidade.

Tabela 9 - Análise de regressão da degradabilidade ruminal das fontes protéicas e seus respectivos parâmetros físicos

Variável	Parâmetros físicos			
	Densidade (Den)	Solubilidade (Solub)	TMP	CRA
DE=	11,718+	-19,962 +	28,801 +	53,231 + 29,281(CRA)
	67,893(Den)	4,106(Solub)	26,078(TMP)	
*EP	51,34	1,31	9,80	9,49
Pr > F	0,38	<0,05	0,16	< 0,02
R ²	0,05	0,41	0,42	0,45

DE: degradabilidade efetiva; TMP: tamanho médio de partículas; CRA: capacidade de retenção de água, *EP: erro padrão

Embora a densidade não tenha exibido efeito significativo ($P > 0,05$) na degradabilidade efetiva (DE), a equação de regressão comprovou que quanto maior a densidade maior a DE da fonte protéica. Nesse sentido verifica-se que alimentos com maior parede celular (FDN) apresentam menor densidade (Tabela 2) o que reflete em menor degradabilidade da MS (Tabela 8) como observado para o FAL.

Segundo a análise de regressão da (DE) com o TMP (Tabela 9) evidencia que quanto maior o TMP maior a degradabilidade. Contudo, o efeito biológico dessa variável é antagônico a essa afirmação, provavelmente pelo maior valor numérico do TMP do FAM contra a DE enfocada pelo modelo matemático. Neste contexto, o TMP com esses respectivos alimentos não foi o principal parâmetro da degradação da digesta.

Contudo, na análise de regressão múltipla, que contemplou os três parâmetros físicos (densidade, solubilidade, TMP) explicaram aproximadamente 91% da interação desses parâmetros com a degradabilidade como representado pela seguinte equação:

$$(R^2 = 0,915)$$

$$DE = 212,65 - 377,96 (\text{Den}) + 1,43 (\text{Solub}) + 67,96 (\text{TMP}) \quad (50)$$

4.2.2 Parâmetros ruminais

4.2.2.1 Valores de pH ruminal, nitrogênio amoniacal, e ácidos graxos de cadeia curta

De acordo com Hoover (1986), moderada depressão no pH, a valor de aproximadamente 6,0, resulta em pequeno decréscimo na digestão da fibra, mas a população de microrganismos fibrolíticos geralmente não é afetada. Entretanto, decréscimos a valores de 5,5 - 5,0 resultam em depressão nas taxas de crescimento e redução dos microrganismos fibrolíticos e a digestão da fibra pode ser completamente inibida. Os valores de pH ruminal das rações experimentais foram semelhantes entre si ($P>0,05$), e próximos de 6,0 como apresentado na Tabela 10.

Segundo Cullen et al. (1986), por meio da técnica da digestibilidade *in vitro*, estudaram a relação entre os carboidratos solúveis de vários açúcares, grãos e subprodutos sobre o abaixamento do pH. Os autores verificaram que o pH é reduzido principalmente pela fermentação das pentoses (arabinoses e xilose) proveniente da digestão da hemicelulose e da pectina.

Tabela 10 - Valores de pH ruminal e concentração molar de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), e dos ácidos graxo de cadeia curta (AGCC), no fluido ruminal de borregos recebendo diferentes fontes protéicas

Parâmetros	Tratamentos				*EP
	FSO	FAM	FCA	FAL	
pH	5,90 ^a	6,00 ^a	5,90 ^a	5,90 ^a	1,99
N-NH ₃ (mg/dL)	11,50 ^b	15,40 ^a	9,30 ^b	8,50 ^b	1,64
AGCC total (mM/L)	82,10 ^a	66,40 ^b	72,90 ^a	77,90 ^a	3,26

*EP: erro padrão. a, b médias seguidas por letras diferentes, nas linhas, diferem entre si ($P<0,05$). FSO= farelo de soja; FAM= farelo de amendoim; FCA= farelo de canola e FAL= farelo de algodão.

Segundo Church (1993), o valor do pH ruminal pode ser mantido por meio do poder de neutralização exercido pela saliva, ou diminuído em decorrência da produção de ácidos. Nota-se queda acentuada no pH ruminal pós-prandial (Figura 8A) para todos os tratamentos. Essa queda do pH foi acompanhada de crescente produção de AGCC

(Figura 8C) como observado para a dieta com FSO devido à presença de alta concentração de CNF.

Houve ausência de efeito significativo no pH ruminal para as diferentes fontes protéicas entre as rações provavelmente, pelo consumo de FDN próximos entre os tratamento avaliados, não apresentando assim nem efeito de pH e nem de carboidratos no processo de digestão. Porém, foi observado efeito ($P < 0,05$) na degradabilidade efetiva da matéria seca e da fibra em detergente neutro para a dieta com FAL em relação às demais fontes protéicas. É provável que o efeito tenha sido mais influenciado pelo aspecto qualitativo da FDN do FSO, FAM e FCA que pelo próprio pH ruminal.

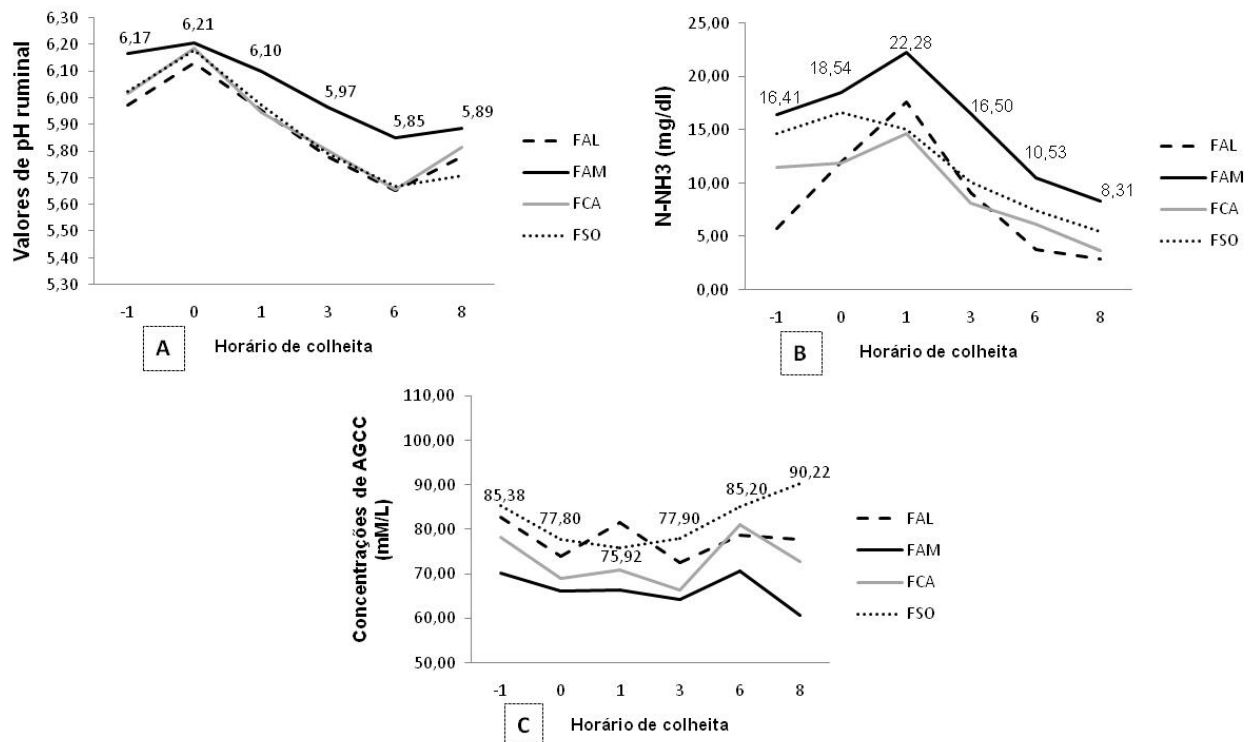


Figura 8 - Evolução temporal do pH, das concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e do ácido graxo de cadeia curta (AGCC) total no fluido ruminal de cordeiros recebendo diferentes fontes protéicas, farelo de soja (FSO), farelo de amendoim (FAM), farelo de canola (FCA) e farelo de algodão (FAL)

Ao reparar a evolução temporal do pH ruminal, (Figura 8A), torna-se notável que a dieta com FAM apresentou maior valor de pH ao longo das horas, entre as duas refeições diárias, em relação as demais dietas. Dois nutrientes podem proporcionar forte impacto no pH ruminal. A concentração elevada de CNE, que pode promover a

queda do pH, ou a concentração de EE, que pode inibir a fermentação ruminal quando próxima ou superior a 6% na MS. É presumível que a queda do pH a 5,7 seis horas após a alimentação nas rações com FSO, FCA e FAL, seja devido à concentração de CNE (Tabela 2).

Provavelmente, o maior valor do pH ruminal verificado no início da alimentação está relacionado à baixa quantidade de nutrientes disponíveis para o metabolismo microbiano ruminal e à atividade de ruminação dos animais, a qual estimula a produção de saliva, o que segundo Allen (1997) é um importante mecanismo para remoção do íon H^+ da solução ruminal, pois contém carbonato que ligado ao H^+ forma água e CO_2 . Por outro lado, a queda no pH ruminal após o início da alimentação pode ser justificada pelo aumento de carboidratos altamente fermentescíveis no rúmen provenientes das rações e, conseqüente produção dos ácidos graxos de cadeia curta, os quais com o passar do tempo são absorvidos pelo epitélio ruminal, explicando também a redução nos valores de pH ruminal (Figura 8A).

A concentração de $N-NH_3$ (Figura 8B) no rúmen apresentou pico uma hora após a alimentação, entretanto, a dieta com o FSO, devido a sua alta solubilidade e concentração de proteína altamente solúvel apresentou pico de $N-NH_3$ logo após a alimentação, antes de uma hora. Certos fatores podem estar envolvidos nessa avaliação, como a energia da dieta, e o número de refeições que propicia maior fermentação dos carboidratos e proteínas no rúmen.

O padrão fermentativo da ração com FAM demonstrou certas particularidades. A concentração dos ácidos graxos de cadeia curta e nitrogênio amoniacal foi 14,46% menor, e 36,58% maior as demais rações, respectivamente (Tabela 10). Na Tabela 1 evidencia que as dietas eram isoproteicas, com algumas diferenças nas concentrações de amido e teores médios de EE de 3,1% para o FSO, FCA e FAL e 5,1% para a dieta com FAM, mas a densidade energética das rações foi semelhante.

A maior concentração de CNE em especial o amido no FAM não abaixou o pH dessa ração, porém, acumulou alguns metabólicos como o nitrogênio amoniacal. Segundos Campos (2004), a maior concentração de CNE diminui a digestibilidade da MS por competição de enzimas, sendo posteriormente abordado. A menor produção de AGCC (Figura 8C) na ração com o FAM pode estar alicerçada a concentração de EE

inibindo a fermentação ou a concentração de CNE em especial o amido acumulando N-NH₃ em excesso no rúmen.

Hart e Glimp (1991), ao avaliarem o processamento do grão de milho para ovinos alimentados com 90% de concentrado, encontraram concentração molar total de ácidos graxos de cadeia curta de 79,5 mM/L e 90,3 mM/L para as rações com milho inteiro e moído peletizado respectivamente. Valores estes próximos aos obtidos no presente estudo (Tabela 10 e Figura 8C).

A determinação das concentrações de amônia permite o conhecimento do desbalanceamento na digestão de proteína ou desequilíbrio entre produção, absorção e utilização pelos microrganismos, pois, quando ocorrem altas concentrações de amônia, pode estar havendo excesso de proteína dietética degradada no rúmen (PDR) e, ou, baixa concentração de carboidratos degradados no rúmen. Concentrações mais altas de amônia podem ser necessárias para sustentar máximas taxas de digestão de alimentos rapidamente degradáveis (HESPELL; BRYANT, 1979). Entretanto, na Tabela 4 observando a taxa de degradação da MS (Kd %/h) foram semelhantes entre si. Contudo, a ração com FAM exibiu maior concentração de amido (Tabela 1), porém, tal fato não refletiu em maior taxa de degradação o que pode estar relacionado à concentração de carboidratos não estruturais no farelo de amendoim ou excesso de PDR.

A maioria das bactérias ruminais é capaz de utilizar N-NH₃ como fonte de nitrogênio para a síntese de proteína microbiana, mas a fermentação ruminal de proteínas produz em excesso o N-NH₃ e os microrganismos não o utilizam freqüentemente. Parte do excesso de amônia produzido após a alimentação é absorvido e retomado ao rúmen via saliva, ou pela parede ruminal (HUNTINGTON; ARCHIBEQUE, 1999) e/ou até mesmo ser reciclado no intestino grosso. Embora, essa reciclagem para a porção final do trato gastrointestinal não seja muito desejável devido à perda de proteína microbiana nas fezes.

4.2.2.2 Estratificação dos principais ácido graxo de cadeia curta (AGCC)

Dos ácidos graxos de cadeia curta apresentados na Tabela 10, o ácido acético esteve presente em maior concentração no fluido ruminal representado em média 55,0%, 54,5%, 55,80% e 56,50% dos ácidos totais no FSO, FAM, FCA e FAL, respectivamente. As rações com o FCA e o FAM apresentaram menor proporção de ácido acético, propiônico em relação às rações com o FSO e FAL. Em relação à concentração dos iso-ácidos (isobutirato e isovalerato) não foi verificada diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos, correspondendo a somente 0,4% e 1,4% da concentração total de ácidos graxos de cadeia curta (Tabela 11).

Tabela 11 - Concentração molar dos ácidos graxo de cadeia curta (AGCC): acético (C2), propiônico (C3), iso-butírico (IC4), butírico (C4), iso-valérico (IC5) e valérico (C5) no fluido ruminal de borregos recebendo diferentes fontes protéicas

AGCC (mM/L)	Tratamentos				
	FSO	FAM	FCA	FAL	*EP
C2	45,15 ^a	36,25 ^b	40,72 ^b	44,10 ^a	1,55
C3	26,85 ^a	21,10 ^b	22,32 ^b	22,56 ^b	2,16
IC4	0,30 ^a	0,30 ^a	0,20 ^a	0,30 ^a	0,05
C4	8,00 ^b	7,15 ^b	8,02 ^b	9,05 ^a	0,47
IC5	1,00 ^a	0,92 ^a	1,05 ^a	1,25 ^a	0,10
C5	0,80 ^a	0,72 ^a	0,62 ^b	0,80 ^a	0,05
Relação C2/C3	1,70	1,70	1,80	1,90	-

*EP: erro padrão. a,b médias seguidas por letras diferentes, nas linhas, diferem entre si ($P<0,05$). FSO= farelo de soja; FAM= farelo de amendoim; FCA= farelo de canola e FAL= farelo de algodão.

As rações experimentais ostentaram em média 40,0% de amido e aproximadamente 6,0% de pectina. Boa parte da pectina foi oriunda dos 18% de polpa cítrica na MS da dieta, que em média é composta por 25-30% de pectina. As rações experimentais foram formuladas aproximadamente para uma relação de 3:1 milho:polpa cítrica. A combinação destes ingredientes proporcionou a relação acetato:propionato de 1,7 a 1,9 (Tabela 11). A proximidade da proporção destes ácidos graxos no rúmen pode demonstrar maior equilíbrio no ambiente microbiano, melhor fermentação ruminal e provavelmente melhor eficiência microbiana.

De acordo com Church (1993), apesar das grandes oscilações na população microbiana e das diferenças no consumo de alimento, as proporções entre os ácidos

graxos voláteis no rúmen (acético, propiônico e butírico) se mantêm notadamente estáveis, com proporções geralmente próximas de 50:40:10 para rações ricas em concentrados, dependendo do pH. No presente estudo, essas proporções foram em média 55:31:11 semelhante entre as quatro rações.

A evolução temporal dos principais AGCC estão graficamente representado nas (Figuras 9 e 10).

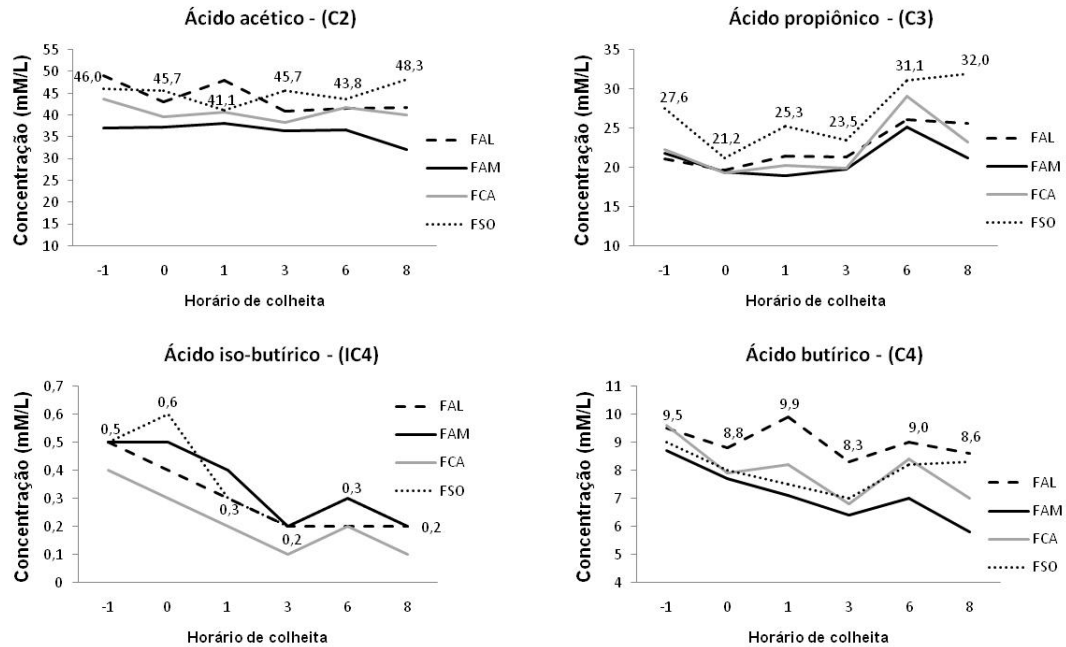


Figura 9 - Evolução temporal das concentrações ruminais de ácido acético, propiônico, iso-butírico e butírico no líquido ruminal de cordeiros recebendo diferentes fontes protéicas

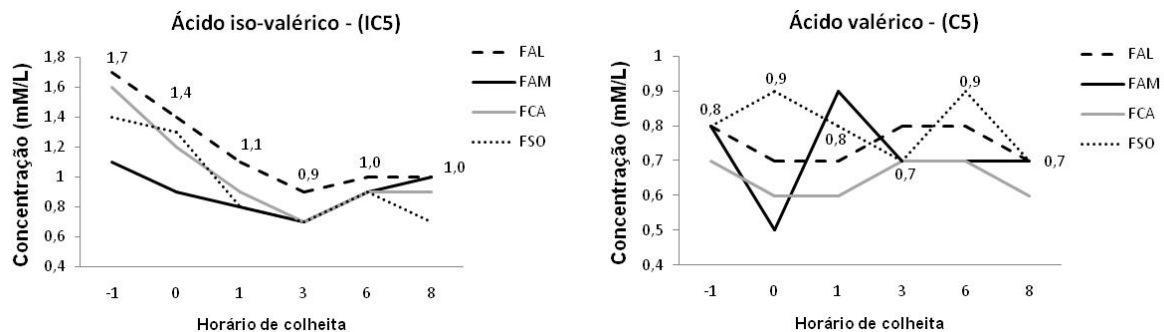


Figura 10 - Evolução temporal das concentrações ruminais de ácido iso-valérico, valérico no líquido ruminal de cordeiros recebendo diferentes fontes protéicas

Segundo Rupp et al. (1994), a remoção dos AGCC no retículo-rúmen ocorre por duas formas: por absorção na parede ruminal ou por absorção na mucosa omasal. Cerca de 50% são removidos por absorção pela parede do órgão e o restante passa para o omaso juntamente com a fase fluída do rúmen antes do duodeno.

