

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**AVALIAÇÃO DA INCLUSÃO DO FARELO DE
CANOLA EM DIETAS PARA RUMINANTES**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Fernanda Hentz

**Santa Maria, RS, Brasil
2010**

AVALIAÇÃO DA INCLUSÃO DO FARELO DE CANOLA EM DIETAS PARA RUMINANTES

por

Fernanda Hentz

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal/Nutrição de Ruminantes, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Zootecnia.**

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Vilmar Kozloski

**Santa Maria, RS, Brasil
2010**

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**AVALIAÇÃO DA INCLUSÃO DO FARELO DE CANOLA EM
DIETAS PARA RUMINANTES**

elaborada por
Fernanda Hentz

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Gilberto Vilmar Kozloski, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

José Luis Repetto, Dr. (UdelaR, Uruguay)

Harold Ospina Patiño, Dr. (UFRGS)

Santa Maria, 09 de julho de 2010.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus acima de tudo por estar sempre comigo.

À minha família pelo amor e apoio incondicional em todos os momentos.

Ao meu orientador Gilberto Vilmar Kozloski pela oportunidade proporcionada e o exemplo de caráter e seriedade pessoal e científica, dos quais nunca esquecerei.

Aos Prof. Luis Maria Bonnetarérre Sanchez e Fernando Luiz Ferreira de Quadros pela co-orientação e os ensinamentos.

Ao Prof. José Laerte Nörnberg pelo apoio e incentivo.

Aos amigos e colegas: Ana Carolina Fluck, Roberta Farenzena, Francisco Rondon Mesquita, Tiago Alves e Diego Zeni pelo apoio e a amizade.

Aos estagiários e bolsistas do laboratório, em especial à minha equipe, Pablo de Souza Castagnino, Suélen Capa de Àvila, Tiago Orlandi e Gabriel Faria Estivallet Pacheco pelo auxílio desmedido na condução do experimento.

À Carla Joice Härter e Douglas de Souza Castagnino pelo apoio, pelas grandes pessoas que são.

À Júlia Gomes Farias, Kelly Taline Veiverberg e Alessandro Fiorentini, pela amizade e o companheirismo.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa - CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade Federal de Santa Maria

AVALIAÇÃO DA INCLUSÃO DO FARELO DE CANOLA EM DIETAS PARA RUMINANTES

AUTOR: FERNANDA HENTZ

ORIENTADOR: GILBERTO VILMAR KOZLOSKI

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 09 de julho de 2010

Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a inclusão de farelo de canola na dieta de ovinos e seus efeitos sobre o consumo de volumoso, digestibilidade, síntese protéica microbiana ruminal e retenção de nitrogênio. Oito ovinos machos cruzados Texel x Polwarth ($31,1 \pm 3,8$ kg PV), quatro destes implantados com cânula duodenal foram utilizados em um delineamento quadrado Latino 4x4 duplo com períodos de 15 dias, sendo 10 dias adaptação e cinco dias coleta de dados. A dieta experimental basal foi composta de capim Sudão (*ad libitum*, 10% de sobras) e os tratamentos foram: capim Sudão (controle), ou suplementado com 5, 10 ou 15 g/kg PV de concentrado, ofertados duas vezes ao dia às 08:00 e 17:00h. O concentrado foi 90% farelo de canola e 10% de milho moído. O consumo de MS da forragem decresceu linearmente ($P < 0,001$) com o aumento no consumo de suplemento e foi em média 26,1% menor em relação ao grupo controle. O consumo total de MS que inclui forragem e suplemento aumentou 30,6% e o consumo de MOD aumentou 41% nos animais suplementados. Não houve efeito da suplementação sobre a digestibilidade da MS e da MO, todavia, houve redução na digestibilidade da FDN e aumento na digestibilidade do N. A síntese e a eficiência de síntese protéica microbiana ruminal não foram afetadas ($P > 0,05$) pela adição do suplemento à dieta. A retenção de N foi substancialmente maior ($P < 0,001$) nos animais recebendo o farelo de canola (236%), e foi devida principalmente à maior oferta de aminoácidos. A suplementação aumentou a oferta total de nutrientes e a retenção de nitrogênio em ovinos, todavia, exerceu um efeito negativo sobre o consumo de forragem e a digestibilidade da fibra.