Ao longo do tempo ocorreu maior concentração do ácido C3 para o FSO e maior concentração de C4 para o FAL, sendo esses ácidos graxos de grande importância para o desenvolvimento das papilas ruminais (Tabela 11). Segundo Leng (1970) a síntese de butirato pode ocorrer no rúmen a partir do acetato ou de outros compostos que resultem em acetil-CoA, como o piruvato ou glutamato. Segundo Fahey e Berger (1993), a conversão de acetato para butirato tem como finalidade oxidar co-fatores reduzidos, para que assim, possa haver continuidade no processo de fermentação ruminal.

4.2.3 Digestibilidade aparente do trato digestório total

Não foi encontrada diferença ($P>0,05$) no consumo de MS, MO, PB e do amido, bem como para a digestibilidade aparente destes nutrientes com as diferentes fontes protéicas, com exceção para a digestibilidade da PB (Tabela 12). A semelhança do consumo de PB entre os tratamentos foi em função dos animais terem apresentado o mesmo consumo de MS e pela razão das rações terem sido formuladas com teores de proteína similares. A digestibilidade da PB da dieta com FAL foi 8,15% inferior ($P<0,05$) a digestibilidade da fração protéica das demais rações. O mesmo comportamento foi verificado com a degradação ruminal efetiva da PB da dieta com FAL, sendo 14,8% inferior as demais rações (Tabela 6).

Trabalho semelhante foi realizado no Paquistão por Khan et al. (1997) que ao avaliarem o farelo de soja, o farelo de canola e o farelo de algodão com cordeiros da raça Afghani, recebendo rações de 65% de concentrado e 13,6% de PB, encontraram diferença ($P<0,05$) na digestibilidade da PB, sendo inferior para a dieta com FAL na ordem de 4,2% em relação as demais fontes protéicas.

Tabela 12 - Consumo e digestibilidade aparente no trato digestório total (DATT) de nutrientes de diferentes fontes protéicas em rações de borregos

Itens	Tratamentos				*EP
	FSO	FAM	FCA	FAL	
	Matéria seca				
Consumo, kg/dia	1,18	1,29	1,21	1,36	-
Consumo, %PV	2,60	2,60	2,50	2,60	0,26
DATT,%	76,08	73,58	75,37	70,79	5,10
	Matéria orgânica				
Consumo, kg/dia	1,17	1,28	1,20	1,35	0,25
DATT,%	77,11	74,61	76,40	71,81	5,05
	Proteína				
Consumo, kg/dia	0,20	0,20	0,19	0,21	0,34
DATT,%	72,73 ^a	70,15 ^a	71,54 ^a	65,65 ^b	2,47
Nitrogênio nas fezes, (%MS)	2,79	2,84	2,93	3,02	-
	Amido				
Consumo, kg/dia	0,49	0,56	0,49	0,52	0,23
DATT,%	99,49	99,23	99,54	99,30	1,05
Amido nas fezes, (%MS)	0,76	1,15	0,67	0,80	-
	Fibra em detergente neutro				
Consumo, kg/dia	0,22	0,24	0,27	0,25	0,12
DATT,%	48,70 ^a	36,31 ^b	45,24 ^a	29,50 ^b	3,37

*EP: erro padrão. a,b médias seguidas por letras diferentes, nas linhas, diferem entre si (P<0,05). FSO= farelo de soja; FAM= farelo de amendoim; FCA= farelo de canola e FAL= farelo de algodão.

Segundo Lukas et al. (2005), ao analisarem 445 ensaios de digestão com bovinos, observaram que a concentração de nitrogênio fecal pôde explicar 82% da variação da digestibilidade da matéria orgânica de rações a base de forragens. Contudo, Zinn et al. (2007), ao avaliarem 32 ensaios metabólicos com bovinos recebendo rações com alta proporção de grãos, verificaram que rações com digestibilidade do amido superior a 95% podem ser estimadas utilizando a concentração de nitrogênio fecal e a concentração de amido fecal.

Considerando essa possibilidade, foi realizado no presente trabalho, análises de regressões dos teores de nitrogênio fecal, amido fecal, matéria seca fecal e digestibilidade aparente do amido no trato digestório total (Tabela 13).

Tabela 13 - Análise de regressão do nitrogênio e amido fecal e a digestibilidade aparente do amido do trato digestório total

Parâmetros avaliados			
	Nitrogênio fecal (NF)	AD e AF	AF
EMSF=	$-140,77 + 119,80 * (NF) - 21,36 * (NF)^2$	-	-
*EP	10,8	-	-
Pr > F	>0,12	-	-
R ²	0,14	-	-
DAATT=	-	$100,02 - 26,74 * [(AF) / (AD)]$	$99,9 - 0,612 * (AF)$
*EP	-	0,004	0,006
Pr > F	-	<0,01	<0,01
R ²	-	0,93	0,89

EMSF = excreção de matéria seca fecal; DAATT = digestibilidade aparente do amido no trato digestório total; AD = amido da dieta; AF = amido fecal

Inicialmente, procedeu-se a estimativa da excreção de MS fecal pela concentração de nitrogênio nas fezes como recomendado por Zinn et al. (2007). Segundo esses autores, o nitrogênio fecal explica aproximadamente 35% da variação da excreção de matéria seca nas fezes apresentando efeito ($P < 0,01$) entre essas variáveis, representado pela seguinte equação: $93,8 - 49,7 NF + 8,53 NF^2$.

Contudo, no presente estudo não foi observado efeito ($P > 0,05$) entre a concentração de nitrogênio nas fezes (NF) e a excreção de MS fecal em porcentagem do ingerido nos estudos de regressão e apresentou R² de 0,14. Neste caso, o nitrogênio fecal não foi um bom indicador para se estimar a excreção de MS das fezes em ovinos. Entretanto, o amido fecal (AF) explicou aproximadamente 89% da digestibilidade do amido no trato digestório total e altamente significativo ($P < 0,01$), podendo este ser utilizado como única fonte de marcador para a estimativa da digestibilidade do amido de rações de alta proporção de grãos em rações de ovinos, mediante uso da seguinte equação: $99,9 - 0,612 * (AF)$. Quanto maior a excreção de amido nas fezes, menor a digestibilidade do amido no trato digestório total como verificado na Tabela 13.

A introdução do teor de amido dietético na equação de regressão para estimar a digestibilidade do amido aumentou o coeficiente de determinação de 89% para 93%, sendo representado pela seguinte equação $100,02 - 26,74 * [(AF) / (AD)]$. Ao substituir a concentração de amido fecal (AF) (Tabela 12) e o amido da dieta (AD) (Tabela 1) nessa equação tem-se a digestibilidade do amido no trato digestório total. Na Figura 11 encontra-se graficamente representado o valor da digestibilidade do amido no trato

digestório total e a estimativa da digestibilidade desse nutriente estimado por essa equação.



Figura 11- Relação entre a digestibilidade do amido no trato digestório total predito e observado no ensaio metabólico

Quase a totalidade do amido das rações experimentais (99,39%) foi metabolizada no trato gastrointestinal (Tabela 12). Segundo Huntington (1994), cerca de 92% a 99% do amido do milho é digerido no trato gastrointestinal de ruminantes, e 5% a 20% do amido consumido é digerido no intestino delgado (PONCET et al., 1995). Entretanto, Hart e Glimp (1991), ao avaliarem grão de milho inteiro ou moído peletizado para ovinos alimentados com 90% de concentrado obtiveram 85% de digestibilidade do amido e não encontraram diferença ($P > 0,05$) nessa variável e também no consumo de matéria seca para os diferentes processamentos do grão de milho. Contudo, verificaram que a produção de AGCC para a dieta com o milho moído foi 12% superior que a dieta com milho inteiro.

Sindt et al. (1993), ao estudarem rações à base de milho quebrado ou sorgo finamente moído para novilhos, constataram que a taxa de desaparecimento do amido e a extensão da digestão às 12 e 18 horas foi maior no sorgo finamente moído do que no milho quebrado ($P < 0,01$).

O amido que entra no intestino delgado bem como os peptídeos, arabinosídeos, dextrinas de baixo peso molecular tem a habilidade de alterar as condições físicas deste compartimento como, por exemplo, a viscosidade da digesta. Essa condição física restringe o acesso das enzimas que digerem os substratos (BEDFORD, 1996). Nesse sentido, o amido que deixa o íleo e for fermentado no intestino grosso é energeticamente ineficiente (HARMON; McLEOD, 2001). A eficiência de utilização, determinada como moles de adenosina trifosfato, e absorção de glicose, produzida pela hidrólise enzimática do amido no intestino delgado, é maior que a energia disponível dos ácidos graxos voláteis produzidos na fermentação do amido (STREETER et al., 1991).

As rações do presente ensaio experimental continham aproximadamente 40,0% de amido e milho moído com tamanho médio de partícula de 1,4 mm (Tabela 1) e foi constatado que somente 0,84% desse amido foi perdido nas fezes (Tabela 12). Alguns ensaios experimentais foram desenvolvidos avaliando milho grão inteiro, quebrado e moído para ovinos (HART; GLIMP, 1991; HEJAZI et al., 1999; BOLZAN et al., 2007), não encontrando diferença significativa no consumo e digestibilidade da MS. Entretanto, nenhum trabalho menciona a eficiência de utilização do amido, ou seja, as perdas desse nutriente nas fezes.

Ensaio experimental com diferentes grupos genéticos de bovinos confinados com 72% de concentrado, e tamanho médio de partículas do milho de aproximadamente 2,2 mm, apresentou excreção de amido fecal de 14,7% para a raça Nelore e 11,3% para a raça Caracu, com consumo de matéria seca semelhante entre as raças, (SANTIN et al., 2007). Segundo NRC (2001), o milho quebrado apresenta 85% de nutrientes digestíveis totais (NDT) e o milho moído 89% de NDT. Teixeira et al. (1996), ao estudarem a degradabilidade *in situ* do milho moído e quebrado concluíram que a degradabilidade efetiva da matéria seca e a taxa de degradação foram superiores na forma moída, numa taxa de passagem de 5% por hora. Valendo a pena reiterar que a proporção de volumoso na dieta, a taxa de passagem, o tipo de processamento do grão, e o tipo de manejo alimentar é a regra geral para maximizar o uso de amido em ruminantes.

Segundo McDonald (1981), os ovinos são mais eficientes na mastigação e ruminação que os bovinos, reduzindo grãos inteiros a tamanho semelhante ao grão

moído. Orskov (1990) sugere que pequenos ruminantes (ovinos, caprinos) e bovinos de até 150 kg de PV, que os grãos devam ser fornecidos inteiros, estimulando maior mastigação e ruminação, aumentando a produção salivar e diminuindo as oscilações de pH ruminal.

Contudo, o fornecimento do milho moído aos borregos com rações de 90% de concentrado e alta taxa de passagem assegurou pequena proporção de amido nas fezes, e sem o uso de aditivo tamponante, o pH ruminal permaneceu próximo de 6 (Tabela 10), comprovando que a moagem além de reduzir a seletividade no consumo da ração não prejudicou a efetividade física da dieta em resposta ao valor de pH.

Segundo Minson (1990), a digestibilidade aparente de um alimento não considera a matéria metabólica fecal, representada principalmente pelas secreções endógenas, contaminação por microrganismos e descamações do epitélio, dessa forma, para a porção fibrosa do alimento os valores de digestibilidade verdadeira e aparente são iguais, uma vez que não há produção endógena desse composto no organismo animal.

A digestibilidade da fibra em detergente neutro foi inferior ($P < 0,05$) para as rações com o FAM e para o FAL em relação às rações com o FSO e com o FCA. Dessa maneira, a degradabilidade efetiva da FDN da dieta com o FAL foi 15,57% inferior as demais rações (Tabela 5). No trato digestório total a menor digestibilidade da fibra das rações com FAL persistiu, sendo 37,19% inferior as rações com FSO e com o FCA. Fato que comprova que o farelo de canola e o farelo de algodão possuem fibra, do ponto de vista quantitativo, semelhantes, entretanto, a menor taxa de passagem encontrada na dieta com o farelo de canola pode ter maximizado a degradação e a digestão desse nutriente ao longo do trato digestório.

A dieta com o FAM devido a sua concentração de extrato etéreo não proporcionou menor degradabilidade ruminal da fibra (Tabela 5), entretanto, na porção do trato digestório total a digestibilidade da fibra foi 22,7% inferior as rações com FSO e com o FCA. Segundo Piwonka e Firkins (1996) e Campos (2004), a digestão da fibra pode ser afetada pela concentração de carboidratos solúveis ou pela própria competição por sítios enzimáticos. O aumento de celubiose no ambiente ocorre redução de transportadores de xilose e arabinose com redução da ação das enzimas

do metabolismo das pentoses. O aumento de glucose inibe a arabinose permease, e a glucose e a xilose dividem o mesmo sistema de transporte.

Neste contexto, a dieta com FAM continha maior proporção de amido (Tabela 1) e maior proporção de amido nas fezes (Tabela 12), sendo provável a maior concentração de glucose via amido no intestino o que pode ter diminuído a digestibilidade da fibra na porção final do trato digestório.

4.2.4 Balanço de nitrogênio

O consumo de N e o nitrogênio excretado na urina (g/dia) não tiveram efeito ($P>0,05$) entre os tratamentos (Tabela 14), entretanto o N fecal da dieta com FAL foi 23% superior as demais rações ($P<0,05$). Em outras proporções, o N fecal da dieta com FAL representou 34,6% do nitrogênio ingerido. Esse comportamento foi justificado pela maior proporção de proteína indegradável (C), menor degradabilidade efetiva (Tabela 6) e menor digestibilidade no trato digestório total (Tabela 12). O principal responsável dessa maior excreção de nitrogênio nas fezes pode estar relacionado à maior taxa de passagem (Tabela 6).

Tabela 14 - Balanço de nitrogênio de borregos alimentados com diferentes fontes protéicas

Itens	Tratamentos ¹				*EP
	FSO	FAM	FCA	FAL	
N ingerido, g/dia	31,32	32,39	30,48	33,84	2,79
N fecal, g/dia	9,00 ^b	9,74 ^b	8,27 ^b	11,70 ^a	0,88
N urinário, g/dia	10,43	11,05	11,54	11,82	1,49
N absorvido, g/dia	22,32	22,31	22,21	22,15	6,54
N retido, g/dia	11,89	11,65	10,66	10,33	1,35
Balanço N absorvido, (%)	52,93	51,36	48,13	46,70	2,12
Balanço N ingerido, (%)	37,72	36,16	34,98	30,51	1,04

*EP: erro padrão. a,b médias seguidas por letras diferentes, nas linhas, diferem entre si ($P<0,05$). 1- FSO = farelo de soja; FAM = farelo de amendoim; FCA = farelo de canola e FAL = farelo de algodão.

Mesmo a dieta com FAM ter apresentado maior concentração de nitrogênio amoniacal em relação às demais rações (Tabela 10) não foi verificada maior concentração de nitrogênio perdido na urina e/ou menor proporção de nitrogênio retido (Tabela 16). Segundo Santoso et al. (2004) a correlação de nitrogênio amoniacal no rúmen e a concentração de nitrogênio na urina foi de 0,57. No rúmen o nitrogênio amoniacal está presente em duas formas, amônia (NH_3) ou amônio (NH_4^+). Em condições de baixo pH ruminal, condição naturalmente encontrada em rações de alta proporção de grãos, ocorre maior produção do íon NH_4^+ , que possui menor taxa de absorção pelo epitélio ruminal em relação à forma não ionizada NH_3 , e conforme o pH ruminal aumenta tem-se maior produção de NH_3 (SANTOS, 2006).

As reduções das perdas de nitrogênio na urina contribuem para a redução do impacto ambiental na produção animal, pois o nitrogênio contribui para a poluição de amônia no ar e de nitrato na água. Segundo (TAMMINGA, 1992), a uréia na urina é rapidamente convertida em amônia por ureases que estão presentes no ambiente e nas fezes. Em condições aeróbias na superfície do solo a amônia é convertida em nitrato e em condições anaeróbias dentro do solo, o nitrato pode ser convertido em gases N_2 .

De acordo com Owens e Zinn (1988) a retenção de N, demonstra boa estimativa da quantidade de N que estará disponível para a deposição de tecidos corporais. Nesse sentido, no presente experimento o nitrogênio absorvido g/dia das rações experimentais foram semelhantes e representaram 69,5% do nitrogênio ingerido (Tabela 14). O balanço de nitrogênio absorvido que compreende o quando do N absorvido foi retido (%) nas diferentes rações foi de 49,8%, valor inferior aos dados observados por Henrique et al. (2003) que foi de 55,6%, em ensaio experimental com rações de 80% de concentrado para cordeiros. Segundo Van Soest (1994) quando o nível de ingestão de N é adequado, grande proporção do N metabolizado pelo animal é reciclado para o rúmen, via saliva ou por difusão através da parede ruminal. E, pequena quantidade do N é convertida em uréia e excretada via urina.

Em ensaio experimental avaliando os efeitos da proteína de escape ruminal sob o balanço de nitrogênio de rações com diferentes proporções de farelo de canola para cordeiros com aproximadamente 12% PB, Matras et al. (1990) encontraram balanço de nitrogênio absorvido na ordem de 49,3%, concentração de nitrogênio fecal de 7,1 g/dia

e digestibilidade da PB de 53,5%, valores estes próximos aos obtidos no presente estudo com exceção da digestibilidade da PB da dieta com farelo de canola que foi de 72,73% (Tabela 12).

4.2.5 Taxa de passagem

A saída das partículas alimentares do retículo-rúmen é determinada, principalmente, pelo tamanho e pela densidade dessas partículas (WEIDNER; GRANT, 1994), que estão, por sua vez, intrinsecamente associados à degradabilidade do alimento oferecido. O destino do alimento é determinado, em última análise, pelas taxas de fermentação e de passagem (WALDO; SMITH, 1972). A taxa de fermentação é uma propriedade inerente ao alimento, enquanto a taxa de passagem pode ser regulada pela ingestão de alimento, pelo processamento ou pelo tamanho da partícula e pelo tipo de alimento que será consumido (RUSSELL et al., 1992).

Na Figura 12 encontra-se o espectro de raios X das fezes de ovinos alimentados com farelo de algodão mordantado como marcador de fase sólida e cobalto-EDTA como marcador de fase líquida determinados por espectrometria de fluorescência de raios X dispersiva em energia (EDXRF). O cromo e o cobalto começaram a ser detectados nas fezes dos borregos a partir da coleta de 9 horas após a introdução de Cr-FDN e Co-EDTA no rúmen.

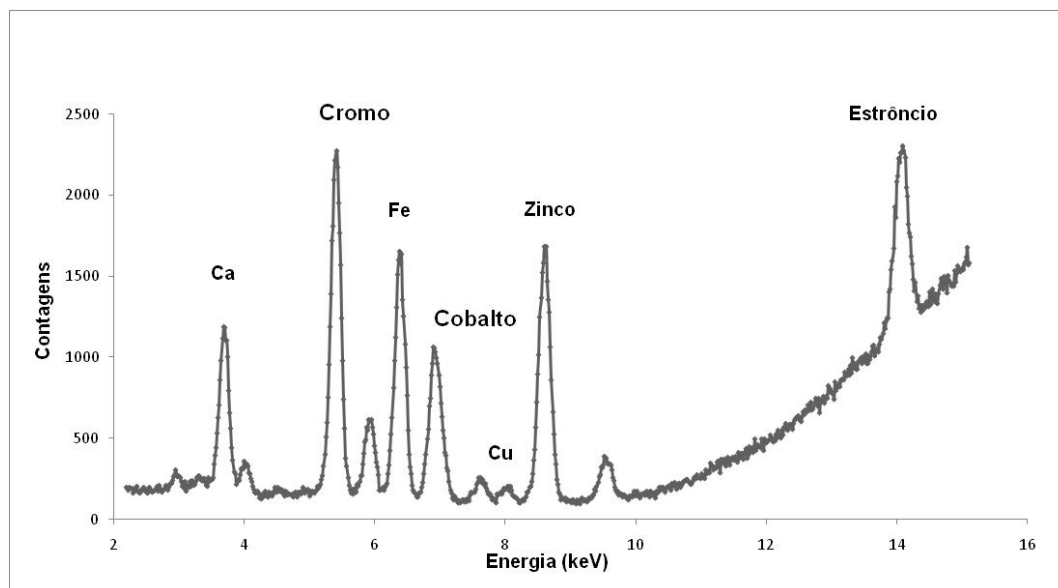


Figura 12 - Espectro de raios X dos elementos cromo e cobalto em amostras de fezes de ovinos determinados por espectrometria de fluorescência de raios X dispersiva em energia (EDXRF)

Conhecido as concentrações dos elementos nas fezes ao longo do tempo e feito o ajuste dos dados pelo modelo de Grovum e Williams (1973), o mesmo foi interpretado como sendo dois compartimentos de mistura responsáveis pela velocidade do fluxo, *pool 1* assumido como rúmen e *pool 2* como o ceco.

4.2.5.1 Fase sólida

A taxa de passagem da fase sólida, ou seja, a velocidade que o conteúdo alimentar ingerido passa pelo trato digestório estão apresentados na Tabela 15. A taxa de passagem no rúmen pelo modelo de Grovum e Williams (1973) é denominada de (K_1), sendo semelhante ao denominado por (K_p) nos ensaios de degradabilidade. A taxa de passagem K_1 ou K_p foi aproximadamente 8,4% menor ($P < 0,05$) para a dieta com o FCA em relação às demais rações. Ao analisar a densidade das fontes protéicas (Tabela 2) verifica-se que os farelos de soja, amendoim e algodão apresentaram maior densidade em relação ao farelo de canola e paralelamente maior taxa de passagem (k_1).

Tabela 15 - Cinética da taxa de passagem de sólidos em (horas) da digesta de ovinos alimentados com diferentes fontes protéicas

Parâmetros	Tratamentos				*EP
	FSO	FAM	FCA	FAL	
K ₁ %h	5,20 ^a	4,70 ^a	4,30 ^b	5,50 ^a	0,05
K ₂ %h	23,50 ^a	14,20 ^a	18,80 ^a	09,08 ^a	2,06
TT	0,71 ^a	0,74 ^a	0,66 ^b	0,64 ^b	0,04
TMR _{pool1}	19,44 ^b	21,50 ^a	23,54 ^a	18,34 ^b	1,33
TMR _{pool2}	4,51 ^b	7,50 ^b	5,88 ^b	11,41 ^a	1,05
TMRT	24,66 ^b	29,75 ^a	30,07 ^a	30,39 ^a	0,51

K₁ e K₂: taxa de trânsito pelos *pools* 1 (rúmen) e 2 (ceco); TT: tempo de trânsito; TMR_{pool1} e TMR_{pool2}: tempo médio de retenção nos *pools* 1 e 2; TMRT: tempo médio de retenção total

*EP: erro padrão. ^{a,b} médias seguidas por letras diferentes, nas linhas, diferem entre si (P < 0,05). FSO = farelo de soja, FAM = farelo de amendoim, FCA = farelo de canola, FAL = farelo de algodão

Em média, alimentos com baixa densidade, apresentam alto conteúdo de FDN como observado para o FCA (Tabela 2), exibindo maior efeito no enchimento do rúmen que alimentos com alta densidade. Esse comportamento corrobora com as observações de Sing e Narang (1991) que avaliaram algumas forragens. Segundo vários autores, a densidade apresenta grande importância e influência no trânsito da digesta no rúmen e conseqüentemente na ingestão de matéria seca (MONTGOMERY; BAUMGARDT, 1965; EHLE, 1984; WATTIAUX, 1993). Contudo, não foi observado efeito (P > 0,05) no consumo de MS das rações (Tabela 12).

O momento que as primeiras moléculas dos elementos cromo e cobalto saíram nas fezes corresponde ao TT (tempo de trânsito) e foram em média inferiores à uma hora após a introdução dos marcadores com maior velocidade de escape para as rações com o FCA e FAL em relação às rações com FSO e FAM. O tempo médio de retenção dos *pools* 1 e 2 correspondem o comportamento inverso ao do (K) onde tratamentos com maior taxa de passagem (K₁) exibiram menor (TMR). Burger et al. (2000) ao estimarem a taxa de passagem do farelo de soja em bezerros com 90% de concentrado, embora trabalhando como o modelo de Colucci et al. (1990) encontraram TMR dos dois *pools* ou compartimentos de aproximadamente 30 horas semelhante ao observado no presente estudo que foi em média 28 horas.

A dieta com o FSO demonstrou 18% menor tempo médio de retenção no trato gastrointestinal total (TMRT) em relação aos demais tratamentos, entretanto o maior

fluxo da digesta não proporcionou menor digestibilidade da MS entre as rações como apresentado na Tabela 12.

As análises de regressão dos dados em estudo estão apresentadas na Tabela 16 sendo a taxa de passagem (K1) média entre os tratamentos de 4,9%/h.

Tabela 16 - Análise de regressão da taxa de passagem de sólidos da digesta de ovinos alimentados com diferentes fontes proteicas e seus respectivos parâmetros físicos

	Parâmetros físicos			
	Densidade (Den)	Solubilidade (Solub)	TMP	CRA
K1=	0,021 + 0,042 (Den)	0,056 - 0,00035 (Solub)	0,047 + 0,0017 (TMP)	0,124 - 0,020 (CRA)
*EP	0,04	0,02	0,07	0,06
Pr > F	0,34	0,73	0,78	< 0,01
R ²	0,06	0,01	0,05	0,43

K₁: taxa de trânsito pelo *pool* 1; TMP: tamanho médio de partículas; CRA: capacidade de retenção de água, *EP: erro padrão

Após o processo de obtenção da fibra mordantada dos tratamentos experimentais obteve-se a densidade dos farelos proteicos mordantados, sendo 79,8; 81,8; 81,5 e 80% para o FSO, FAM, FCA e FAL, respectivamente em relação a densidade original das fontes proteicas (Tabela 2). As fontes proteicas com maior densidade apresentaram maior taxa de passagem (k1) como representado pela equação de regressão 0,021 + 0,042 (Den) (Tabela 16). Contudo, o único parâmetro físico significativamente ($P < 0,05$) relacionado com a taxa de passagem nas condições do presente experimento foi à capacidade de retenção de água. Segundo Giger-Reverdin (2000), geralmente alimentos com alta capacidade de retenção de água apresentam menor densidade. Isso pode ser devido ao fato que baixa densidade significa haver bolsas de ar entre a matrix da parede celular e estas podem reter água, quando em excesso no rúmen, tendo maior capacidade de enchimento e menor taxa de trânsito (SEOANE et al., 1981). Essas observações estão de acordo com o observado com o farelo de canola (Tabela 2) que apresentou os maiores valores numéricos para a CRA e os menores valores de densidade refletindo em menor taxa de passagem da dieta com essa fonte proteica (Tabela 15).

O tamanho médio de partícula segundo Giger-Reverdin (2000) é fracamente correlacionada com a densidade dos alimentos, devido a heterogeneidade dos mesmos. Teoricamente, alimentos de menor TMP apresentam maior densidade, todavia existem particularidades como observado para o farelo de canola (Tabela 2). Maaroufi et al. (1999) não encontram nenhuma correlação significativa entre esses parâmetros físicos.

Segundo a análise de regressão do (K1) com o TMP (Tabela 16) quanto maior esse parâmetro maior a taxa de passagem. Contudo, o efeito biológico dessa variável é o oposto, provavelmente isso foi comprovado pelo modelo matemático devido ao comportamento contraditório do menor TMP do farelo de canola com a menor taxa de passagem. Neste contexto, o TMP com esses respectivos alimentos não foi o principal modulador do trânsito da digesta.

A solubilidade da MS também não revelou bom indicador na avaliação de estudos no fluxo de digesta no trato gastrointestinal. Porém, a solubilidade da MS foi o melhor modulador ($P < 0,05$) na interpretação da degradabilidade efetiva da MS (Tabela 9) ou na disponibilidade de nutrientes. A análise de regressão da taxa de passagem e a solubilidade revelou que quanto maior a solubilidade menor a taxa de passagem. Alimentos ricos em pectina, como a polpa cítrica apresentam alta solubilidade, entretanto, dietas com altos teores desse subproduto limitam o consumo da matéria seca devido a fatores quimiotáticos ou de efetividade física do alimento causando enchimento ou saciedade aos ruminantes (Henrique et al., 1998; Pereira 2005). As conclusões sob os efeitos da solubilidade na taxa de passagem ainda são pouco pesquisadas na comunidade científica.

Contudo, a análise de regressão múltipla que contemplou os três parâmetros físicos (densidade, solubilidade, TMP) evidenciam que há 56% da interação desses parâmetros com a taxa de passagem, como representado pela seguinte equação: ($R^2 = 0,563$)

$$K1 = 0,186 - 0,208 (\text{Den}) - 0,001 (\text{Solub}) + 0,033 (\text{TMP}) \quad (51)$$

4.2.5.2 Fase líquida

A taxa de passagem da fase líquida, ou seja, a velocidade que o *pool* de microrganismo é renovado no ambiente ruminal é estimada pelo uso de marcadores.

Associando a taxa de passagem no *pool 1* (rúmen) da fase sólida e da fase líquida obtida com os ensaios de marcadores foi observado pequena superioridade da renovação de microrganismos pela taxa de passagem da fase líquida em relação ao trânsito de sólidos (Tabelas 17 e 15). Comportamento semelhante foi obtido por Burger et al. (2000) avaliando a taxa de passagem do farelo de soja em bezerros alimentados com diferentes teores de concentrado. Tanto na taxa de passagem de sólidos e de líquidos foi verificado maior taxa de passagem em 60% de concentrado e uma redução da taxa de passagem após 75 e 90% de concentrado na dieta de bezerros. No teor máximo de concentrado (90%) foi verificada taxa de passagem de sólidos de 6,7%/h e taxa de passagem de líquidos de 7,2%/h.

Não foi encontrada diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos para as principais variáveis avaliadas, como taxa de passagem (K_1) e TMRT, inferindo não haver grandes diferenças na renovação do *pool* de microrganismos nas diferentes rações. Do ponto de vista biológico, a comunidade científica tem dado maior ênfase na interpretação do modelo matemático de Grovum e Williams (1973) no *pool 1*, ou seja, o rúmen, devido a característica multicompartimental pós-rúmen não levada em consideração no modelo que considera somente o ceco.

Tabela 17 - Cinética da taxa de passagem de líquidos da digesta de ovinos alimentados com diferentes fontes protéicas

Parâmetros	Tratamentos				*EP
	FSO	FAM	FCA	FAL	
K_1 %h	5,40 ^a	5,10 ^a	5,10 ^a	6,10 ^a	1,06
K_2 %h	27,00 ^a	31,60 ^a	25,50 ^a	12,30 ^b	0,04
TT	0,74 ^a	0,72 ^a	0,72 ^a	0,72 ^a	0,06
TMR_{pool1}	18,70 ^a	19,78 ^a	19,77 ^a	16,50 ^a	1,07
TMR_{pool2}	3,74 ^b	3,73 ^b	3,99 ^b	8,35 ^a	0,50
TMRT	23,18 ^a	24,23 ^a	24,49 ^a	25,57 ^a	0,41

K_1 e K_2 : taxa de trânsito pelos *pools* 1 e 2; TT: tempo de trânsito; TMR_{pool1} e TMR_{pool2} tempo médio de retenção nos *pools* 1 e 2; TMRT: tempo médio de retenção total. *EP: erro padrão. ^{a,b} médias seguidas por letras diferentes, nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$). FSO = farelo de soja, FAM = farelo de amendoim, FCA = farelo de canola, FAL = farelo de algodão

4.2.6 Síntese de proteína microbiana

Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) em nenhum dos parâmetros da excreção dos principais derivados de purina na urina, na síntese de nitrogênio microbiano dos borregos (Tabela 18). O somatório de hipoxantina e xantina foram realizados devido à baixa concentração desse último na urina, como recomendado por International Atomic Energy Agency - IAEA (1997).

Segundo Chen et al. (1992), as perdas endógenas dos derivados de purina aumentam com o peso corporal, e o fornecimento de energia e proteína para o intestino não modifica a excreção urinária de nucleotídeos púricos (FUJIHARA et al., 1987). Neste experimento o peso corporal médio dos animais fistulados foi em torno de 48,0 kg, não encontrando efeito significativo ($P>0,05$) na excreção endógena de derivados de purina entre os tratamentos, tendo em média 12,74 mM/dia. Webster et al. (2003) ao determinarem a síntese de proteína microbiana de ovinos alimentados com rações de diferentes degradabilidades estimaram a excreção de derivados de purina de 12,18 e 12,28 mM/dia para as rações de proteína rapidamente degradável e lentamente degradável, respectivamente.

Tabela 18 - Excreção urinária de derivados de purina (DP), e eficiência de síntese de nitrogênio microbiano (NM) de ovinos alimentados com diferentes fontes protéicas

	Tratamentos ¹				
	FSO	FAM	FCA	FAL	*EP
Excreção de DP, (mM/dia)					
Alantoína	11,15	10,63	10,10	11,17	2,50
Ácido Úrico	0,32	0,37	0,31	0,40	0,08
Hipoxantina + xantina	2,18	1,86	2,01	1,47	0,24
Excreção de creatinina, (mM/dia)	9,07	9,36	10,10	8,90	2,22
Total de DP excretados, (mM/dia)	13,65	12,38	12,46	12,49	3,35
DP:creatinina	1,48	1,32	1,23	1,40	-
DP absorvidos, (mM/dia)	11,56	10,54	10,60	10,62	2,21
Nitrogênio microbiano, (g/dia)	9,92	8,80	9,06	9,08	1,77
Eficiência de síntese de NM, (g/kg DAMOFR ²)	19,80	18,56	18,24	19,45	1,12

1- FSO = farelo de soja; FAM = farelo de amendoim; FCA = farelo de canola e FAL = farelo de algodão. 2 = DAMOFR = digestibilidade aparente da matéria orgânica fermentável no rúmen = 0,65 * ingestão de matéria orgânica digestível (kg) (ARC, 1984), *EP: erro padrão

A alantoína que é o último derivado da degradação dos nucleotídeos púricos (Figura 1), representou em média 84,5% da excreção total dos derivados de purina e o ácido úrico apenas 2,7% (Tabela 18). Misra et al. (2006) ao quantificarem a síntese de proteína microbiana em ovinos recebendo rações com 70% de feno encontraram proporções de alantoína e ácido úrico em relação à excreção total de derivados de purina, de 77% e 20,3%, respectivamente. Segundo Chen e Gomes (1992), a alantoína é o derivado que tem maior participação na excreção total de derivados de purina em ruminantes.

Webster et al. (2003), em experimento de síntese de proteína microbiana em ovinos a partir dos derivados de purina verificaram alto coeficiente de correlação (0,87) entre a excreção total de derivados de purina e a relação derivados de purina:creatinina, confirmando que a dieta não tem efeito sob a excreção de creatinina, podendo ser usado como marcador para estimar a produção de urina (VAGNONI et al., 1997; VALADARES, et al., 1999; RENNO, 1999). Esses mesmos autores, ao avaliarem rações com diferentes degradabilidades da proteína, encontraram relação derivados de purina:creatinina de 1,22 a 1,41 mM/dia, valores estes semelhante ao encontrado no presente experimento que foi de 1,23 a 1,48 (Tabela 18).

Segundo Johnson, Harrison e Riley (1998), o aumento da ingestão de proteína digestível aumenta a excreção de derivados de purina na urina, indicando maior fluxo de proteína microbiana para o duodeno. Contudo, a dieta com FAL apresentou digestibilidade da PB 8,15% inferior as demais rações (Tabela 12), o que não proporcionou menor síntese de nitrogênio microbiano (g/dia) (Tabela 18). A síntese de nitrogênio microbiano no presente trabalho foi de 9,2 g/dia, produção próxima aos achados de Webster et al. (2003) e Santoso et al. (2006) que ao avaliarem a síntese de nitrogênio microbiano em ovinos encontraram valores de 9,7 g/dia e 11,3 g/dia, respectivamente.

Os valores da eficiência de síntese de nitrogênio microbiano de todos os tratamentos perfizeram uma extensão de 18,24 a 19,80 g de N/kg de matéria orgânica fermentável no rúmen, valores similares aos obtidos para concentrado (ARC, 1984) e por Santoso et al. (2006) para ovinos alimentados com silagem e suplementados com *Yucca shidigera*. Segundo Chen e Gomes (1992) a variabilidade na eficiência de

síntese de nitrogênio microbiano é resultado de vários fatores, principalmente ambiente ruminal. Trabalho desenvolvido por Dewhurst e Webster (1992), ao avaliarem aditivos utilizados na nutrição de ruminantes como a monensina sódica e o bicarbonato de sódio verificaram que estes podem afetar a excreção de derivados de purina modificando a atividade microbiana no trato digestório, alterando o conteúdo de ácidos nucleicos e/ou a taxa de passagem de células microbianas do rúmen.

Neste contexto, a taxa de passagem de líquidos (Tabela 17) que representa o quanto do *pool* de microrganismos ou massa microbiana é renovada ou deixa o compartimento ruminal, verificou-se que não houve diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos, o que de fato não refletiu na possível síntese de nitrogênio microbiano (Tabela 18). Outro fator que leva em conta a eficiência de síntese de N microbiano é o pH ruminal e a concentração de nitrogênio amoniacal. Geralmente os protozoário ciliados são sensíveis a pH abaixo de 5,9 como comumente encontrado em rações de alta proporção de grão, resultando em maior número de bactérias amilolíticas participando na fermentação ruminal, aumentando assim a biomassa microbiana que passa para o intestino delgado. Segundo Santoso et al. (2006), uma estável concentração de nitrogênio amoniacal e lenta liberação deste no rúmen possibilita aumento na síntese de nitrogênio microbiano e menor excreção de nitrogênio na urina.

Na Figura 13 encontra-se o espectro de absorvância dos picos dos derivados de purina obtidos por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE ou HPLC).