Palavras chave: consumo; farelo de canola, digestibilidade, síntese protéica microbiana ruminal, retenção de nitrogênio

ABSTRACT

Master of Science Thesis
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade Federal de Santa Maria

EVALUATION OF CANOLA MEAL INCLUSION IN RUMINANT DIETS

AUTHOR: FERNANDA HENTZ

ADVISER: GILBERTO VILMAR KOZLOSKI

Defense's Place and Date: Santa Maria, July, 09, 2010

Eight Texel x Polwarth crossbred wethers (31.1 ± 3.8 kg BW), four with duodenal cannulae were used in a replicated 4x4 Latin square design to evaluate effects of canola meal (44.4% CP, 29.5% NDF and 3.2% EE; DM basis) on intake, whole-tract digestibility, microbial protein synthesis and nitrogen retention. The basal diet consisted of *ad libitum* access to sudangrass (10% refusals). Treatments were sudangrass only (control), or supplemented with 5, 10, or 15 g/kg BW of concentrate, offered twice daily at 0800 and 1700h. Concentrate was 90% canola meal and 10% finely ground corn. Wethers were adapted to diets for 10 d followed by a 5-d collection period. Forage DMI decreased linearly ($P < 0.001$) as supplement intake increased, and was 26.1% lower in supplemented animals in relation to the control group. Total DMI, which included forage and supplement, increased 30.6% and digestible OM intake increased 41% with supplementation. Supplementation did not affect DM and OM digestibility, while depressed NDF digestibility and improves N digestibility. Microbial protein synthesis and microbial efficiency were not affected by supplementation. Nitrogen retention was markedly higher in supplemented animals (236% higher), and was due mainly to the higher duodenal flow of amino acids. Supplementation with canola meal improves total nutrient supply, however, exerted a negative effect on forage intake and fiber digestibility in wethers.

Key words: intake, digestibility, biodiesel byproducts, ruminal microbial protein synthesis, nitrogen retention

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 1 - Contribuição de aminoácidos da proteína microbiana e de alguns ingredientes utilizados em nutrição de vacas leiteiras, em relação ao perfil de aminoácidos do leite (NRC, 2001)..... | 19 |
| TABELA 2 - Composição química dos ingredientes utilizados no experimento..... | 26 |
| TABELA 3 - Consumo diário de matéria seca, matéria orgânica e compostos não nitrogenados por ovinos recebendo Sorghum sudanense sem suplementação ou suplementados com 5, 10 ou 15 g/kg de peso vivo de farelo de canola. | 31 |
| TABELA 4 - Digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e compostos não nitrogenados por ovinos recebendo Sorghum sudanense suplementados com 5, 10 ou 15 g/kg PV de farelo de canola..... | 32 |
| TABELA 5 - Consumo, digestibilidade, balanço do N e excreção urinária de derivados de purinas em ovinos recebendo Sorghum sudanense suplementados com 5, 10 ou 15 g/kg PV de farelo de canola..... | 33 |
| TABELA 6 - Digestibilidade ruminal e síntese de proteína microbiana ruminal em ovinos recebendo <i>Sorghum sudanense</i> suplementados com 5,10 ou 15 g/kg PV de farelo de canola | 34 |

LISTA DE APÊNDICES

| | |
|---|----|
| APÊNDICE A – Dados relativos ao consumo de matéria seca (MSt), matéria orgânica (MOt), matéria seca da forragem (MSfor), fibra em detergente neutro (FDN), FDN do concentrado (FDN conc.), FDN da forragem (FDN forr), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LDA), extrato etéreo (EEt), carboidratos (CHO), carboidratos não fibrosos (CNF), nitrogênio (N), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel ácido (NIDA) e nutrientes digestíveis totais real (NDT), expressos em g/d..... | 50 |
| APÊNDICE B – Dados relativos à excreção fecal de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LDA), nitrogênio (N), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), extrato etéreo (EE) e carboidratos (CHO), expressos em g/d. | 52 |
| APÊNDICE C – Dados relativos ao fluxo duodenal de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), aminoácidos (alfa-amino) e nitrogênio amoniacal (N-NH ₃). | 53 |
| APÊNDICE D – Dados relativos ao fluxo duodenal de nitrogênio microbiano estimado pelas purinas (Nm deriv) ou derivados de purinas (Nm pur), nitrogênio residual do alimento estimado por derivados de purinas (NR der) ou por purinas duodenais (NR pur) e nitrogênio degradável no rúmen estimado pelos derivados (NDR der) ou pelas purinas duodenais (NDR pur). | 54 |
| APÊNDICE E – Dados relativos a retenção de nitrogênio..... | 55 |
| APÊNDICE F – Dados relativos ao cálculo de fluxo de nitrogênio microbiano (Nm) utilizando os derivados de purinas. | 56 |

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 - Regressões lineares para as variáveis afetadas significativamente ($P < 0,10$) pelos níveis de suplementação (5, 10 e 15 g/kg PV) de farelo de canola...57

SUMÁRIO

| | |
|---|------------|
| LISTA DE TABELAS | i |
| LISTA DE APÊNDICES | ii |
| LISTA DE ANEXOS | iii |
| SUMÁRIO..... | iv |
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 HIPÓTESE | 14 |
| 3 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO | 15 |
| 3.1 Canola (Brassica napus var. Oleífera) | 15 |
| 3.2 Produção de biodiesel a partir da canola..... | 16 |
| 3.3 Farelo de canola | 18 |
| 3.4 Degradação da proteína no rúmen..... | 20 |
| 3.5 Efeitos da suplementação protéica na alimentação de ruminantes | 22 |
| 3.5.1 Consumo | 22 |
| 3.5.2 Digestibilidade | 23 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS..... | 25 |
| 4.1 Local e época..... | 25 |
| 4.2 Animais, dietas e delineamento experimental | 25 |
| 4.3 Condução do experimento | 25 |
| 4.4 Análises laboratoriais | 27 |
| 4.5. Cálculos..... | 28 |
| 4.6 Análise estatística | 29 |
| 5 RESULTADOS..... | 31 |
| 5.1 Consumo e digestibilidade dos compostos não nitrogenados..... | 31 |

| | |
|--|-----------|
| 5.2 Consumo, digestibilidade e balanço do N..... | 32 |
| 5.4 Digestibilidade ruminal e síntese de proteína microbiana..... | 34 |
| 6 DISCUSSÃO | 36 |
| 6.1 Composição química do farelo de canola | 36 |
| 6.2 Oferta de energia | 36 |
| 6.3 Oferta de aminoácidos e síntese de proteína microbiana | 38 |
| 6.4 Eficiência de utilização do N | 39 |
| 7 CONCLUSÕES | 42 |
| 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 43 |
| 9 APÊNDICES..... | 50 |
| 10 ANEXOS | 57 |

1 INTRODUÇÃO

A produtividade dos ruminantes muitas vezes é limitada pela quantidade e/ou qualidade do volumoso disponível, de modo que a inclusão de concentrados na dieta é uma prática comum com vistas a suprir a demanda destes animais por nutrientes. Os concentrados normalmente utilizados nos sistemas de produção de leite ou de carne, particularmente no sul do Brasil, são grãos de cereais ou farelos protéicos, os quais, além de energeticamente dispendiosos, são utilizados também na alimentação humana e oneram os custos de produção. De outra forma, o uso de subprodutos agroindustriais como suplementos alimentares para ruminantes constitui-se em uma alternativa com potencial para melhorar a eficiência econômica e produtiva dos sistemas de produção, particularmente daqueles que têm acesso a estes subprodutos.

Nesse sentido, o governo brasileiro definiu no início do presente século que a agroenergia é uma das áreas estrategicamente prioritárias para o país e criou o Plano Nacional de Agroenergia e o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel. O crescimento da agroindústria do biodiesel tem criado novas demandas tecnológicas associadas ao uso de diferentes matérias primas, ao processo de extração, processamento, armazenagem e uso do biodiesel, e também, demandas associadas ao aproveitamento dos subprodutos. No sul do Brasil há uma grande diversidade de oleaginosas que podem ser empregadas na produção de biodiesel, se destacando a cultura da soja, o girassol e a canola. A canola é uma cultura alternativa de inverno, típica de regiões temperadas. A área semeada com esta cultura em 2004 no Rio Grande do Sul (RS) foi de 10.804 ha, expandindo para aproximadamente 23.000 ha no ano de 2009, sendo que no Brasil foram 31.000 ha (CONAB, 2009). O cultivo de canola possui grande valor sócio-econômico por possibilitar a produção de óleos vegetais no inverno, vindo se somar à produção de soja no verão, e assim, contribuir para otimizar o uso dos meios de produção (terra, equipamentos e pessoas) disponíveis (EMBRAPA, 2008). Contudo, a caracterização bromatológica e a avaliação do potencial do uso do farelo de canola na alimentação de ruminantes, particularmente daquele produzido pela agroindústria regional,

necessita ser estabelecido, o que corresponde aos objetivos do presente estudo.

2 HIPÓTESE

O farelo de canola pode ser utilizado como suplemento protéico na alimentação de ruminantes. Entretanto, existe um nível de inclusão que maximiza a oferta de energia e proteína metabolizável ao animal.

3 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

3.1 Canola (*Brassica napus* var. *Oleífera*)

A canola é uma planta da família das crucíferas, obtida do cruzamento das cultivares *Brassica napus* (colza) e *Brassica campestris* (mostarda). É uma cultura alternativa de inverno, típica de regiões temperadas.