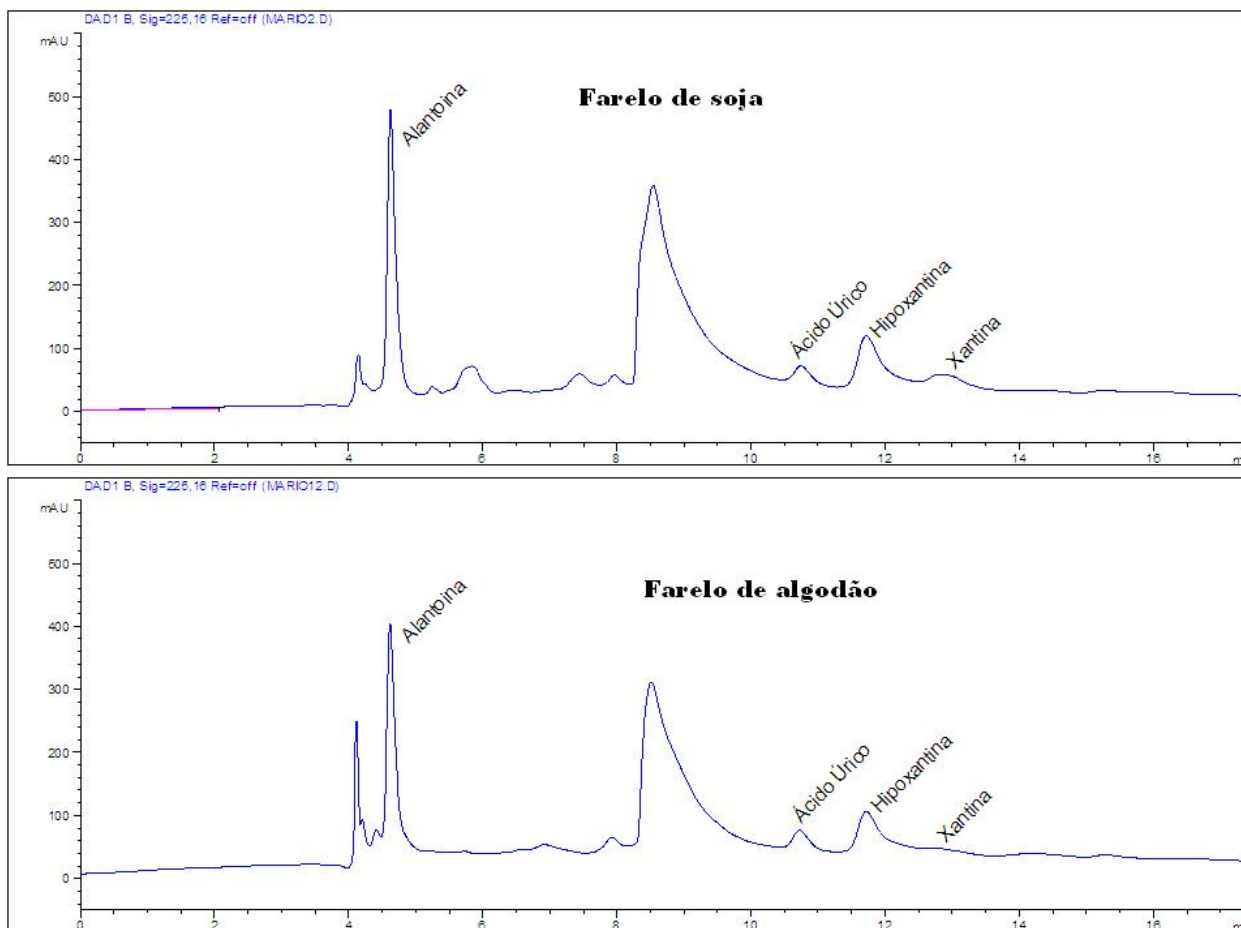


Figura 13 - Espectro de absorvância a 225 nm dos derivados de purinas em amostras de urina de ovinos determinados em cromatografia líquida de alta eficiência

A ração com FAM indicou as maiores ($P < 0,05$) concentrações de nitrogênio amoniacal (Tabela 10) e o comportamento mais estável ao longo do tempo na concentração de AGCC (Figura 8C) que as demais rações, todavia, não foi observada diferença ($P > 0,05$) na síntese e eficiência de nitrogênio microbiano (Tabela 18). Provavelmente, a elevada concentração de amido (Tabela 1) e provável escape ruminal, equilibraram a utilização desse nitrogênio livre no rumem, e o nitrogênio reciclado via intestino grosso pode ter maximizado a produção de ácidos graxos de cadeia curta neste compartimento reduzindo a eliminação de nitrogênio na urina (Tabela 14). Tal fato, em partes, pode ser explicado pelo teor de carboidratos totais das fezes estimados pela equação $CHO = 100 - (PB + EE + MM)$ que foi menor para as rações com FAM e FSO e maiores para as rações com FCA e FAL. Os valores médios

foram 64,5%; 64,9%; 67,2% e 67,7% para as rações com FSO, FAM, FCA e FAL, respectivamente.

4.3 Desempenho animal e características de carcaça

4.3.1 Variáveis ambientais e consumo voluntário de matéria seca

Ao longo do período experimental foram encontradas temperaturas máximas de 34,0 a 36,6°C, principalmente entre às 14:00-16:00, além de UR abaixo de 30%. Entretanto, entre as 5:00 - 6:00 horas foi verificada temperatura mínimas de 14,0 a 16,8°C (Tabela 19). Esse resfriamento na madrugada proporcionou temperatura média de 23,5 a 24,0°C. Baeta e Souza (1997) recomendam que a zona de conforto para ovinos deva situar-se entre 20-30°C, sendo a temperatura efetiva crítica superior a 34°C.

Tabela 19 - Médias das variáveis climáticas dentro da instalação no intervalo horário (2 h às 22:00) durante o período experimental

Horários/dias	Temperatura média (T) (°C) – 2005		Umidade relativa (UR) (%) – 2005	
	Outubro	Novembro	Outubro	Novembro
2:00	20,5	19,3	85,9	75,7
6:00	19,1	18,0	88,6	82,6
10:00	25,7	26,7	60,5	49,6
14:00	28,2	29,9	52,0	41,6
18:00	25,7	26,4	61,0	49,1
22:00	21,7	21,6	77,0	67,3
Mínimo (Min)	14,1	16,8	33,4	26,1
Máximo (Max)	34,0	36,6	95,2	91,9
Média (Med)	23,5	23,9	66,5	59,9

Segundo Cardoso et al. (2006), ao avaliarem o comportamento ingestivo de ovinos confinados com diferentes teores de fibra, foi verificada maior concentração da ingestão de matéria seca no período diurno e ruminação no período noturno. Entretanto, esse comportamento pode ser alterado com a utilização de ionóforos, há menor consumo de MS, com maior parcelamento da ingestão de alimento ao longo do dia e maior eficiência alimentar (SCHELLING, 1984; NAGARAJA et al., 1997). Embora

não mensurado no presente estudo, os ionóforos além de seus benefícios como manipulador da fermentação ruminal e coccidiostático, pode contribuir como ferramenta nutricional para aliviar o estresse térmico devido ao fato de parcelamento de consumo.

O consumo de MS mostrou comportamento linear, com consumo médio na primeira semana de 0,9 kg e de 1,3 kg na última semana, devido particularmente ao crescimento dos animais e variações de consumo ao longo das semanas (Figura 14).

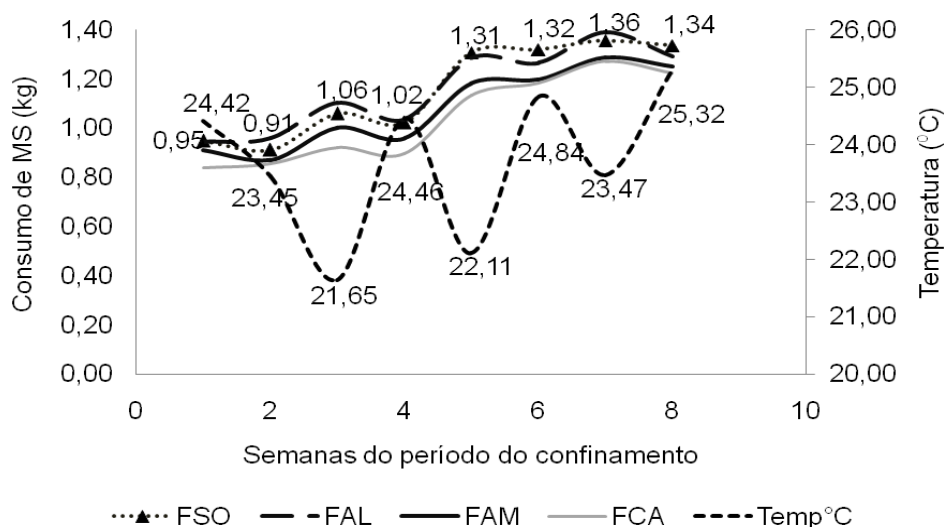


Figura 14 - Comportamento da ingestão de MS de cordeiros recebendo diferentes fontes proteicas em função da temperatura ambiente na instalação ao longo do período experimental

A variação de consumo ($P < 0,07$) foi concomitante a variação da temperatura média. Quanto maior a temperatura, menor o consumo de MS. Poucos estudos foram desenvolvidos para avaliar o estresse pelo calor em ovinos deslançados em confinamento. Ensaio experimental desenvolvido no nordeste brasileiro com ovinos da raça Santa Inês confinados a sombra ou ao sol obtiveram dados de ingestão de matéria seca, em g/dia, de aproximadamente 12% superior para os animais em confinamento coberto (NEIVA et al., 2004). Segundo CSIRO (1990), pequenos ruminantes apresentam maior superfície corporal por quilo de peso vivo que os grandes ruminantes, apresentando maior dissipação de calor comparando a pelagem dos bovinos e o pêlo de ovinos deslançados.

Como apresentado na Tabela 20, não foi observado diferença ($P>0,05$) no consumo de matéria seca em kg/dia; em g/kg de peso vivo metabólico e em % de peso vivo. Adicionalmente, o ganho de peso médio, a conversão alimentar ou a eficiência alimentar não apresentaram diferença ($P>0,05$).

Todavia, ao analisar os dados absolutos, de ganho de peso diário entre os animais alimentados com FSO e os animais alimentados com FCA verificou-se ganho de peso aproximadamente 14% ou 46 g superior ao tratamento com farelo de soja em relação ao farelo de canola. O principal argumento pela não detecção de diferenças entre esses resultados pode estar relacionado ao elevado coeficiente de variação, o que reduziu as chances de identificar diferenças mínimas significativas.

Tabela 20 - Ganho médio diário (GMD), consumo de matéria seca (CMS), conversão alimentar (CA) e eficiência alimentar (EA) de cordeiros recebendo diferentes fontes protéicas

Itens	Tratamentos				*EP
	FSO	FAM	FCA	FAL	
GMD, kg	0,330	0,316	0,284	0,311	0,02
CMS					
(kg dia)	1,17	1,09	1,04	1,17	0,04
(g/kg PV ^{0,75})	93,20	89,30	86,80	93,70	0,24
(%PV)	3,64	3,56	3,77	3,85	0,04
CA, (kg de MS ingerida/ kg ganho)	3,53	3,46	3,67	3,77	0,03
EA, (kg de ganho/kg de MS ingerido)	0,29	0,30	0,28	0,27	0,02

*EP: erro padrão. a,b médias seguidas por subscritos diferentes, nas linhas, diferem entre si ($P<0,05$)
 FSO = farelo de soja, FAM = farelo de amendoim, FCA = farelo de canola, FAL = farelo de algodão

O GMD dos cordeiros entre os tratamentos no atual experimento foi de 310 g por animal, ligeiramente superior ao verificado na literatura para cordeiros da raça Santa Inês em confinamento, alimentados com rações de alta proporção de concentrado. Gastaldelo Junior et al. (2007) ao utilizarem a mesma proporção de concentrado e 16,0% PB em rações com diferentes tamponantes para cordeiros Santa Inês, verificaram GMD entre os tratamentos de 296 g.

Urano et al. (2006), ao avaliarem níveis crescentes de soja grão em desempenho de cordeiros com similar proporção de concentrado deste experimento e 18,4% PB,

obtiveram GMD entre os tratamentos de 277 g. Entretanto, para o tratamento controle (sem soja grão) que apresentava o FSO como principal fonte protéica foi observado GMD de 298,0 por animal. A maior diferença entre as rações destes trabalhos e a do presente estudo foi à menor proporção de milho 52% contra 70% MS. A substituição parcial do amido por pectina da polpa cítrica pode ter contribuído para melhor padrão fermentativo e, possível, maior produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). Segundo Bergman (1990), os AGCC são a principal fonte de energia para os ruminantes, pois suprem de 60 a 80% das exigências energéticas.

A conversão alimentar, que compreende a quantidade de MS ingerida para produzir um kg de carne foi em média 3,6 kg, semelhante entre os tratamentos. Essa conversão foi próxima aos resultados obtidos por URANO et al., (2006) que variaram de 3,4 a 3,7 kg para cordeiros alimentados com diferentes teores de soja grão com 90% de concentrado. Outra forma de expressar a eficácia da dieta no ganho de peso dos animais é a eficiência alimentar, que na verdade é o inverso da conversão alimentar. Essa por sua vez, representa quantos quilos de ganho foram obtidos por quilo de matéria seca consumida. A eficiência alimentar dos cordeiros no presente estudo foi em média 28,5% similar aos resultados obtidos por Ferreira et al. (2007) que foi de 25 a 29% que avaliaram a inclusão de diferentes teores de casca de soja na alimentação de cordeiros Santa Inês confinados com 90% de concentrado.

A dieta com o farelo de canola proporcionou boa digestibilidade da PB (Tabela 12), boas concentrações de AGCC (Tabela 10) e considerável produção de nitrogênio microbiano (Tabela 18). Segundo NRC (2001), o FCA possui perfil de aminoácidos comparável ao do FSO, com teores mais baixos de lisina e mais elevados de metionina + cistina. O que proporcionou ganho de peso próximo ao da ração com o FSO.

Entretanto, Wiese et al. (2003), ao avaliarem o crescimento e as características de carcaça de cordeiros suplementados com fonte de proteína verdadeira, o farelo de canola, e com fonte de nitrogênio não protéico, a uréia, obtiveram consumo de matéria seca e ganho de peso de 16,8% e 33,8%, respectivamente superior para a dieta com o farelo de canola em relação à dieta com uréia. As rações eram isoprotéicas com 14,4% de PB e o teor de uréia de 1,5% MS.

Trabalho semelhante foi realizado no Paquistão por Khan, et al. (1997) que ao avaliarem o farelo de soja, o farelo de canola e o farelo de algodão com 18 cordeiros da raça Afghani com 115 dias de idade, recebendo rações de 65% de concentrado e 13,6% de PB, encontraram diferença ($P < 0,05$) no GMD entre as fontes protéicas, porém nenhum efeito ($P > 0,05$) no consumo de matéria seca. O peso corporal de abate foi de 53,9 kg e o ganho médio diário foi semelhante para as rações com FSO e para o FCA na ordem de 0,244 kg e 0,233 kg FCA respectivamente, e diferentes para a dieta com o FAL que foi de 0,213 kg.

4.3.2 Características de carcaça e da carne

O rendimento de carcaça quente (RCQ) é uma importante variável, que representa a rentabilidade da porção comestível mais os ossos. O RCQ dos cordeiros abatidos com peso vivo médio de 39,5 kg no presente estudo foi de 50,6%. Um dos fatores que pode influenciar o rendimento de carcaça é o peso de abate. Rodrigues (2005) em estudo com diferentes teores de polpa cítrica em substituição ao milho em cordeiros Santa Inês, em rações com 90% de concentrado e 17,5% de PB e peso de abate de 33,3 kg, obteve RCQ médio de 49,87%. Contudo, Oliveira et al. (2002), ao alimentarem cordeiros Santa Inês com dejetos de suínos em confinamento com 80% de concentrado e 15,2% de PB e peso de abate de 43,70 kg, constataram RCQ valores médios de 53,30%.

Não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre as principais características de carcaça dos cordeiros alimentados com diferentes fontes protéicas (Tabela 21).

Stanford et al. (2003), ao analisarem diferentes tipos de farelo de canola (tradicional e de planta transgênica) na suplementação de cordeiros de raça lanada canadense alimentados com 25% de concentrado em dieta com 17% PB e peso de abate de 47,0 kg, não encontraram diferença significativas entre os farelos para as seguintes variáveis: GMD de 0,365 kg/dia, consumo médio de 1,43 kg de MS e rendimento médio de carcaça quente de 50,2%.

Tabela 21 - Características de carcaça e do músculo *Longissimus* de cordeiros recebendo diferentes fontes protéicas

Itens	Tratamentos				*EP
	FSO	FAM	FCA	FAL	
Número de animais	7	7	7	7	-
Peso de abate, (kg)	40,3 ± 0,9	39,6 ± 1,1	38,0 ± 0,8	40,3 ± 1,0	-
Idade inicial, (dias)	79,0 ± 5,0	76,0 ± 6,0	74,0 ± 7,0	77,0 ± 6,0	1,20
Idade de abate, (dias)	135,0	132,0	137,0	133,0	-
RCQ, (%)	50,6	50,4	51,3	50,3	0,73
RCF, (%)	49,5	49,3	50,2	49,0	0,83
Perda por resfriamento, (%)	2,1	2,2	2,2	2,6	0,42
Espessura de gordura, (mm)	2,0	1,9	2,0	2,1	0,12
AOL, (cm ²)	14,6	13,6	14,9	13,9	0,91
PAC, (%)	29,7	30,0	29,6	29,7	3,77
FC, (kg)	4,1	3,6	4,2	3,8	0,81

*EP: erro padrão. FSO = farelo de soja, FAM = farelo de amendoim, FCA = farelo de canola, FAL = farelo de algodão. RCQ = rendimento de carcaça quente, RCF = rendimento de carcaça fria, AOL = área de olho de lombo, FC = força de cisalhamento, PAC = perda de água por cocção.

Em outro estudo, Ponnampalam et al. (2005), suplementaram cordeiros em rações a base de forragem com farelo de soja, farelo de canola e farinha de peixe. O peso de abate dos animais foi de 38,8 kg e não observaram diferença significativa no GMD entre os suplementos com FCA ou FSO que foi de 0,132 kg/dia e 0,113 kg/dia respectivamente. A mesma semelhança foi verificada para o RCQ que foi de 48,7% e 49,3% para a suplementação com FCA e FSO simultaneamente. Entretanto, para todos os parâmetros avaliados a suplementação com farinha de peixe foi superior. Os autores justificaram que a maior proporção de proteína não degradável no rúmen neste ingrediente aumentou a síntese de proteína líquida (HASSAN; BRYANT, 1986).

Trabalho realizado por Kandyliis et al. (1999), substituindo o farelo de girassol pelo farelo de algodão em rações para cordeiros, avaliando a concentração de gossipol livre, não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$) no GMD, e no RCQ, que foram de 0,215 kg/dia e 55,4% respectivamente. As rações foram formuladas com 15,7% PB e 80% de concentrado. Os autores verificaram que o consumo médio de gossipol livre foi de 3,63 mg kg PV⁻¹ dia⁻¹ na dieta com farelo de algodão, que correspondia a 20% desse ingrediente na MS. Essa proporção de farelo de algodão na MS da dieta foi semelhante

ao do presente estudo que foi de 19,67% (Tabela 1). Em outras palavras, a concentração de gossipol livre no farelo de algodão utilizado também não influenciou o desempenho dos cordeiros. Segundo (RISCO; HOLMBERG; KUTCHES, 1992) o processo de extração do óleo do caroço de algodão reduz significativamente a concentração de gossipol livre.

A perda por resfriamento (PR) é um parâmetro que indica o detrimento de peso da carcaça, geralmente está inversamente correlacionada com a espessura de gordura (EG), significando maior PR menor a EG. O valor médio encontrado de PR (Tabela 21) foi de 2,3%, valor próximo ao obtido por Rocha et al. (2004) que avaliaram diferentes teores de proteína na dieta de cordeiros encontrando valor médio de 2,0% e de Rodrigues (2005) que trabalhou com diferentes teores de polpa cítrica em substituição ao milho para cordeiros Santa Inês com valor médio de 2,1%.

O FAM junto com os demais ingredientes da dieta proporcionou 5,1% de EE na ração (Tabela 1), o que não proporcionou mudanças na espessura de gordura das carcaças no período experimental com valores médios de dois milímetros. Mesmo as rações com alta proporção de concentrado, não ocorreu maior deposição de gordura, devido, provavelmente, ao curto período de confinamento e a idade dos animais com aproximadamente 135 dias.