O termo canola era a marca registrada industrial para **Canadian Oil Low Acid**. Em 1986 este foi corrigido e tornou-se um termo genérico internacional, passando a descrever a planta que contém menos do que dois por cento do total de ácidos graxos em ácido erúico, e menos do que três μ moles de glicosinatos por grama de MS desengordurada na semente (CANOLA COUNCIL OF CANADA, s/d).

A semente de canola contém aproximadamente 40,5% de óleo, o que a torna uma das oleaginosas com maior teor de óleo disponível para a produção de biodiesel (LARDY, 2008). Os ácidos graxos que compõe o óleo de canola são em sua maioria, oléico (C18: 1), linoléico (C18:2) e linolênico (C18:3).

A redução nos níveis de glicosinatos da canola, comparado a colza (120 a 150 e <3 μ moles/g, respectivamente), constitui o maior avanço na qualidade nutricional da cultura. Os glicosinatos são compostos naturais derivados de aminoácidos, que são produzidos pelo metabolismo secundário de plantas da ordem das *Capparales*, que entre outras famílias, compreende a *Brassicaceae* (TOLRA et al., 2000).

Os glicosinatos são hidrolisados pelas enzimas glicosinolase ou tioglicosidase, (catalisadas pela enzima mirosinase presente nas plantas) em glicose, sulfato de hidrogênio (HSO_4) e um dos derivados de agliconas: isotiocianato, tiocinato, nitrilas ou compostos relacionados, os quais apresentam efeitos antinutricionais para os animais. As enzimas para a hidrólise dos glicosinatos são produzidas pelas plantas e por microrganismos do rúmen. Elas reagem com os glicosinatos quando os tecidos das plantas são quebrados, por exemplo, através do processo de flocação, mastigação, ou ataque microbiano no rúmen (CANOLA COUNCIL OF CANADA, s/d).

No Sul do Brasil as matérias-primas que têm maior potencial para extração do biodiesel, além da cultura da soja, são o girassol e a canola. O cultivo de canola iniciou-se no Brasil no estado do Rio Grande do Sul (RS) em 1974, na década de 80 no Paraná (PR) e em Goiás (GO) no ano de 2003 (TOMM, 2005).

O cultivo desta cultura possui grande valor sócio-econômico por possibilitar a produção de óleos vegetais no inverno, vindo se somar à produção de soja no verão, e assim, contribuiu para otimizar o uso dos meios de produção (terra, equipamentos e pessoas) disponíveis (EMBRAPA, 2008). A grande disponibilidade de áreas adequadas ao cultivo de canola no RS é ilustrada pelo fato de que o estado cultivava atualmente área bem inferior aos dois milhões de hectares de trigo que já cultivou no passado (TOMM, 2005). Portanto, a produção de canola nestas áreas poderá permitir a expansão da produção de óleo para utilização como biodiesel, além de expandir o emprego desse óleo para consumo. Além disso, a transformação da canola em biocombustível permite aproveitar os grãos que sofreram excesso de chuva na colheita, seca, ou outros fatores que comprometem a qualidade para comercialização.

3.2 Produção de biodiesel a partir da canola

Com o lançamento do Plano Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) o governo brasileiro vem aplicando políticas de estímulo ao desenvolvimento de toda a cadeia do biodiesel. Entre estas medidas, foi tornada obrigatória pela Lei nº 11.097/2005, a partir de junho de 2008, em todo território nacional, a mistura de 3% de biodiesel ao diesel de petróleo, o que demandou 840 milhões de litros. Em janeiro de 2013, essa obrigatoriedade passará para 5% e será necessário que 2,5 bilhões de litros de biodiesel sejam produzidos (BRASIL, 2005). A área plantada necessária para atender ao percentual de 2% de inclusão de biodiesel é estimada em 1,5 milhões de hectares, o que corresponde a aproximadamente 1% da área ocupada com agricultura no Brasil.

Para a produção de biodiesel, diferentes sementes oleaginosas podem ser utilizadas. Estas necessitam passar por procedimentos de preparação da matéria prima, os quais visam criar as melhores condições para a extração do óleo e a posterior efetivação da reação de esterificação e sua conversão em biodiesel, sendo:

1) *Limpeza e flocação*: as sementes de canola que irão para a planta extratora necessitam obedecer padrões de qualidade, incluindo nível máximo de umidade, danos às sementes e impurezas. Para isto, as sementes passam por um processo de limpeza e secagem antes do processamento. A umidade das sementes deve estar entre seis e 10%. Acima de 10%, a hidrólise dos glicosinolatos pode proceder muito rapidamente, e abaixo de 6%, a enzima mirosinase é apenas desativada lentamente pelo calor. Uma vez limpas, as sementes passam por rolos de prensagem branda, para efetuar o processo de flocação, que irá promover a ruptura física da casca das sementes.