Segundo Forrest et al. (1979), um parâmetro utilizado para medir a qualidade em carcaças é a espessura de gordura. É desejada uma quantidade adequada de gordura subcutânea na carcaça para protegê-la do processo de encurtamento das fibras musculares pelo frio provocado pelas baixas temperaturas de resfriamento. Segundo Silva Sobrinho (2001) a espessura média mínima dessa gordura de cobertura para a proteção do músculo deve estar entre dois e cinco milímetros distribuídos ao longo da carcaça.

A espessura de gordura subcutânea influencia a maciez da carne, uma vez que carcaças com pouca espessura de gordura (animais terminados em pastagens, por exemplo) estão mais propensos a sofrerem encurtamento celular pela ação do frio, e a maciez pode ser reduzida em até 28,4% (BOWLING et al., 1978).

O aumento na quantidade de gordura subcutânea pode melhorar a maciez da carne por promover um resfriamento lento da carcaça (através do isolamento térmico

causado pela gordura e pela massa total aumentada) e também por aumentar a atividade de enzimas proteolíticas (SMITH et al., 1976).

A área de olho de lombo (AOL) é uma medida que reflete a musculosidade e o rendimento dos cortes de valor comercial. Epley et al. (1970), ao avaliarem a relação de algumas medidas realizadas na carcaça com o peso dos cortes comerciais (PCC), relataram que a AOL medida na carcaça explicou 32% da variação dessa característica, mas não apresentou nenhuma relação com a porcentagem da porção comestível. Cole et al. (1960) relataram que a AOL explicou 18% da variação da porção de carne magra da carcaça em bovinos. Contudo, é o parâmetro amplamente aceito e utilizado como um indicador da composição da carcaça (PERKINS et al., 1992).

Os valores médios de AOL encontrados neste ensaio experimental foram de 14,3 cm², semelhantes ao encontrados por (URANO et al., 2006) de 14,8 cm² trabalhando com diferentes teores de soja grão em rações de alta proporção de grãos para cordeiros da raça Santa Inês abatidos com 38,0 kg PV.

A importância em avaliar a perda de líquidos durante o cozimento está associada à suculência da carne durante a degustação. Segundo Costa et al. (2002) a perda de água por cocção (PAC) é negativamente correlacionada com a suculência. Ou seja, quanto maior a PAC menor a suculência.

Bonagurio et al. (2003) ao utilizarem chapa pré-aquecida a 150 °C até que a temperatura interna da amostra atingisse 72 a 75 °C para calcular a PAC encontraram valores de 35,8% a 37,1% para cordeiros da raça Santa Inês. Bressan et al. (2001), ao trabalharem com cordeiros das raças Santa Inês e Bergamácia encontraram valores que variaram de 27,2 a 33,1% de PAC, sendo que Souza et al. (2004) verificaram valores de 33,31 a 37,93% ao avaliarem o cruzamento Santa Inês x Ile de France e Santa Inês x Bergamácia. Os autores utilizaram a mesma metodologia adotada por Bonagurio et al. (2003). Estes valores estão próximos ao obtido no presente estudo que foi de 29,7%.

A maciez da carne pode ser analisada por força de cisalhamento ou por ensaios sensoriais (BABIKER; EL KHIDER; SHAFIE, 1990). Quando avaliada por força de cisalhamento (FC), Abularach, Rocha e Felício (1998) definiram limite máximo de 5 kg de FC para a carne ser considerada macia. O valor médio da força de cisalhamento no

presente estudo foi de 3,95 kg de FC, valor superior ao encontrado por Oliveira et al., (2004) que ao avaliarem a FC do músculo *Longissimus* de ovinos da raça Santa Inês encontraram valores de 2,73 kg e 3,55 kg para cordeiro de 38,8 kg e carneiro de 53,0 kg, respectivamente.

4.4 Análises de custo dos alimentos das rações experimentais

Um levantamento prévio do valor médio dos ingredientes utilizados no período entre setembro de 2005 a setembro de 2007 foi realizado.

Nesse período, o preço médio do farelo de algodão e do farelo de amendoim girou em torno de 68% a 72% do valor de comercialização do farelo de soja (Tabela 22). Somente o farelo de canola esteve superior a cotação média do farelo de soja em aproximadamente 16% a 19%. Entre as três fontes protéicas relacionadas com o farelo de soja, o ingrediente protéico de maior disponibilidade e menor custo no mercado foi o farelo de algodão. Este é ofertado o ano todo, enquanto que o farelo de amendoim e o farelo de canola as negociações se concentram no segundo semestre do ano.

Nesse intervalo de dois anos, pouca variação foi observada no custo da mistura mineral de ovinos, entretanto, o cloreto de amônio, produto comercializado em barricas de 30 kg, foi o ingrediente que apresentou maior acréscimo de preço em aproximadamente 52,9% considerando preço médio em 2005 de R\$ 3.400,00 a tonelada e de R\$ 5.200,00 a tonelada em 2007. Ao analisar que a cotação do dólar em setembro de 2005 era de R\$ 2,34 e que a cotação em setembro de 2007 foi de R\$ 1,90, esse aumento foi mais significativo ainda, na ordem de 88,4% para o cloreto de amônio. Em outras palavras o dólar diminuiu, mas o valor do produto continuou subindo. Contudo, é um aditivo essencial em rações de alta proporção de grão para ovinos, e sua participação na dieta total não ultrapassa 0,5% o que representa em média R\$ 0,02 por kg de MS ingerida animal dia.

Tabela 22 - Custo dos ingredientes das rações experimentais

Ingredientes	R\$/ton MN	R\$/ton MS
Feno “coastcross”	420,00	457,71
Milho	395,00	448,86
Polpa cítrica	240,00	272,73
Farelo de soja	590,00	659,22
Farelo de algodão	420,00	467,71
Farelo de canola	690,00	770,09
Farelo de amendoim	410,00	453,54
Mistura mineral	1100,00	1100,00
Calcário	140,00	140,00
Cloreto de amônio	4300,00	4300,00

Fonte: www.cana.com.br (COPLACANA – Piracicaba -SP); www.celena.com.br (CELENA Alimentos – Eldorado do Sul – RS); (Sementes Esperança – Jaboticabal – SP); www.cepea.esalq.usp.br (Piracicaba - SP); www.chemco.com.br (Campinas – SP). www.scotconsultoria.com.br (Bebedouro – SP)

A polpa cítrica se tornou uma *commodity* agrícola, e pode ser comprada em grandes quantidades mesmo antes do seu período de safra. Isso a torna um ingrediente energético muito atrativo representando em média 60% a 65% do preço do milho no Estado de São Paulo. Essa proporciona a redução do custo de uma ração com alta proporção de grãos em 6% quanto utilizada na proporção de três partes de milho e uma parte de polpa. Além do seu valor nutricional, essa reduz o consumo elevado de amido e contribui com o fornecimento da pectina, uma fibra de alta digestão.

Por intermédio do conhecimento do valor médio das matérias-primas foi realizado o custo por ingredientes de cada dieta experimental apresentado na Tabela 23.

Tabela 23 - Custo das rações experimentais

Ingredientes	Tratamentos							
	FSO		FAM		FCA		FAL	
	Qtd (%)	R\$/MS	Qtd (%)	R\$/MS	Qtd (%)	R\$/MS	Qtd (%)	R\$/MS
Feno "coastcross"	10,00	4,58	10,00	4,58	10,00	4,58	10,00	4,58
Milho grão	54,00	24,24	52,76	23,68	50,67	22,74	49,33	22,14
Polpa cítrica	18,50	5,05	18,50	5,05	18,50	5,05	18,50	5,05
Farelo de soja	15,00	9,89	-	-	-	-	-	-
Farelo de amendoim	-	-	16,25	7,37	-	-	-	-
Farelo de canola	-	-	-	-	18,33	14,12	-	-
Farelo de algodão	-	-	-	-	-	-	19,67	9,20
Mistura mineral	1,42	1,56	1,40	1,54	1,42	1,56	1,42	1,56
Calcário	0,58	0,08	0,59	0,08	0,58	0,08	0,58	0,08
Cloreto de amônio	0,50	2,22	0,50	2,22	0,50	2,22	0,50	2,22
Total	100	47,61	100	44,51	100	50,34	100	44,82

FSO= farelo de soja, FAL= farelo de algodão, FCA= farelo de canola, FAM= farelo de amendoim.

Os custos das rações foram próximos a R\$ 0,50, sendo para as rações com farelo de amendoim e farelo de algodão de menor custo (R\$ 0,45), devido principalmente ao menor valor comercial dessas fontes protéicas.

O custo diário médio por animal com os alimentos entre as quatro rações foi de R\$ 0,52, sendo em média 7,0% inferior com os animais recebendo farelo de amendoim. Considerando o período de confinamento de 56 dias, o custo médio por animal para atingir o peso de abate de 38,0 kg foi de R\$ 29,23. O maior período em sete dias na engorda dos animais recebendo como fonte protéica o farelo de canola onerou o sistema em aproximadamente 13,2% devido principalmente ao número de dias e ao valor do farelo de canola (Tabela 21).

O custo dos alimentos por quilo de carcaça, considerando apenas os ingredientes, sem levar em conta a mão de obra estão apresentados na Tabela 24.

Tabela 24 - Custo dos alimentos em (R\$) de cordeiros Santa Inês recebendo rações com diferentes fontes protéicas

Parâmetros	Tratamentos			
	FSO	FAM	FCA	FAL
CA	3,53	3,46	3,67	3,77
CMS (kg/dia)	1,17	1,09	1,04	1,17
GMD (kg/dia)	0,330	0,316	0,284	0,311
RCQ (%)	50,60	50,40	51,30	50,30
PC (dias)	56	56	63	56
Custo (kg MS)	0,476	0,445	0,503	0,448
Custo animal/dia	0,557	0,485	0,523	0,524
Custo (kg GMD)	1,68	1,54	1,84	1,69
Custo (kg carcaça)	3,32	3,05	3,58	3,36
Custo animal no PC	31,19	27,16	32,94	29,34

FSO= farelo de soja, FAL= farelo de algodão, FCA= farelo de canola, FAM= farelo de amendoim. CA= conversão alimentar. CMS= consumo de matéria seca. GMD= ganho médio diário. RCQ= rendimento de carcaça quente. PC= período de confinamento. Custo animal/dia = Custo (kg MS) * CMS (kg/dia). Custo (kg GMD) = CA * Custo (kg MS). Custo (kg carcaça) = (Custo (kg GMD) / RCQ (%))*100. Custo animal no PC = Custo animal/dia * PC (dias)

O custo por kg de MS das rações com farelo de amendoim e do farelo de algodão foram iguais devido, principalmente pela semelhança no valor entre esses ingredientes, entretanto, a dieta com FAM apresentou menor custo por quilo de ganho (kg GMD), sendo 8,23% menor que a dieta com o FAL, provavelmente pela melhor conversão alimentar (3,46) dos animais que receberam o FAM.

O produtor é remunerado pelos frigoríficos especializados em abate de ovinos em média por R\$ 3,16 por quilo de peso vivo, em animais pesando de 32 a 38 kg (CORDEIRO BRASILEIRO, 2007), diferente do comumente encontrado na comercialização de bovinos que a remuneração é por arroba de carcaça. Na região Centro Oeste do Brasil, os frigoríficos tem diferenciado o pagamento por peso vivo e sistema de produção. Animais da raça Santa Inês confinados ou animais Cruzados com raças de carne R\$ 2,50 kg de peso vivo e para animais da raça Santa Inês ou animais sem raça definida com peso vivo entre 25 e 28 kg e mais de seis meses de idade R\$ 2,00 kg (MARGEN CORDEIRO NOBRE, 2007), devido principalmente gordura de cobertura e ao rendimento de carcaça.

Considerando o custo por quilo de ganho médio entre as rações de R\$ 1,69 (Tabela 23) e o valor pago de R\$ 2,50 kg de peso vivo, aproximadamente 73,6% do valor recebido equivalem ao custo de alimentos. Neste contexto, 26,4% sobra para os demais custos variáveis do processo que são mão-de-obra, medicação, combustível de máquinas, etc. Segundo Diesel (2007), em simulação de um rebanho de 500 matrizes em parição, 67% custos variáveis são com as rações e sal mineral e a alimentação tem representado em média 39% dos custos totais.

A substituição do farelo de soja por farelo de amendoim é altamente viável do ponto de vista econômico e nutricional. Entretanto, uma das peculiaridades do farelo de amendoim é a oferta do produto ao longo do ano, a concentração de aflatoxinas e por fim menor a vida útil de armazenamento deste farelo por infestação de carunchos.

No Brasil, a presença de aflatoxina nos alimentos é regulada pela Resolução N° 34.176 do Ministério da saúde de 1977 (BRASIL, 1991), que estabelece $30 \mu\text{g kg}^{-1}$ para a somatória das aflatoxinas B1 e G1, e mais recentemente internalizando as normas do Mercosul pela Portaria N° 183 do dia 21 de março de 1996 do Ministério da Agricultura e Abastecimento e da Reforma agrária, que estabelece o limite máximo de $20 \mu\text{g kg}^{-1}$ para a somatória das aflatoxinas B1, B2, G1 e G2 (BRASIL, 1996). Contudo, deve-se exigir aos fornecedores de farelo de amendoim o laudo de análise dessa toxina com concentração inferior a esse máximo estabelecido.

O aumento da produção de álcool combustível e a rotação da cultura canavieira com o amendoim tenderão a aumentar a oferta do farelo de amendoim nos próximos anos. O farelo de algodão também comprovou uma excelente alternativa do ponto de vista econômico, considerando principalmente sua regularidade de oferta no mercado ao longo do ano. Apesar do farelo de canola ter apresentado ganho de peso semelhante entre os tratamentos (Tabela 20) este apresentou menor aceitabilidade pelos animais (Figura 13) o que prolongou o período de confinamento, refletindo em maior custo por animal. Sugere-se que essa fonte protéica seja utilizada em confinamento de cordeiros quando a mesma apresentar no mínimo o mesmo preço que o farelo de soja.

4.5 Predições do modelo SRNS

4.5.1 Parâmetros metabólicos

Por meio do modelo SRNS foi possível prever a digestibilidade aparente dos nutrientes e a taxa de passagem da fase sólida no trato digestório total e comparado com os dados do ensaio metabólico (Tabela 25). As estimativas da digestibilidade da MS, MO, PB e FDN pelo modelo SRNS foram semelhantes aos resultados observados ($P>0,05$) para as rações com FCA e FSO, e diferente ($P<0,05$) para as rações com o FAM e o FAL.

Tabela 25 - Digestibilidade aparente no trato digestório total (DATT) de nutrientes e taxam de passagem (Kp) observados no ensaio metabólico e estimados pelo modelo SRNS.

Parâmetros	Tratamentos				*EP
	FSO	FAM	FCA	FAL	
DATT% MS	76,08 ^A	73,58 ^B	75,37 ^A	70,79 ^B	5,10
DATT% MS estimado	79,40 ^A	79,00 ^A	77,00 ^A	74,00 ^A	2,20
*EP	1,60	1,33	1,63	1,22	-
DATT% MO	77,11 ^A	74,61 ^B	76,40 ^A	71,81 ^B	5,05
DATT% MO estimado	83,10 ^A	82,10 ^A	80,69 ^A	77,20 ^A	1,95
*EP	1,82	1,52	1,99	1,56	-
DATT% PB	71,54 ^A	70,15 ^B	72,73 ^A	65,65 ^B	2,47
DATT% PB estimado	76,06 ^A	76,47 ^A	74,05 ^A	75,42 ^A	1,80
*EP	1,56	1,80	1,17	2,20	-
DATT% FDN	48,70 ^A	36,31 ^B	45,24 ^A	29,50 ^B	3,37
DATT% FDN estimado	53,71 ^A	53,00 ^A	50,67 ^A	44,32 ^A	2,90
*EP	4,05	2,30	4,30	2,67	-
Kp %h sólidos	5,20 ^A	4,70 ^A	4,30 ^A	5,50 ^A	0,05
Kp %h sólidos estimado	4,10 ^B	4,40 ^A	4,06 ^A	4,55 ^B	0,04
*EP	0,10	0,07	0,15	0,05	-
Kp %h líquidos	5,40 ^B	5,10 ^B	5,10 ^B	6,10 ^B	1,06
Kp %h líquidos estimado	7,60 ^A	7,72 ^A	7,87 ^A	8,15 ^A	0,04
*EP	0,12	0,11	0,19	0,05	-

*EP: erro padrão. Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, nas colunas, diferem entre si ($P<0,05$). FSO- farelo de soja; FAL- farelo de algodão; FCA- farelo de canola; FAM- farelo de amendoim.

Nas estimativas da taxa de passagem da fase sólida e líquidos foi observada diferença ($P<0,05$) em relação ao observado. A passagem da digesta sólida observada

entre os tratamentos foi de 4,92%/h e a passagem estimada pelo sistema SRNS foi de 4,50 %/h. Valores estes semelhantes para as rações com o farelo de amendoim e o farelo de canola, porém, diferentes ($P < 0,05$) entre o observado e o predito nas rações com o farelo de soja e o farelo de algodão. A taxa média de passagem de líquidos observada das rações foi de 5,42 %/h e o estimado pelo modelo 7,83 %/h. Essa variável foi a que apresentou maior discrepância entre os dados observados e estimados na ordem de 30,7%.

Os dados de pH ruminal observado e estimado pelo modelo SRNS foram semelhantes entre si e próximo de 6,0 para as rações com 90% de concentrado (Tabela 26). Entretanto a síntese de proteína microbiana foi superestimada na ordem de 45,8% pelo sistema SRNS com valores de 123,2 g/dia, valores não condizentes com a literatura, que cita valores próximos de 80,0 g/dia (WEBSTER et al., 2003; SANTOSO et al., 2006).

Tabela 26 - Parâmetros ruminiais e metabólicos observados a campo e estimados pelo modelo SRNS[®] de borregos alimentados com diferentes fontes protéicas

Parâmetros	Tratamentos				
	FSO	FAM	FCA	FAL	EP
¹ pH ruminal	6,1	6,1	6,0	6,1	0,15
pH ruminal	5,9	6,0	5,9	5,9	1,99
EP	1,25	1,20	1,15	1,09	-
¹ Prot.microbiana g/dia	124,0 ^A	126,0 ^A	124,0 ^A	119,0 ^A	0,09
Prot.microbiana g/dia	62,0 ^B	56,2 ^B	56,6 ^B	56,7 ^B	1,77
EP	1,00	0,85	0,81	0,92	-
¹ IMS (kg/dia)	1,85 ^A	1,87 ^A	1,84 ^A	1,85 ^A	0,05
IMS (kg/dia)	1,59 ^B	1,60 ^B	1,52 ^B	1,58 ^B	0,60
EP	0,25	0,42	0,66	0,53	-
¹ PM g/kg IMS	124,2	123,5	119,4	123,3	0,10
¹ Custo uréia (Mcal/dia)	0,140	0,150	0,141	0,144	0,22

EP: erro padrão. Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, nas colunas, diferem entre si ($P < 0,05$). PM- proteína metabolizável. ¹- valores estimados pelo modelo SRNS[®]. FSO- farelo de soja; FAL- farelo de algodão; FCA- farelo de canola; FAM- farelo de amendoim. Custo uréia = custo metabólico para transformação da uréia em energia líquida, ou eliminar o excesso de uréia produzido.

A maior concentração de nitrogênio amoniacal na dieta com o FAM de 8,3 a 22,3 (Figura 8B) mg/dL, não aumentou o custo uréia dos animais segundo as estimativas do sistema SRNS sendo semelhante entre as rações e inferiores a 0,150 Mcal/dia (Tabela 25). Provavelmente a concentração de energia de carboidratos disponível pela alta concentração de grão suprimam as exigências dos microrganismos como recomendado de 19,0 a 22,0 mg/dl por (MEHREZ et al., 1977). O custo uréia estimado pelo sistema SRNS para as dietas formuladas para os cordeiros em confinamento foi inferior a 0,090 Mcal/dia.