2) *Cozimento*: após o processo de flocação, os flocos de semente de canola passam por túneis de vapor e são cozidos. O cozimento serve para, termicamente, romper células de óleo que se mantiveram intactas da flocação e desativar a enzima mirosinase. O ciclo de cozimento normalmente dura de 15 a 20 min. com temperaturas entre 80 e 105 °C, com um ótimo de 88 °C.

3) *Prensagem*: os flocos de semente de canola cozidos são prensados em prensas ou expellers. Estas unidades consistem de um barril cilíndrico com uma prensa giratória trabalhando em seu interior, que permite o óleo escorrer, enquanto a torta permanece no interior do barril. Essa operação remove a maior parte do óleo, normalmente 60 a 70%, e deve evitar temperatura e pressão excessivas, visando a produção de tortas de qualidade aceitável.

4) *Extração com solvente*: o processo de prensagem não é hábil em remover todo o óleo da semente de canola. Desta forma, a torta remanescente da prensagem é submetida à extração por ação de solvente (hexano). O farelo de canola saturado de hexano que deixa o extrator possui menos de 1% de óleo.

5) *Dessolventização e tostagem*: em uma série de compartimentos dentro do dessolventizador, a maior parte do solvente é separado do farelo por injeção de vapor. A separação final e a secagem do farelo são realizadas em compartimentos subsequentes, aquecidos a 103 - 107 °C. O tempo gasto no dessolventizador - tostador é de aproximadamente 20 min. e o farelo sai livre de solvente. O teor de óleo residual é de aproximadamente 1%, e a umidade entre 15 e 18%. Após a secagem até 8 - 10% de umidade e resfriamento, o farelo pode ser armazenado. (Todos os procedimentos acima são descritos pelo CANOLA COUNCIL OF CANADA, s/d).

6) *Produção do biodiesel*: O biodiesel pode ser produzido pelos processos de craqueamento ou transesterificação. Craqueamento diz respeito ao processo de produzir compostos orgânicos de cadeias menores partindo-se de cadeias maiores, pelo calor. Na transesterificação, há a conversão do óleo ou gordura em ésteres de ácidos graxos, que constituem o biodiesel. Nessa reação, a matéria-prima é misturada com um álcool (metanol ou etanol) e um catalisador. Na primeira fase da reação, os reagentes agem rompendo as ligações éster entre o glicerol e os ácidos graxos (saponificação) dos triglicerídeos, seguido da esterificação dos ácidos graxos livres e o álcool utilizado, gerando como produtos os ésteres (metílicos ou etílicos) de ácidos graxos e o glicerol (PARENTE, 2003). O processo de transesterificação pode empregar catalisadores ácidos, alcalinos (NaOH ou KOH) e enzimáticos.

3.3 Farelo de canola

O farelo de canola deve possuir no mínimo 34% de PB e o conteúdo desse nutriente na MS é influenciado pelo ajuste do teor de óleo residual no farelo. O ajuste do óleo remanescente também influencia o valor energético dos subprodutos da canola, porém, os baixos valores de energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) encontrados no farelo, devem-se principalmente aos altos níveis de fibra, os quais são três vezes maior do que os encontrados no farelo de soja (12,1% e 3,4% respectivamente), pois ao contrário do último, as cascas da canola permanecem no farelo, perfazendo aproximadamente 30% de sua composição (CANOLA COUNCIL OF CANADA, s/d).

O FC apresenta aproximadamente 35% de proteína não degradável no rúmen (PNDR) (NRC, 2001, CNCPS, 2003), cujo perfil de aminoácidos é muito semelhante ao encontrado no leite de bovinos ((PIEPENBRINK; SCHINGOETHE, 1998). Há um interesse crescente em balancear as dietas de vacas leiteiras visando atender as exigências por aminoácidos. Schingoethe, (1991) comparando proteína microbiana, farelo de canola, farelo de soja, farelo de glúten de milho, de algodão e girassol, quanto à composição aminoacídica, concluiu que o farelo de canola possui o melhor balanço de aminoácidos para a produção de leite, em função dos relativamente altos níveis de aminoácidos limitantes (Tabela 1).