4.5.2 Desempenho animal

Os valores preditos pelo sistema SRNS 1.8.1 dos 28 cordeiros da raça Santa Inês avaliados no ensaio de desempenho foram plotados no eixo X por apresentarem efeito não aleatório e os valores observados foram alocados no eixo Y por proporcionarem efeitos aleatórios ou naturais (MAYER; STUART; SWAIN, 1994). A análise dos valores preditos e observados para as variáveis IMS e GPD foi representada pelas equações lineares: IMSobs ou $y = 1,292 * (IMS_{pred}) - 0,459$ e GPDobs ou $y = 1,162 * (GPD_{pred}) - 0,038$, (Figura 14).

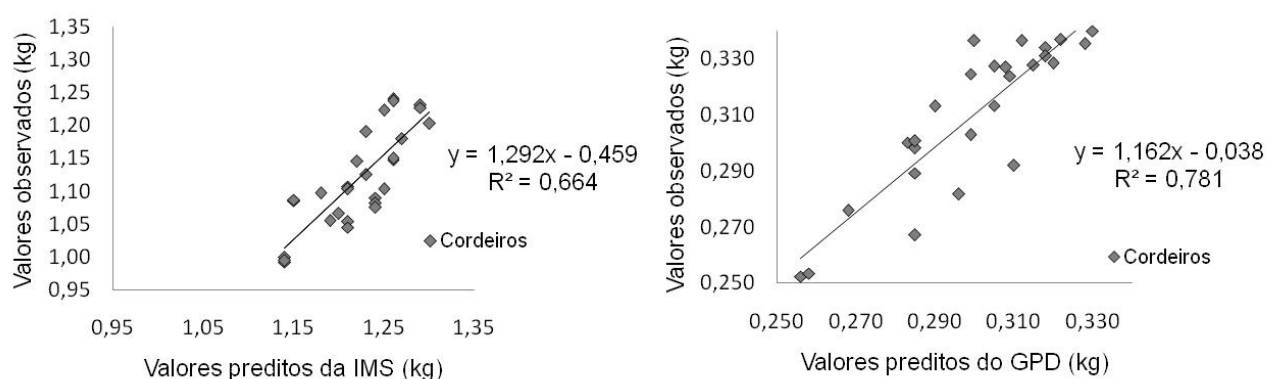


Figura 14 - Ingestão de matéria seca IMS (kg) e do ganho de peso GPD (kg) de cordeiros observado a campo e estimado pelo modelo SRNS®

Segundo Tedeschi (2006), a regressão estima o coeficiente de determinação (R^2) que é um bom indicador da precisão dos dados: quanto maior o R^2 , maior a precisão. A regressão também estima o intercepto e a inclinação de uma reta que são bons indicadores de acurácia. Acurácia é a habilidade do modelo de prever um valor real, e a precisão é a habilidade do modelo de prever valores similares e consistentes.

A IMS observada a campo e predita pelo sistema SRNS apresentou coeficiente de determinação (R^2) de 66,4%, sendo os dados altamente correlacionados 81% ($P < 0,001$), com variabilidade não explicada pelo modelo em 33,6%. A ingestão de matéria seca média observada foi de 1.120 kg e o estimado pelo sistema SRNS de 1.220 kg.

O ganho de peso diário observado a campo e o predito pelo sistema SRNS proporcionou coeficiente de determinação de 78,1%, e dados altamente correlacionados 88% ($P < 0,001$), com variabilidade não explicada pelo modelo em 21,9%. O ganho de peso diário médio observado a campo foi de 0,310 kg e o estimado pelo sistema SRNS de 0,304 (Tabela 27). De posse desses dados, o sistema SRNS prediz com melhor precisão e acurácia o ganho de peso diário do que a ingestão de MS devido apresentar maior coeficiente de determinação, mais próximo de zero o intercepto com intervalo de confiança de -0,11 a 0,03 e mais próximo de um a inclinação com intervalo de confiança de 0,90 a 1,40 ($P > 0,05$). O intervalo de confiança avaliado para o intercepto da IMS foi de -0,90 a 0,01 e para a inclinação de 0,91 a 1,65 ($P > 0,05$). Outra forma de visualizar a melhor acurácia e precisão das estimativas do sistema SRNS para ganho em relação às estimativas de ingestão pode ser analisada na (Figura 15) gerados pelo Model Evaluation System (MES 3.0.10).

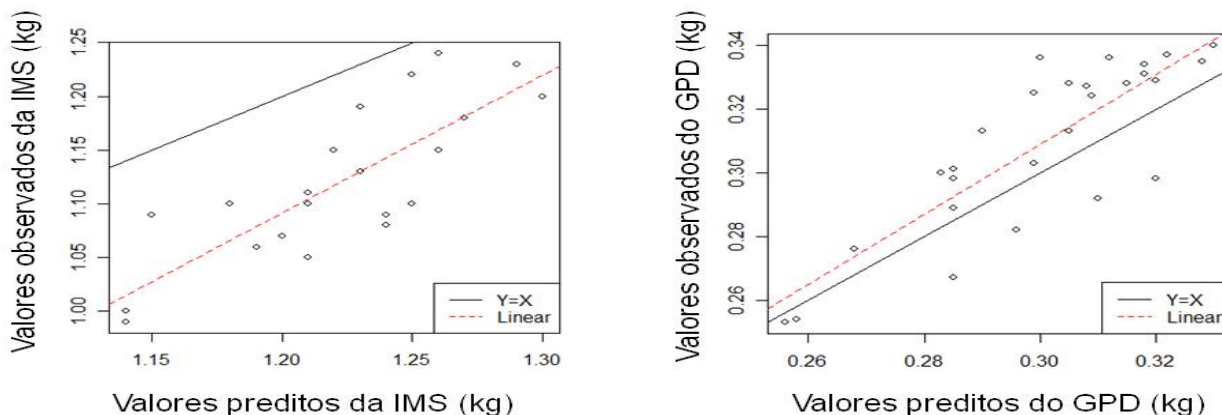


Figura 15 – Regressão linear da ingestão de matéria seca IMS (kg) e do ganho de peso GPD (kg) de cordeiros observado a campo e estimado pelo modelo SRNS[®]

Os desvios de predição do programa SRNS podem estar relacionados às variáveis não contempladas no banco de dados do sistema, como o uso de ionóforos, ou mesmo pela forma de como o “default” do programa aceita a inscrição de dados para formulação das rações. O consumo médio de matéria seca estimado foi ($P < 0,05$) superior em aproximadamente 100 g aos dados experimentais (Tabela 27). Uma das causas dessas diferenças pode estar associada nas estimativas da taxa de passagem (Tabela 25), que pode estar atrelada ao maior consumo estimado pelo sistema SRNS. De acordo com Colucci et al. (1990), a taxa de passagem de partículas pelo rúmen aumenta à medida que o consumo de matéria seca se eleva.

A principal variável envolvida na estimativa da IMS, equação 40, é a mudança de peso vivo do animal em g/dia (PV_c). Esta, por sua vez, é dependente de variáveis não determinadas no presente estudo, como a energia líquida disponível para ganho (RE) equação 43, e o conteúdo de energia do ganho de corpo vazio (EVG) equação 47. Contudo, foi verificado que a energia líquida extra (EL_{extra}) para contrabalanço do estresse causado pelo frio equação 44, não é compatível com os dados ambientais colhidos na instalação de confinamento dos cordeiros do presente experimento.

Após realizar várias simulações no software alterando somente os parâmetros do “default” referente à *temperatura prévia e atual* de 23°C para 26°C, foi constatado leve aumento de consumo de MS de 1,25 kg para 1,26 kg e acréscimo de ganho de peso vivo de 10 g/dia. Comportamento não condizente com o menor consumo de matéria

seca, com aumento da temperatura média de 21,6°C para 24,4°C (Figura 13) verificados no presente estudo.

Tabela 27 - Ganho de peso médio diário (GMD) e consumo de matéria seca (CMS) observados e estimados pelo modelo SRNS®

Parâmetros	Tratamentos			
	FSO	FAM	FCA	FAL
GMD observado, (kg)	0,330	0,316	0,284	0,311
GMD estimado, (kg)	0,319	0,313	0,280	0,304
*EP	0,35	0,30	0,27	0,21
CMS observado, (kg/dia)	1,17 ^B	1,09 ^B	1,04 ^B	1,17 ^A
CMS (kg/dia), estimado	1,28 ^A	1,23 ^A	1,17 ^A	1,21 ^A
*EP	0,24	0,22	0,26	0,23

*EP: erro padrão. a,b médias seguidas por letras diferentes, nas colunas, diferem entre si (P<0,05) FSO- farelo de soja; FAL- farelo de algodão; FCA- farelo de canola; FAM- farelo de amendoim.

Outro parâmetro que influenciou a estimativa do GPD foi à espessura de lã, que ao ser reduzida de 50 mm para 30 mm proporcionou diminuição de ganho de peso de 0,316 kg para 0,303 kg ou seja 4,1% de redução de ganho de peso. Nenhum efeito foi observado alterando a produção de lã limpa em kg/ano.

Dessa forma, embora não muito real, conhecendo-se a ingestão de matéria seca observada a campo e o peso corporal dos animais em jejum ($PV_{\text{jejum}}^{0,75}$) foi estimado por regressão a provável mudança de peso vivo em g/dia (PV_c) propondo a seguinte equação:

$$IMS = 0,0834 + 0,0296 * PV_{\text{jejum}}^{0,75} + 0,0021 * PV_c \quad (52)$$

Contudo, foi observado que a IMS permaneceu, em média, 54g superior (P<0,05) a ingestão observada a campo. Demonstrando a importância de mensurar a mudança de peso vivo (PV_c). Com essas informações pode-se afirmar que o sistema SRNS embora desenvolvido com banco de dados em maior número de ovinos lanados e maior ênfase a animais adultos em produção de leite, as estimativas de ingestão de matéria seca e de ganho de peso diário para animais em crescimento foram aceitáveis, sendo necessário modificar algumas variáveis a exemplo o estresse pelo frio.

5 CONCLUSÕES

As fontes protéicas avaliadas apresentaram potencial semelhante no desempenho dos cordeiros confinados, sendo a escolha do ingrediente protéico respaldado no custo benefício do mesmo. O farelo de amendoim mostrou-se alternativa interessante em substituição ao farelo de soja pelo custo de nitrogênio por quilo de ganho. A solubilidade da matéria seca e a capacidade de retenção de água apresentaram forte influência na degradabilidade efetiva e na taxa de passagem de sólidos. Independente da fonte protéica utilizada à contaminação microbiana subestimou a taxa de degradação e a degradabilidade efetiva das rações totais.

O teor de amido nas fezes apresentou alta confiabilidade para estimar a digestibilidade do amido no trato digestório total de ovinos. O consumo de matéria seca pelos cordeiros com os diferentes tratamentos foi similar, mas o farelo de canola proporcionou maior tempo de confinamento dos animais que receberam esse ingrediente na dieta.

As estimativas de desempenho e metabólicas pelo sistema SRNS foram satisfatórias, com algumas diferenças significativas na IMS e na taxa de passagem de líquidos. As variáveis ambientais, como temperatura e umidade relativa do ar foram contraditórios quando relacionadas com o consumo de matéria seca experimental e o estimado pelo sistema SRNS.

REFERÊNCIAS

ABULARACH, M.L.S.; ROCHA, C.E.; FELICIO, P.E. Características de qualidade do contrafilé de touros jovens da raça nelore. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 205-210, 1998

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallington: CAB International, 1995. 159 p.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. **The nutrient requirements of ruminant livestock**. Farnham Royal: CAB, 1980. 351 p

AGRONLINE. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/agronoticias/noticias>>. Acesso em: 18 dez. 2007.

ALLEN, M.S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 80, n. 7, p.1447-1462, 1997.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness of fresh meat**. Chicago: American Meat Science Association; National Live Stock and Meat Board, 1995. 47 p

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 11th ed. Washington D.C.,1990. 1051 p.

BABIKER, S.A.; EL KHIDER, I.A.; SHAFIE, S.A. Chemical composition and quality attributes of goat meat and lamb. **Meat Science**, Barking, v. 28, p. 273-277, 1990.

BAETA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 246 p.

BEDFORD, M.R. Factors influencing the efficiency of enzymes used in wheat based broiler diets. In: WESTERN NUTRITION CONFERENCE, 17., 1996, Edmonton. **Proceedings ...** p. 9–16.

BELKNAP, E.B.; PUGH, D.G. Disease of the urinary system. In: PUGH, D.G. (Ed.). **Sheep and goat medicine**. Philadelphia: W.B. Saunders, 2002. p. 125-126.

BELL, J.M. Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review. **Canadian Journal Animal Science**, Ottawa, v. 73, p. 326-333, 1993

BELL, J.M.; RAKOW, G.; DOWENEY, R.K. Comparison of amino acid protein levels in oil-extracted seeds of Brassica and Sinapis species, with observations on environmental effects. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 80, p. 169-174, 2000

BENCHAAR, C.; RIVEST, J.; POMER, C.; CHIQUETE, J. Prediction of methane production from dairy cows using existing mechanistic models and regression equations. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 76, p. 617-627, 1998.

BEN-GHEDALIA, D.; MIRON, J.; YOSEF, E. Fermentation of alfafa silage with ozonated cotton stilks added. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 39, p. 2002-2005, 1991.

BENNINK, M.R.; TYLER, T.R.; WARD, G.M.; JOHNSON, D.E. Ionic milieu of bovine and ovine rumen as affected by diet. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 61, p. 315-323, 1978

BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**, Bethesda, v. 70, n. 2, p. 567-590. 1990.

BERNARD, L.; DOREAU, M. Use of rare earth elements as external markers for mean retention time measurements in ruminants. **Reproduction, Nutrition, Development**, Paris, v. 40, p. 89-101, 2000

BLAXTER, K.L. Environmental factors and their influence on the nutrition of farm livestock. In: HARESIGN, W.; SWAN, H.; LEWIS, D. (Ed.). **Nutrition and climatic environment**. London: Butterworths, 1977. p. 1-16.

BLAXTER, K.L.; MARTIN, A.K. The utilization of protein as a source of energy in fattening sheep. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 16, p. 397-407, 1962.

BOEKHOLT, H. A. Nitrogen metabolism of the lactating cow and the role of gluconeogenesis from amino acids. **Meded. Landbouwhogeschool**, Wageningen, v. 76, n. 10, p. 1-206, 1976

BOIOLA, R.J.; INGALLS, J.R. *In situ* rumen digestion and escape of dry matter, nitrogen and amino acids in canola meal. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 72, p. 891-901, 1992

BOLZAN, I.T.; SANCHEZ, L.M.B.; CARVALHO, P.A.; VELHO, J.P.; LIMA, L.D.; MORAIS, J.; CADORIN Jr., R.L. Consumo e digestibilidade em ovinos alimentados com rações contendo grão de milho moído, inteiro, ou tratado com uréia, com três níveis de concentrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 229-234, 2007.

BONAGURIO, S.; PÉREZ, J.R.O.; FURUSHO GARCIA, I.F.; BRESSAN, M.C.; LEMOS, A.L.S.C. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1981-1991, 2003. Suplemento 2.

BOWLING, R.A.; SMITH, G.C.; DUTSON, T.R.; CARPENTER, Z.L. Effects of pre rigor conditioning treatments on lamb muscle shortening, pH and ATP. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, p. 502-507, 1978.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Ministério da Agricultura. Portaria nº 183, de 21 de março de 1996. Art. 1. Adotar Regulamento Técnico MERCOSUL sobre limites máximos de aflatoxinas admissíveis no leite, amendoim e milho, aprovado pela resolução do grupo mercado comum do sul n.56/94, de 01 de janeiro de 1996. **Diário Oficial da União**, Brasília, 25 mar. 1996.

BRASIL. Ministério da Saúde. Comissão Nacional de Normas e Padrões Para Alimentos. Resolução Nº 34.176 publicada no Diário Oficial da União de 19 de janeiro de 1977. Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação. **Compêndio da legislação de alimentos**. São Paulo: ABIA, 1991. v. 1A.

BRESSAN, M.C.; PRADO, O.V.; PÉREZ, J.R.O.; LEMOS, A.L.S.C.; BONAGURIO, S. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre as características físico-químicas da carne. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 293-303, 2001.

BRODERICK, G.A.; COCHRAN, R.C. In vitro and in situ methods for estimating digestibility with reference to protein degradability. In: THEODOROU, M.K.; FRANCE, J. (Ed.). **Feeding systems and feed evaluation models**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 53-85.

BURGER, P.J.; PEREIRA, J.C.; COELHO DA SILVA, J.F.C.; VALADARES FILHO, S.C., CECON, P.R., JORDÃO, C.P. Taxas de passagem e cinética da degradação ruminal em bezerros Holandeses alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p. 225-235, 2000.

CAMPOS, F.P. **Composição e digestão de monossacarídeos da parede celular de forragens tropicais sob a adição de fontes e níveis de açúcar solúvel**, 2004. 123 p. Relatório Científico (Pós-doutoramento) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CAMPOS, F.P.; NUSSIO, C.M.R.; NUSSIO, L.G. **Métodos de análises de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 135 p.

CANNAS, A.; BOE, F. Prediction of the relationship between body weight and body condition score in sheep. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 2, suppl. 1, p. 527-529, 2003.

CANNAS, A.; VAN SOEST, P.J. Allometric models to predict rumen passage rate in domestic ruminants. In: McNAMARA, J.P.; FRANCE, J.; BEEVER, D.E. (Ed.). **Modelling nutrient utilization in farm animals**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 49-62.

CANNAS, A.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; PELL, A.N.; VAN SOEST, P.J. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological value for sheep. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 82, p. 149-169, 2004

CARDOSO, A.R.; CARVALHO, S.; GALVANI, D.B.; PIRES, C.C.; GASPERIN, G.; GARCIA, R.P.A. Comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com rações contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 604-609, 2006.

CARPITA, N.C.; GILBEAUT, D.M. Structural models of primary cell walls in flowering plants: consistency of molecular structure with physical properties of the cell wall during growth. **The Plant Journal**, Oxford, v. 3, n. 1, p. 1-30, 1993.

CHAKEREDZA, S.; MEULEN, U.; NDLOVU, L.R. Growth performance of weaner lambs offered maize stoves supplemented with varying levels of maize and cottonseed meals. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 73, p. 35-44, 2001.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, Washington, v. 8, p. 130-132, 1962.

CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives an overview of technical details**. Aberdeen: Rowett Research Institute, 1992. 21 p.

CHEN, X.B.; ORSKOV, E.R.; HOVELL, F.D.D. Excretion of purine derivatives by ruminants: endogenous excretion, differences between cattle and sheep. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 63, n. 1, p. 121-129, 1990

CHEN, X.B.; CHEN, Y.K.; FRANKLIN, M.F.; ORSKOV, E.R.; SHAND, W.J. The effect of feed intake and body weight on purine derivative excretion and microbial protein supply to sheep. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 70, p. 1534-1542, 1992

CHENG, K.J.; MCALLISTER, T.A.; RODE, L.M. **Use of acidulated fatty acids to increase the rumen undergradable protein value of canola meal**: tenth project report research on canola seed, oil and meal. Winnipeg: Canola Council of Canada, 1993.

CHESSON, A.; MONRO, J. Legume pectin substances and their degradation in the ovine rumen. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 33, p. 852, 1982.

CHURCH, D.E. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1988. 563 p.

CHURCH, D.C. **El ruminante: fisiología digestiva y nutrición**. Zaragoza: Acribia, 1993. 641p.

CIACCO, C.F.; CRUZ, R. **Fabricação de amido e sua utilização**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 152 p. (Série Tecnológica Agroindustrial).

COLE, J.W.; EPLEY, R.H. JR.; ORME, L.E. Improving estimates of separable lean in beef carcasses by using combinations of carcass length and *Longissimus dorsi* areas at three locations. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 19, p. 1232, 1960.

COLUCCI, P.E.; MACLEOD, G.K.; GROVUM, W.L.; MCMILLAN, I.; BARNEY, D.J. Digesta kinetics in sheep and cattle fed diets with different forage to concentrate ratios at high and low intakes. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 73, n. 8, p. 2143-2156, 1990.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION. **Feeding standards for Australian livestock ruminants**. Melbourne: Print Advisory Service Melbourne, 1990. 266 p.

CORDEIRO BRASILEIRO. Disponível em: <<http://www.cordeirobrasileiro.com.br>>. Acesso em: 19 nov. 2007.

CORONA, L.; RODRIGUEZ, S.; WARE, R.A.; ZINN, R.A. Comparative effect of whole, ground, dry-rolled and steam-flaked corn on digestion and growth performance in feedlot cattle. **Professional Animal Scientist**, Savoy, v. 21, p. 200–206, 2005.

COSTA, E.C.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L., LUIZ, I., PEROTTONI, J., FATURI, C., MENEZES, L.F.F. Composição física da carcaça, qualidade da carne e conteúdo de colesterol do músculo *Longissimus dorsi* de novilhos Red Angus superprecoces, terminados em confinamento e abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 417-428, 2002 Suplemento.

COTTRILL, B.R. Characterization of nitrogen in ruminant feeds. In: GARNSWORTHY, P.C.; COLE, D.J.A. (Ed.). **Recent advances in animal nutrition 3**. Nottingham: Nottingham University Press, 1993. p. 197–211.

CRAIG, W.M.; BRODERICK, G.A.; RICKER, D.B. Quantization of micro-organisms associated with the particulate phase of ruminal ingesta. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 117, p. 56-62, 1987.

CROOKER, B.A.; CLARK, J.H.; SHANKS, R.D.; FAHEY, G.C. Effects of ruminal exposure on the amino acid profile of feeds. **Canadian Journal Animal Science**, Ottawa, v. 67, p. 1143-1148, 1987.

CSAPO, J.; SCHMIDT, J.; MARTIN, T.G. Quantitative determination of protein of bacterial origin. **Trends in Analytical Chemistry**, Amsterdam, v. 20, n. 1, p. 42-48, 2001.

CULLEN, A.J.; HARMON, D.L.; NAGARAJA, T.G. In vitro fermentation of sugar, grains, and by-product feeds in by relation to initiation of ruminal lactate production. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 69, p. 2616-2621, 1986.

CZAUDERNA, M.; KIWALCZYK, J. Quantification of allantoin, uric acid, xanthine and hipoxanthine in ovine by high-performance liquid chromatography and photodiode array dedection. **Journal of Chromatography B: Biomedical Science and Applications**, Amsterdam, v. 744, p. 129-138, 2000

DANFAER, A. Mathematical modeling of metabolic regulation and growth. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 27, p. 1-18, 1991.

DEHORITY, B.A.; ORPIN, C.G. Development of, and natural fluctuations in, rumen microbial populations. In: HOBSON, P.N. **The rumen microbial ecosystem**. New York: Elsevier Science, 1988. p. 151-184.

DEWHURST, R.J.; WEBSTER, A.J.F. Effect of diet, level of intake, sodium bicarbonate and monensin on urinary allantoin in sheep. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 67, p. 345–353, 1992.

DHANOVA, M.S.; SIDONS, R.C.; FRANCE, J.; GALE, D.L. A multicompartimental model to describe marker excretion patterns in ruminant feces. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 53, p. 663-671, 1985.

DIESEL, R.W. Perspectivas econômicas da ovinocultura. In: SIMPÓSIO DE CAPRINOS E OVINOS DA ESCOLA DE VETERINÁRIA DA UFMG, 2., 2007, Belo Horizonte. **Anais ...** Belo Horizonte: UFMG, 2007. p. 1-28.

EHLE, F.R. Influence of feed particle density on particulate passage from rumen of Holstein cow. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 67, p. 693-697, 1984.

ELLIS, W.C.; POPPI, D.; MATIS, J.H. Feed intake in ruminants: kinetic aspects. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.). **Farm animal metabolism and nutrition**. Wallingford: CAB International, 2000. chap. 16, p. 335-364.

EPLER, R.J.; HEDRICK, H.B.; STRINGER, W.C.; HUTCHESON, D.P. Prediction of weight and percent retail cuts of beef using five carcass measurements. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 30, p. 872-879, 1970.

ERASMUS, L.J., BOTHA, P.M.C., CRUYWAGEN, W., MEISSNER, H.H. Amino acid profile and intestinal digestibility in dairy cows of rumen-undegraded protein from various feedstuffs. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 77, p. 541-551, 1994.

EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L. Técnicas *in vitro* e *in situ* para estimativa da digestibilidade ruminal de alimentos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 2007, Pirassununga. Pirassununga: USP, FZEA, 2007. p. 16-71.

FAHEY, G.C. Jr.; BERGER, L.L. Los carbohidratos en la nutrición de los rumiantes. In: CHURCH, D.C. (Ed.). **El rumiante: fisiología digestiva y nutrición**. Zaragoza: ACRIBIA, 1993. p. 305-337.

FAICHNEY, G.J. The use of markers to partition digestion within the gastrointestinal tract of ruminants. In: MacDONALD, I.W.; WARNER, A.I.C. (Ed.). **Digestion and metabolism in ruminant**. Armidale: University of New England Publishing Unit, 1975. p. 277-291.

FARMPOINT. **Mercados potenciais e a comunicação com o consumidor**. Disponível em: <<http://www.farmpoint.com.br>>. Acesso em: 21 jun. 2007.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; ARAUJO, R.C.; MENDES, C.Q.; SHINKAI, R.G. Substituição do milho pela casca de soja em rações com alto teor de concentrado na alimentação de cordeiros confinados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais ... Jaboticabal: SBZ, 2007. 1 CD-ROM**.

FIRKINS, J.L.; HRISTOV, A.N.; HALL, M.B.; VARGA, G.A.; ST-PIERRE, N.R. Integration of ruminal metabolism in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 89, p. 31-51, 2006

FORREST, J.C.; ABERLE, E.D.; HEDRICK, H.B.; JUDGE, M.D.; MERKEL, R.A. **Fundamentos de ciencia de la carne**. Zaragoza: ACRIBIA, 1979. 364 p.

FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P.; TEDESCHI, L.O.; TYLUTKI, T.P.; Van AMBURGH, M.E.; CHASE, L.E.; OVERTON, T.R.; RASMUSSEN, C.N.; DURBAL, V.M. **The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion**. Ithaca: Cornell University, 2003. 237 p.

FREER, M.A.; MOORE, D.; DONNELLY, J.R. GRAZPLAN: decision support systems for Australian grazing enterprises. II. The animal biology model for feed intake, production and reproduction and the GrazFeed DSS. **Agricultural Systems**, Barking Essex, v. 54, p. 77-126, 1997.

FUJIHARA, T.; ORSKOV, E.R.; REEDS, P.J. The effect of protein infusion on urinary excretion of purine derivatives in ruminants nourished by intragastric nutrition. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 109. p. 7-12, 1987

FUKUSHIMA, R.S.; HATFIELD, R.D. Extraction and isolation of lignin and its utilization as standard to determine lignin concentration through a spectrophotometer method. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, n. 7, p. 3133-3139, 2001.

FURUYA, V.R.B.; HAYASHI, C.; FURUYA, W.M. Farelo de canola na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.), durante o período de reversão de sexo.

Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 1067-1073, 1997.

GALDIOLI, E.M.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M.; FURUYA, V.R.B.; FARIA, A.C.E. Substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de canola em rações para alevinos de Curimatã. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 552-559, 2002.

GASTALDELO JUNIOR, A.L.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; QUEIROZ, M.A.A.; GENTIL, R.S.; AMARAL, R.C. do. Bicarbonato de sódio e fontes de calcário em rações com alto teor de concentrado na terminação de cordeiros confinados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 44., 2007, Jaboticabal. **Anais ...** Jaboticabal: SBZ, 2007. 1 CD-ROM.

GIANGIACOMO, R.; POLESELLO, A.; MARIN, F. Determinazione quantitativa dell'acido galatturonico in preparati pectici commerciali mediante HPLC. **Industrie Alimentari**, Pinerolo, n. 194, p. 386-388, 1982.

GIGER-REVERDIN, S. Characterization of feedstuffs for ruminants using some physical parameters. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 86, p. 53-69, 2000.

GOES, R.H.T.B.; MANCIO, A B.; VALADARES FILHO, S.C. Degradação ruminal da matéria seca e proteína bruta, de alimentos concentrados utilizados como suplemento para novilhos. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 28, n. 1, p. 167-173, 2004.

GONZALES-RONQUILLO, M.; BALCELLS, J.; GUADA, J.A.; VICENTE, F. Purine derivative excretion in dairy cows: endogenous excretion and the effect of exogenous nucleic acid supply. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 86, p. 1282-1291, 2003.

GORSHKOVA, T.A.; WYATT, S.E.; SALINIKOV, V.V., GIBEAUT B.M., IBRAGIMOV, M.R., LOZOVAYA, V.V., CARPITA, N.C. Cell-wall polysaccharides of developing flax plants. **Physiology**, Bethesda, v. 110, p. 721-729, 1996.

GROVUM, W. L.; WILLIAMS, V.J. Rate of passage of digesta in sheep. 4. 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**, Cambridge, v. 30, p. 313-329, 1973.

GUIBOT, A.; MERCIER, C. Starch. In: ASPINALL, G.O. (Ed.). **The polysaccharides**. New York: Academic Press, 1985. v. 3, p. 210-273.

HALL, M.B.; HOOVER, W.H.; JENNINGS, J.P.; MILLER, T.K.; WEBSTER, T.K.M. A method for partitioning neutral detergent-soluble carbohydrates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 79, p. 2079-2086, 1999.

HARMON, D.L.; McLEOD, K.R. Glucose uptake and regulation by intestinal tissues: implications and whole body energetics. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 79, p. 59–72, 2001. Supplement.

HART, S.P.; GLIMP, H.A. Effect of diet composition and feed intake level on diet digestibility and ruminal metabolism in growing lambs. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 69, p. 1636-1644, 1991

HASSAN, S.A.; BRYANT, M.J. The response of store lambs to dietary supplements of fish meal. Effect of forage-to-concentrate ratio. **Animal Production**, Edinburgh, v. 42, p. 223-232, 1986

HATFIELD, R.D.; WEIMER, P.J. Degradation characteristics of isolated and *in situ* cell wall lucerne pectic polysaccharides by mixed ruminal microbes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 69, p. 185-196, 1995.

HEJAZI, S.; FLUHARTY, F.L.; PERLEY, J.E.; LOERCH, S.C.; LOWE, G.D. Effects of processing and dietary fiber source on feedlot performance, visceral organ weight, diet digestibility, and nitrogen metabolism in lambs. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 77, p. 507-515, 1999.

HENNEBERG, W.; STOHMANN, F. Beiträge zur Begründung einer rationellen **Fütterung der Wiederkäuer**. Brunswick: Schwetschke und Son-Verlag, 1860. v. 1.

HENRIQUE, W.; SAMAPAI, A.A.M.; LEME, P.R.; ALLEONI, G.F.; LANNA, D.P.D. Digestibilidade e balanço de nitrogênio em ovinos alimentados à base de rações com elevado teor de concentrado e níveis crescentes de polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, supl. 2, p. 2007-2015, 2003.

HENRIQUE, W.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D.; PERES, R.M.; JUSTO, C.L.; SIQUEIRA, P.A.; ALLEONI, G.F. Substituição de amido por pectina em rações com diferentes níveis de concentrado, desempenho animal e características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1206-1211, 1998.

HESPELL, R.B.; BRYANT, M.P. Efficiency of rumen microbial growth: influence of some theoretical and experimental factors on Y_{ATP} . **Journal of Animal Science**, Albany, v. 49, n. 6, p. 1640-1659, 1979.

HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 69, n.10, p. 2755-2766, 1986.

HONIG, D.H.; RACHIS, J.J. Determination of the total pepsin pancreatin indigestible content (dietary fiber) of soybean products, wheat bran, and corn bran, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 27, p. 1262–1266, 1979

HUNTINGTON, G.B. Ruminant starch utilization progress has been extensive. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 66, p. 16–18, p. 38–43, 1994.

HUNTINGTON, G.B.; ARCHIBEQUE, S.L. Practical aspects of urea and ammonia metabolism in ruminants. In: AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 1999, Raleigh. **Proceedings ...** Raleigh: American Society of Animal Science, 1999. p. 1-11.

HUHTANEN, P.; ASIKAINEN, U.; ARKKILA, M.; JAAKKOLA, S. Cell wall digestion and passage kinetics estimated by marker and in situ methods or by rumen evacuations in cattle fed hay 2 or 18 times daily. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 133, p. 206-227, 2007.

HYDEN, S.A. A turbidimetric method for the determination of higher polyethyleneglycols in biological material. **Annals of the Royal of Agricultural College of Sweden**, Uppsala, v. 22, p. 139-145, 1959.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE. **Ruminant nutrition, recommended allowances and feed tables**: libbey eurotext, Paris, 1989. 389 p

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Estimation of rumen microbial protein production from purine derivatives in urine**. Vienna, 1997. 48 p. (IAEA. TECDOC, 945).

JOHNSON, L.M.; HARRISON, J.H., RILEY, R.E. Estimation of the flow of microbial nitrogen to the duodenum using urinary uric acid or allantoin. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 81, n. 9, p. 2408-2420, 1998.

JUNIOR, J.E.L.; COSTA, J.M.C.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 1, p. 70-76, 2006

KAMALAK, A.; CANBOLAT, O.; GURBUZ, Y.; OZAY, O. In situ ruminal dry matter and crude protein degradability of plant and animal-derived protein sources in Southern Turkey. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 58, p. 135-141, 2005

KANDYLIS, K.; NIKOKYRES, N.P.; DELIGIANNIS, K. Performance and growing-fattening lambs fed diets containing different proportions of cotton seed meal. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 79, p. 1613-1619, 1999.

KHAN, A.G.; AZIM, A.; NADEEM, M.A.; KHAN, M.A. Effect of growing fattening diets on the growth of performance of intensified Afghani lambs. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 25, p. 39-42, 1997.

KORNDORFER, C.M. **Eficiência de utilização do feno de *Brachiaria decumbens* na alimentação de ovinos Santa Inês**. 1999. 110 p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

KORNDORFER, C.M.; ABDALLA, A.L.; BUENO, I.C.S.; NASCIMENTO JUNIOR, V. F.; OWEN, E.; SUTTON, J.D. Estudo da cinética digestiva em ovinos alimentados com braquiária e alfafa, usando a técnica de fluorescência de raios-X. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 7, p. 113-121, 2001.

LANA, R.P. **Sistema Viçosa de formulação de rações**. Viçosa: UFV, 2000. 60 p.

LANZAS, C.; SNIFFEN, C.J.; SEO, S.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G. A revised CNCPS feed carbohydrate fractionation scheme for formulating rations for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 136, p. 167-190, 2007.

LENG, R.A. Formation and production of volatile fatty acids in the rumen. In: PHILLIPSON, A.T. (Ed.). **Physiology of digestion and metabolism in the ruminant**. Cambridge: Oriel Press, 1970. p. 406-421.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 57, p. 347-358, 1996.

LOBLEY, G.E.; CONNELL, A.; LOMAX, M.A. Hepatic detoxification of ammonia in the ovine liver: possible consequences for amino acid catabolism. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 73, p. 667-685, 1995.

LOFGREEN, G.P. The estimation of total digestible nutrients from digestible organic matter. **Journal of Animal Science**, Savoy, IL, v.12, p.359-365, 1957.

LOVATTO, P.A.; SAUVANT, D. Modelagem aplicada aos processos digestivos e metabólicos do suíno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, p. 663-670, 2001.

LOYOLA, V.R.; SANTOS, G.T.; ZEOLA, L.N. Degradabilidade *in situ* do farelo de canola tratado com calor e/ou tanino. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 598-604, 1999.

LUKAS, M.K.H.; SUDEKUM, G.; RAVE, K.; FRIEDEL, A. Relationship between fecal crude protein concentration and diet organic matter digestibility in cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 83, p. 1332-1344, 2005.

MAAROUFI, C.; MELCION, J.P.; DE MONREDON, F.; GIBOULOT, B.; GUIBERT, D.; LE GUEN, M.P. Fractionation of pea flour with pilot scale sieving. I. Physical and chemical characteristics of pea seed fractions. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 85, p. 61-78, 1999.

MANDIKI, S.N.W.; BISTER, J.L.; DERYCKE, G.; WATHELET J.P.; MABON, N.; MARTIER, N.; PAQUAY, R. Optimal level of rapeseed meal in diets of lambs. In: INTERNATIONAL RAPESEED CONGRESS, 10., 1999, Camberra. **Proceedings ...**

MAYER, D.G.; STUART, M.A.; SWAIN, A.J. Regression of real-world data on model output: an appropriate overall test of validity. **Agricultural Systems**, Barking Essex, v. 45, p. 93–104, 1994.

MARANGONI, I.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C. Estudo da viabilidade da utilização do farelo de canola na alimentação de suínos na fase de crescimento (61-107 dias). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 683-696, 1996.

MARGEN CORDEIRO NOBRE RIO VERDE. Disponível em:
<<http://web1.cordeironobre.com.br>>. Acesso em: 22 nov. 2007.

MASS, R.A.; LARDY, G.P.; GRANT, R.J.; KLOPFENSTEIN, T.J. In situ neutral detergent insoluble nitrogen as a method for measuring forage protein degradability. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 77, p. 1565-1571, 1999.

MATRAS, J.; BARTLE, S.J.; PRESTON, R.L. Effects of ruminal escape proteins and canola meal on nitrogen utilization by growing lambs. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 68, p. 2546-2554, 1990.

McDONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 96, p. 251-252, 1981.

MCDONALD, P.; EDWARDS, R.; GREENHALGH, J. **Animal nutrition**. 3rd ed. Zaragoza: ACRIBIA, 1981. 518 p.

McDOWELL, R.E. **Bases biológicas de la producción animal em zonas tropicales**. Zaragoza: ACRIBIA, 1974. 692 p.

MEDEIROS, H.R. **Avaliação de modelos matemáticos desenvolvidos para auxiliar a tomada de decisão em sistemas de produção de ruminantes em pastagens**. 2003. 89 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Faculdade de Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 88, n. 3, p. 645-650, 1977.

MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 38, n. 3, p. 437-443, 1977.

MENA, H.; SANTOS, J.E.P.; HUBER, J.T. The effects of feeding varying amounts of gossypol from whole cottonseed and cottonseed meal in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 84, p. 2231-2239, 2001.

MENDES, A.R.; EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L.; NASCIMENTO, V.F. ; QUEIROZ, M.A.A. ; PEREIRA, E.M.O. Cinética digestiva e eficiência de síntese de proteína microbiana em novilhos alimentados com farelo de girassol e diferentes fontes energéticas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 264-274, 2006.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v.80, n.7, p.1463-1481, 1997.

MILIS, C.; LIAMADIS, D.; KARATZIAS, C.; ABAS, Z. Nitrogen in vivo digestibility and in situ degradability data for estimation of lower tract N digestibility with or without correction for microbial contamination. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.71, p. 205–214, 2007

MILLER, R.F. Sesame meal vs. cottonseed meal and peanut meal for lambs. **The American Society of Animal Production**, Albany, n. 1, p. 223-226, 1932.

MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. New York: Academic Press, 1990. 483 p.