Tabela 1. Contribuição de aminoácidos da proteína microbiana e de alguns ingredientes utilizados em nutrição de vacas leiteiras, em relação ao perfil de aminoácidos do leite (NRC, 2001)¹

| | Aminoácidos (% da PB do leite) | | | | | | |
|--------------|--------------------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| | Leite (%EAA) | PM* | FC** | FS | FGM | FA | FG |
| Arginina | 7,2 | 139 | 197 | 225 | 99 | 361 | 288 |
| Histidina | 5,5 | 73 | 138 | 111 | 85 | 120 | 113 |
| Isoleucina | 11,4 | 107 | 83 | 89 | 80 | 64 | 87 |
| Leucina | 19,5 | 81 | 82 | 88 | 190 | 71 | 133 |
| Lisina | 16,0 | 119 | 84 | 87 | 23 | 61 | 50 |
| Metionina | 5,5 | 84 | 95 | 58 | 95 | 67 | 102 |
| Fenilalanina | 10,0 | 104 | 103 | 116 | 141 | 125 | 110 |
| Treonina | 8,9 | 121 | 113 | 98 | 84 | 85 | 98 |
| Triptofano | 3,0 | 90 | 115 | 93 | 40 | 93 | 97 |
| Valina | 13,0 | 85 | 88 | 78 | 79 | 77 | 90 |

¹EAA= aminoácidos essenciais, PM=proteína microbiana, FC=farelo de canola, FS=farelo de soja, FGM=farelo de glúten de milho, FA= farelo de algodão. *Considerando razão 50:50 bactérias e protozoários. **Schingoethe, (1991). Todos os demais valores NRC, (2001).

Todos os farelos de oleaginosas tem uma característica em comum; terem sofrido processos de manufaturação para serem originados. Cada um desses passos apresenta a oportunidade de variações que podem afetar o valor nutricional final do produto (DALE, 1996).

Temperaturas mínimas de processamento são necessárias para desativar a enzima mirosinase, todavia, temperaturas muito elevadas por um longo período de tempo podem influenciar grandemente a qualidade e a disponibilidade da proteína do farelo ao animal (CANOLA COUNCIL OF CANADA, s/d). Aquecimento excessivo durante o processamento pode resultar em reduzida digestibilidade de alguns aminoácidos, especialmente da lisina, que é particularmente sensível à reação de Maillard (DALE, 1996). Newkirk; Klassen, (2000) examinaram a qualidade do farelo nos vários estágios de processamento, em diversas plantas extratoras no Canadá e concluem que o farelo de canola é um produto uniforme e de alta qualidade até adentrar a fase do dessolventizador - tostador. Durante essa fase, a digestibilidade da proteína bruta e da lisina foi reduzida significativamente. Eles sugerem que as

temperaturas comumente utilizadas para a completa remoção do solvente e a secagem final do farelo (aprox. 105 °C) causam danos à proteína. Os mesmos autores encontraram ainda que, aquecendo a uma temperatura máxima de 95 °C aumentou significativamente a digestibilidade da lisina, a níveis semelhantes aos encontrados para o farelo de soja.

3.4 Degradação da proteína no rúmen

A aderência bacteriana às partículas do alimento, seguida da atividade de proteases microbianas é o primeiro passo para a degradação da proteína no rúmen (BROCK et al., 1982). Muitas espécies de bactérias, protozoários ciliados e fungos exibem atividade proteolítica e em função das proteínas possuem diferentes tipos de ligações formando a sua estrutura, a ação sinérgica de diferentes proteases é necessária para sua completa degradação (WALLACE, 1997).

O tipo de proteína, interações com outros nutrientes (principalmente carboidratos) e a população microbiana predominante (dependente do tipo de dieta, taxa de passagem e pH) no rúmen são os principais fatores influenciando a degradação microbiana da proteína (BACH et al., 2005).

A solubilidade da proteína está positivamente relacionada com degradabilidade (McDonald; Hall, 1957), todavia, solúvel não é sempre sinônimo de altamente degradável. As propriedades químicas e físicas das proteínas que determinam a sua solubilidade afetam a acessibilidade das proteases microbianas aos sítios hidrolisáveis das cadeias polipeptídicas e dessa forma, a degradação da proteína (NOLAN; DOBOS, 2005). As albuminas, por exemplo, são solúveis, mas algumas delas possuem ligações dissulfeto que as tornam lentamente degradáveis no rúmen, indicando que outros fatores além da solubilidade afetam a degradação protéica (BACH et al., 2005).

A taxa de passagem influencia grandemente a degradação da proteína. Quando há um aumento no grau de diluição do fluido e de partículas do rúmen, uma maior parte da proteína solúvel e potencialmente degradável, e daquela presente em partículas, flui para fora do rúmen sem ser degradada (KOZLOSKI, 1995).

O tipo de substrato sendo fermentado influencia diretamente o pH ruminal e esses dois fatores em conjunto determinam o tipo de população microbiana que estará predominando no rúmen. Kopečný; Wallace (1982) reportam que o pH ideal

para as enzimas proteolíticas ruminais varia de 5,5 a 7. As bactérias amilolíticas possuem maior atividade proteolítica que as celulolíticas (WALLACE, 1997). Dessa forma, dietas mais ricas em concentrado, que causam redução no pH ruminal podem aumentar a degradação da proteína. Todavia, isso nem sempre ocorre. Muitas proteínas nas plantas estão enredadas em uma matriz fibrosa que necessita ser degradada para que as proteases tenham acesso à proteína e iniciem sua degradação (BACH et al., 1995). Debroas; Blanchart (1993) observaram que a degradação do nitrogênio associado à FDN por bactérias proteolíticas somente ocorreu quando a despolimerização da celulose teve início. Endres; Stern (1993) verificaram que a contagem de bactérias proteolíticas não diminuiu quando reduziram o pH do rúmen de 6,3 para 5,9, mas que a população celulolítica diminuiu em aproximadamente 50%, o que afetou negativamente a degradação da FDN e da PB da dieta. Assoumani et al. (1992) adicionam amilases em dietas ricas em grãos de cereais e reportaram aumentos na degradação da proteína de 6 a 20 unidades percentuais. Nesse contexto, a degradação da proteína depende indiretamente da atividade de enzimas não proteolíticas, e o pH (influenciado pelo tipo de substrato sendo fermentado no rúmen) tem efeito direto por influenciar no acesso das enzimas proteolíticas à proteína.

Muitos métodos de processamento também influenciam na degradação da proteína. A redução no tamanho de partícula aumenta a degradação ruminal da proteína por aumentar a área superficial disponível à digestão e por romper barreiras físicas como casca (MICHALET-DOREAU; CERNEAU, 1991). Tratamentos por calor, e adição de reagentes químicos são os dois métodos mais utilizados para reduzir a degradabilidade ruminal. O objetivo é criar uma modificação química dependente de pH, que reduz a taxa de degradação no rúmen, mas é reversível no baixo pH do abomaso e início do intestino delgado (ASHES et al., 1984). A nível comercial, a extração de solventes seguida da tostagem são os métodos mais comumente utilizados de tratamento por calor em proteínas de oleaginosas (VAN DER POEL et al., 2005).

Os produtos da atividade proteolítica ruminal são os peptídeos e aminoácidos, os quais são transportados para o interior das células bacterianas. Os peptídeos são degradados a aminoácidos por peptidases e estes podem ser incorporados à proteína bacteriana ou desaminados até ácidos graxos voláteis, CO₂ e amônia (Tamminga, 1979).

3.5 Efeitos da suplementação protéica na alimentação de ruminantes

3.5.1 Consumo

A suplementação é definida como a adição de nutrientes a uma dieta basal e pode ter como objetivos: maximizar a taxa de crescimento ou a produção, preencher uma deficiência da dieta, como energia ou proteína ou principalmente, compensar quantidades insuficientes ou pastagens de baixa qualidade (HINTON, 2007).

Muitos fatores da dieta e suas interações afetam a fermentação ruminal, a digestibilidade e o metabolismo da dieta por ruminantes (NOUSIAINEN et al. 2009). A resposta animal à suplementação em muitos casos é maior ou menor que a esperada, dependendo da quantidade e do tipo de suplemento fornecido, e os desvios entre o desempenho esperado e o observado são usualmente explicados pelos efeitos associativos (interações não aditivas entre ingredientes em uma dieta mista) do suplemento sobre o consumo voluntário e a concentração de energia disponível da dieta total (MOORE et al., 1999).

Os efeitos quantitativos da suplementação tanto protéica quanto energética podem ser aditivo, substitutivo, ou aditivo/substitutivo. Quando ocorre aumento no consumo total sem que haja diminuição no consumo da forrageira se dá o efeito positivo **aditivo**. Quando há diminuição no consumo de forragem e substituição desta pelo suplemento sem incremento no consumo total, há o efeito negativo denominado **substituição** e quando ocorre diminuição no consumo da forragem e aumento no consumo total de nutrientes temos o efeito **aditivo/substitutivo** (MOORE et al., 1999). A maioria das suplementações encontradas insere-se no efeito aditivo/substitutivo, uma que vez que sob condições práticas os efeitos isolados dificilmente ocorrem (LANGE, 1980).