MISRA, A.K.; MISHRA, A.S.; TRIPATHI, M.K.; CHATURVEDI, O.H.;VAITHIYANATHAN, S.; PRASAD, R.; JAKHMOLA, R.C. Intake, digestion and microbial protein synthesis in sheep on hay supplemented with prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indicus*) with or without groundnut meal. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 63, p. 125-134, 2006.

MONTGOMERY, M.J.; BAUMGARDT, B.R. Regulation of food intake in ruminants.2. Rations varying in energy concentration and physical form. **Journal of Dairy science**, Savoy, IL, v. 48, p. 1623-1628, 1965.

MOORBY, J.M.; DEWHURST, R.J.; EVANS, R.T., DANELÓN, J.L. Effect of dairy cow diet forage proportion on duodenal nutrient supply end urinary purine derivative excretion. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 89, n. 9, p. 3552-3562, 2006.

MOREIRA, J.F.C.; RODRIGUEZ, N.M.; FERNANDES, P.C.C. Concentrados protéicos para bovinos. Digestibilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 55, p. 324-333, 2003.

MORRISON, M.; MACKIE, R.I. Nitrogen metabolism by ruminal microorganisms: current understanding and future perspectives. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 47, n. 2, p. 227-246, 1996.

NAGAJARA, T.G.; NEWBOLD, C.J.; VAN NEVEL, C.J. Manipulation of ruminal fermentation. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Ed.). **The rumen microbial ecosystem**. London: Blackie Academic and Professional, 1997. p. 523-632.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of sheep**. 6th ed. Washington: National Academy Press, 1985. 99 p.

_____. **Nutrient requeriments of beef cattle**. 7th ed. Washigton: National Acadamy Press, 2001. 381 p.

NEIVA, J.N.M.; TEIXEIRA, M.; TURCO, S.H.N.; OLIVEIRA, S.M.P.; MOURA, A.A.A.N. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 668-678, 2004.

NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 71, p. 2051-2069, 1988

NOLAN, J.V. Nitrogen metabolism by ruminal microorganisms: current understanding and future perspectives. **Australian Journal of Agriculture**, East Melbourne, v. 47, p. 227-246, 1993.

OLIVEIRA, F.M.M., DANTAS, R.T., FURTADO, D.A., NASCIMENTO, J.W.B., MEDEIROS, A.N. Parâmetros de conforto térmico e fisiológico de ovinos Santa Inês, sob diferentes sistemas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 631-635, 2005.

OLIVEIRA, I.; SILVA, T.J.P.; FREITAS, M.Q.; TORTELLY, R.; PAULINO, F.O. Caracterização do processo de *Rigor Mortis* em músculos de cordeiros e carneiros da raça Santa Inês e maciez da carne. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 32, p. 25-31, 2004.

OLIVEIRA, M.V.M.; PEREZ, J.R.O.; ALVES, E.L.; MARTINS, A.R.V.; LANA, R.P. Rendimento de carcaça, mensurações e peso de cortes comerciais de cordeiros Santa Inês e Bergamácia alimentados com dejetos de suínos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 1451-1458, 2002.

ORELLANA, P.; BALCELLS, J.; MARTIN-ORUE, S.M.; LIANG, J.B.; GUADA, J.A. Excretion of purine derivates in cows: endogenous contribution and recovery of exogenous purine bases. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 68, p. 243-250, 2001.

ORSKOV, E.R. Starch digestion and utilization in ruminants. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 63, n. 6, p. 1624-1633, 1986.

_____. **Alimentación de los rumiantes: principios e práctico**. Zaragoza: Acríbia, 1990. 119 p.

ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurement weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, Amsterdam, v. 92, n. 1, p. 499-503, 1979.

OWENS, F.N.; GOETSCH, A. L. Digesta passage and microbial protein synthesis. In: MILLIGAN, L.P.; GROVUM, W.L.; DOBSON, A. **Control of digestion and metabolism in ruminants**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1986. p. 196-223.

_____. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D.C. (Ed.). **The ruminant animal digestive physiology and metabolism**. New Jersey: Prentice Hall, 1988. p. 145-171.

OWENS, F.N.; HANSON, C.F. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 75, n. 9, p. 2605-2617, 1992.

OWENS, F.N.; ZINN, R. Metabolismo de la proteína en los ruminants. In: CHURCH, C.D. (Ed.). **El ruminante: fisiología digestiva y nutrición**. Zaragoza: Acribia, 1988.

_____. Corn grain for cattle: Influence of processing on site and extent of digestion. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE, 2005, Tucson. **Proceedings ... Tucson**: University of Arizona, 2005. p. 86–112.

PEREIRA, E.M. **Substituição do milho por ingredientes alternativos na dieta de tourinhos confinados na fase de terminação**. 2005. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

PERKINS, T.L.; GREEN, R.D.; HAMLIN, K.E.; SHEPARD, H.H.; MILLER, M.F. Ultrasonic prediction of carcass merit in beef cattle: Evaluation of technician effects on ultrasonic estimates of carcass fat thickness and longissimus muscle area. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 70, n. 9, p. 2758-2765, 1992

PIEPENBRINK, M.S.; SCHINGOETHE, D.J. Ruminal degradation, amino acids composition and estimated intestinal digestibility of four protein supplements. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 81, p. 454-461, 1998.

PIWONKA, E.J.; FIRKINS, J.L. Effect of glucose fermentation on fiber digestion by ruminal microorganisms in vitro. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 79, p. 2196-2206, 1996.

PONCET, C.; MICHALET-DOREAU, B.; McALLISTER, T.A.; REMOND, D. Dietary compounds escaping rumen digestion. In: JOURNET, M.; GRENET, E.; FARCE, M.-H.; THERIEZ, M. (Ed.). **Recent developments in the nutrition of herbivores**. Paris: INRA Editions, 1995. p. 167–204.

PONNAMPALAM, E.N.; EGAN, A.R.; SINCLAIR, A.J.; LEURY, B.J. Feed intake, growth, plasma glucose and urea nitrogen concentration, and carcass traits of lambs fed isoenergetic amounts of canola meal, soybean meal, and fish meal with forage based diet. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 58, n. 3, p. 245-252, 2005

POORE, M.H.; ECK, T.P.; SWINGLE, R.S.; THEURER, C.B. Total starch and relative starch availability of feed grains. In: BIENIAL CONFERENCE ON RUMEN FUNCTION, 20., 1989, Chicago. **Proceedings** Chicago, 1989. 1 CD-ROM.

PRADO, O P.P.; ZEOULA, L.M.; CALDAS NETO, S.F., GERON, L.J.V., FERELI, F. Digestibilidade dos nutrientes de rações com diferentes níveis de proteína degradável no rúmen e fonte de amido de alta degradabilidade em ovinos. **Acta Scientiarum**, Maringá, n. 4, p. 521-527, 2004.

QUIN, J.I.; VAN DER WATH, J.G.; MYBURGH, G. Studies on the alimentary tract of Merino sheep in South Africa. 4. Description of experimental technique. **Journal of Veterinary Science and Animal Industry**, Pretoria, v. 11, p. 341-360, 1938.

RAGSDALE, C.T. **Spreadsheet modeling and decision analysis: a practical introduction to management science**. Cincinnati: South Western College Publ., 1997. 730 p.

RENNÓ, L.N. **Produção de proteína microbiana utilizando derivados de purina na urina, concentração plasmática de uréia e excreções de uréia e creatinina em novilhos**. 1999. 95 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

RISCO, C.A.; HOLMBERG, C.A.; KUTCHES, A. Effect of graded concentrations of gossypol on calf performance: toxicological and pathological considerations. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 75, p. 2787-2798, 1992.

ROBERTSON, J.A.; EASTWOOD, M.A. An investigation of the experimental conditions which could affect water-holding capacity of dietary fibre. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 32, p. 819-825, 1981

ROCHA, M.H.M.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; FERNANDES Jr, J.S.; MENDES, C.Q. Performance of Santa Ines lambs fed diets of variable crude protein levels. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 2, p. 141-145, 2004.

RODRIGUES, G.H. **Polpa cítrica na ração de cordeiros confinados: desempenho, digestibilidade das rações, características da carcaça e qualidade da carne**. 2005. 76 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

ROMMEY, D.L.; GILL, M. Intake of forage. In: GIVENS, D.I.; OWENS, E.; AXFORD, R.F.E.; OMED, M.M. (Ed.). **Forage evaluation in ruminant nutrition**. Wallingford: CAB Publ. 2000. chap.3, p. 43-62.

ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 63, n. 5, p. 1607-1623, Nov. 1986.

RUPP, G.P.; KREIKEMEIER, K.K.; PERINO, L.J.; ROSS, G.S. Measurement of volatile fatty acid disappearance and fluid flux across the abomasum of cattle, using an improved omasal cannulation technique. Participation of the reticulorumen and omasum in the total absorptive surface of the bovine forestomach. **American Journal of Veterinary Research**, Schaumburg, v. 55, n. 4, p. 522-529, 1994.

RUSSEL, A.J.F.; DONEY, J.M.; GUNN, R.G. Subjective assessment of body fat in live sheep. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 72, p. 451-454, 1969.

RUSSEL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G.; VAN SOEST, P.J., SNIFFEN, C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. rumen fermentation. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 70, n. 11, p. 3551-3561, 1992.

SAINZ, R.D.; BALDWIN, R.L. Models of growth, lactation and digestion in cattle. In: EVERLING, D.M.; QUADROS, F.L. VIÉGAS, J.; SANCHEZ, L.M.; GONÇALVES, M.B.F.; LOVATTO, P.A; RORATO, P.R.N. (Ed.). **Modelos para a tomada de decisões na produção de bovinos e ovinos**. Santa Maria: UFSM, 2002. p. 120-132

SANTIN, R.C.M.; CAETANO, M.; SOUZA, A.R.D.L.; LANNA, D.P.; MORAIS, M.G.; MORAIS, L.E.F.D.; NUNEZ, A.J.C. Avaliação do teor de amido fecal para quatro grupos genéticos em bovinos de corte. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 15., 2007, Pirassununga. **Resumos ...** Pirassununga: USP, FZEA, 2007. 1 CD- ROM.

SANTOS, F.A.P.; SANTOS, J.E.P.; THEURER, C.B. Effects of rumen-undergradable protein on dairy cow performance: a 12-years literature review. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 81, p. 3182-3213, 1998.

SANTOS, J.E.P. Distúrbios metabólicos. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 423-495.

SANTOS, J.E.P.; VILLASENOR, M.; DEPETERS, E.J. Type of cottonseed and level of gossypol in diets of lactating dairy cows: Effect on lactation performance and plasma gossypol. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 85, p. 1491-1501, 2002

SANTOS, R.L. Efeitos do gossipol sobre a reprodução. **Caderno Técnico Escola Veterinária da UFMG**, Belo Horizonte, n. 21, p. 73-82, 1997.

SANTOSO, B.; MWENYA, B.; SAR, C.; TAKAHASHI, J. Ruminant fermentation and nitrogen metabolism in sheep fed a silage-based diet supplemented with *Yucca schidigera* or *Y. schidigera* and nisin. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.129, p. 187–195, 2006

SANTOSO, B.; MWENYA, B.; SAR, C.; GAMO, Y.; KOBAYASHI, T.; MORIKAWA, R.; KIMURA, K.; MIZUKOSHI, H.; TAKAHASHI, J. Effects of supplementing galactooligosaccharides, *Yucca schidigera* and nisin on rumen methanogenesis, nitrogen and energy metabolism in sheep. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 91, p. 209–217, 2004.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT**: guide for personal computer; version 9.1. Cary, 2003. 235 p.

SCHELLING, G.T. Monensin mode of action in the rumen. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 58, p. 1518-1527, 1984.

SCHOFIELD, P. Gas production methods, In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.). **Farm animal metabolism and nutrition**. Wallingford: CAB Publ., 2000. chap. 10, p. 209-232.

SCOT CONSULTORIA. Disponível em: <http://www.scotconsultoria.com.br>. Acesso em: 21 nov. 2007.

SEOANE, J.R.; COTE, M.; GERVAIS, P. Prediction on the nutritive value of alfalfa (Saranc), Bromegrass (Saratoba), and timothy (Champ, Climax, Bounty) fed as hay to growing sheep. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 61, p. 403-413, 1981.

SILVA, F.F.; MUNIZ, J.A.; AQUINO, L.H.; SAFADI, T. Abordagem Bayesiana da curva de lactação de cabras Saanen de primeira e segunda ordem de parto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 27-33, 2005.

SILVA SOBRINHO, A.G. Aspectos quantitativos e qualitativos da produção de carne ovina. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 425-453.

SINDT, M.H.; STOCK, R.A.; KLOPFENSTEIN, T.J.; SHAIN, D.H. Effect of protein source and grain type on finishing calf performance and ruminal metabolism. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 71, p. 1047-1056, 1993.

SING, B.; NARANG, M.P. Some physico-chemical characteristics of forage and their relationships to digestibility. **Indian Journal of Animal Nutrition**, New Delhi, v. 8, p. 179-186, 1991.

SMITH, G.C.; DUTSON, T.R.; HOSTETLER, R.L.; CARPENTER, Z.L. Fatness, rate of chilling and tenderness of lamb. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 41, p. 748-756, 1976.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 70, n. 12, p. 3562-3577, 1992.

SOUZA, X.R.; BRESSAN, M.C.; PÉREZ, J.R.O.; FARIA, P.B.; VIEIRA, J.O.; KABEYA, D.M. Efeitos do grupo genético, sexo e peso ao abate sobre as propriedades físico-químicas da carne de cordeiros em crescimento. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 543-549, 2004.

STANFORD, K.; AALHUS, J.L.; DUGAN, M.E.R.; WALLINS, G.L.; SHARMA, R.; MCALLISTER, T. A. Effects of feeding transgenic canola on apparent digestibility, growth performance and carcass characteristics of lambs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, p. 299-305, 2003.

STREETER, M.N.; WAGNER, D.G.; OWENS, F.N.; HIBBERD, C.A. The effect of pure and partial yellow endosperm sorghum hybrids on site and extent of digestion in beef steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 69, p. 2571-2584, 1991

SUSIN, I. **Potencial produtivo de ovinos Santa Inês confinados e alimentados com rações de alta proporção de concentrado**. 2003. 105 p. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade São Paulo, Piracicaba 2003.

TAMMINGA, S. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 75, p. 345-357, 1992

TAMMINGA, S.; CHEN, X.B. Animal-based techniques for the stimulation of protein value. In: GIVES, D.I.; OWEN, E.; AXFORD, R.F.E. (Ed.). **Forage evaluation in ruminant nutrition**. Wallingford: CAB Publ., 2000. chap. 11, p. 215-232.

TEDESCHI, L.O. Assessment of the adequacy of mathematical models. **Agricultural Systems**, Barking Essex, v. 89, p. 225-247, 2006.

TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; GUIROY, P.J. A decision support system to improve individual cattle management. 1. A mechanistic, dynamic model for animal growth. **Agricultural Systems**, Barking Essex, v. 79, p. 171-204, 2004.

TEIXEIRA, A.S. **Alimentos e alimentação dos animais**. Lavras: UFLA; FAEPE, 1998. 402 p.

TEIXEIRA, J.C.; SANTOS, R.M.; OLIVEIRA, A.I.G. Degradabilidade ruminal da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de rações contendo caroço de algodão e grão de milho, em diferentes formas físicas, em vacas da raça Holandesa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, p. 814-823, 1996.

THEURER, C.B.; HUBER, J.T.; DELGADO-ELORDUY, A.; WANDERLEY, R. Invited review: summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 82, p. 1950-1959, 1999.

TOPPS, J.H.; ELLIOTT, R.C. Relationship between concentrations of ruminal nucleic acids and excretion of purine derivatives by sheep. **Nature**, London, v. 205, p. 498-499, 1965

UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; VAN SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 31, n. 2, p. 625-638, 1980.

URANO, F.S.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; RODRIGUES, G.H.; ARAUJO, R.C.; MATTOS, W.R.S. Desempenho e características de carcaça de cordeiros confinados alimentados com grão de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 10, p. 1525-1530, 2006.

VAGNONI, D.B.; BRODERICK, M.K.; CLAYTON, R.D.; HATFIELD, R.D. Excretion of purine derivatives by Holstein cows abomasally infused with incremental amounts of purines. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 80, n. 8, p. 1695-1702, 1997.

VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S.C., CLAYTON, M.K. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 82, n. 12, p. 2686-2696, 1999.

VAN MILGEN, J.; MURPHY, M.R.; BERGER, L.L. A compartmental model to analyze ruminal digestion. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 74, n. 8, p. 2515-2529, 1991.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2nd ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476 p.

VAN SOEST, P.J.; MASON, V.C. The influence of the Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 32, p. 45-53, 1991.

VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. **Journal of the Association of Official Agricultural Chemists**, Washington, v. 51, p. 780-785, 1968.

VASQUEZ-BLANCO, M. E. HPLC determination of pectin in raspberries as galacturonic acid and optimization using forward optical scanning. **Journal of Chromatographic Sciences**, Evanston, v. 31, p. 477-479, 1993.

- VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A.; ORSKOV, E.R. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 114, n. 3, p. 243-246, 1990.
- VINCENT, I.C.; THOMPSON, J.; HILL, R. The voluntary feed intake and weight gain of lambs given concentrate feeds containing rapeseed meal with a range of glucosinolate contents. **Animal Production**, Edinburgh, v. 50, p. 587, 1990.
- WISEK, W.J. Ammonia metabolism, urea cycle capacity and their biochemical assesment. **Nutrition Review**, México, v. 37, n. 9, p. 273-282, 1979.
- WALDO, D.R.; GLENN, B.P. Comparison of new protein systems for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. Savoy, IL, v. 67, p. 1115–1133, 1984.
- WALDO, D.R.; SMITH, L.W. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v.69, p. 617-631, 1972.
- WATTIAUX, M.A. **A mechanism influencing passage of forage particles through the reticulo-rumen: change in specific gravity during hydration and digestion**. 1993. 253 p. Thesis (PhD) - The University of Wisconsin, Madison, 1993.
- WEBSTER, A.J.F.; KAYA, S.; DJOUVINOVA, D.S.; KITCHERSIDE, M.A.; GLEN, E.F. Purine excretion and estimated microbial protein yield in sheep fed diets differing in protein degradability. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 105, p. 123–134, 2003
- WEIDNER, S.J.; GRANT, R.J. Altered ruminal mat consistency by high percentages of soybean hulls fed to lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 77, n. 2, p. 522-532, 1994.
- WIESE, S.C.; WHITE, C.L.; MASTERS, D.G.; MILTON, J.T.B.; DAVIDSON, R.H. Growth and carcass characteristics of prime lambs fed diets containing urea, lupins or canola meal as a crude protein source. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 43, p. 1193-1197, 2003
- WING, J.M. **Citrus feedstuffs for dairy cattle**. Gainesville: University of Florida, 1982. 15 p. (Bulletin, 829).
- WOODWARD, S.J.R. Formulae for predicting animals daily intake of pasture and grazing from the bite weight and composition. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 52, p. 1-10, 1997.
- YOUNG, B.A. Effect of environmental stress on nutrient needs. In: CHURCH, D.C. (Ed.). **The ruminant animal**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1988. p. 456-467.

YU, P.; HUBER, J.P., SANTOS F.A.P., SIMAS, J.M.M., THEURER, C.B. Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, IL, v. 81, n. 3, p. 777-783, 1998.

ZINN, R.A.; OWENS, F.N. A rapid procedure for purine measurements and its use for estimating net ruminal protein synthesis. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 66, n. 1, p. 157-165, 1986.

ZINN, R.A.; OWENS, F.N.; WARE, R.A. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 80, p. 1145–1156, 2002.

ZINN, R.A.; BARRERAS, A.; CORONA, L.; OWENS, F.N.; WARE, R.A. Starch digestion by feedlot cattle: Predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 85, p. 1727–1730, 2007.