Uma das principais respostas buscadas com a suplementação é o aumento no consumo de MOD, pois é um indicativo do consumo de energia pelos animais. Esta resposta corresponde ao produto da multiplicação do consumo pela digestibilidade da MO. Silveira (2002) observou um aumento linear no consumo de MOD suplementando ovinos com proteína degradável no rúmen (PDR). Suplementando ovinos recebendo uma dieta a base de azevém com caseinato de cálcio, Amaral (2008) verificou um aumento linear no consumo de MOD. Malmann et

al. (2006) encontraram uma resposta quadrática para este parâmetro fornecendo níveis crescentes de nitrogênio não protéico (NPN) a animais recebendo uma dieta à base de feno. Netto (2006) não observou diferenças no consumo de MOD quando suplementou somente uréia a ovinos alimentados com feno, entretanto, quando suplementou uréia e farinha de mandioca a resposta foi positiva e linear.

3.5.2 Digestibilidade

Os efeitos associativos entre componentes da dieta sobre a digestibilidade são usualmente negativos e relacionados à depressão na digestibilidade da parede celular com o aumento no consumo de concentrado (MOULD et al., 1983). Os efeitos associativos positivos são tipicamente resultado da suplementação de um nutriente que pode limitar a digestão ruminal, como a proteína (OLDHAM, 1984).

A consequência fundamental dos efeitos associativos negativos é que a digestibilidade de uma mistura de alimentos é menor do que a da soma da digestibilidade dos componentes individuais (NOUSIAINEN et al., 2009). Aston et al. (1994) reportaram diminuição na digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDN) com o aumento da oferta de concentrado, independente da qualidade da forragem utilizada, e Nousiainen et al. (2009) encontraram uma redução de 10,3 g/kg de FDN digestível a cada kg/d a mais de concentrado consumido. Bodine et al (2000) verificaram um aumento de 16 pontos percentuais na digestibilidade da MO de feno de baixa qualidade quando suplementaram proteína degradável no rúmen (PDR) a animais recebendo 0,75% do peso corporal (PV) de milho, entretanto, não observaram diferenças nos animais recebendo somente a PDR. Silveira (2002) sugere que a falta de PDR foi responsável por uma diminuição de 6 a 7 pontos percentuais na digestibilidade da MO e da FDN quando novilhos recebendo feno de média qualidade foram suplementados com milho à 1% do PV. Kozloski et al. (2006) não observaram efeitos sobre a digestibilidade quando uréia ou caseína foram utilizadas como fonte de PDR para ovinos suplementados ou não com farelo de mandioca.

Vários fatores podem estar relacionados ao aumento na digestibilidade da MO com substituição de suplementos energéticos por suplementos protéicos: 1) preencher uma deficiência de PDR, 2) maior taxa intrínseca e potencial de degradação da fibra de suplementos protéicos, 3) tamponamento do pH ruminal e

melhores condições para a degradação da fibra no rúmen, em função da menor concentração de amido na dieta, 4) estímulo as bactérias celulolíticas pelos aminoácidos e peptídeos oriundos da suplementação protéica (NOUSIAINEN et al., 2009).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local e época

O experimento foi conduzido no Laboratório de Bromatologia e Nutrição de Ruminantes pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, no período de maio a dezembro de 2009.

4.2 Animais, dietas e delineamento experimental

Oito borregos cruzados Texel x Polwarth ($31,1 \pm 3,8$ kg de peso vivo (PV)), quatro destes implantados com cânula duodenal, foram utilizados em um delineamento quadrado Latino 4 x 4 duplo, sendo um Quadrado Latino composto por animais não fistulados e o outro por animais fistulados no duodeno. Os animais foram mantidos em gaiolas metabólicas com livre acesso à água e sal mineral.

A dieta basal consistiu de capim Sudão (*Sorghum sudanense*) fornecido *ad libitum* e os tratamentos foram: Capim Sudão sem suplementação (controle) ou suplementação com 5, 10 ou 15 g/kg PV de uma mistura contendo 90% de farelo de canola e 10% de milho moído. O milho foi adicionado ao suplemento para melhorar a sua palatabilidade. A forrageira foi implantada com adubação de base de 100 kg de NPK (10-18-20) em área de 0,30 ha próximo às instalações do laboratório. Adicionalmente, 150 kg/ha de nitrogênio (N) na forma de uréia foram adicionados em cobertura e as aplicações distribuídas mensalmente ao longo da estação de crescimento da pastagem. A pastagem foi cortada no estágio vegetativo, com uso de uma ensiladeira, a aproximadamente 10 cm do solo, quando atingiu uma altura de aproximadamente 1,60 m, e armazenada em câmara de congelamento à - 20 °C durante todo o experimento.

4.3 Condução do experimento

Previamente ao período experimental, os animais receberam tratamento para verminose. Após um período pré-experimental de aproximadamente duas semanas, com a finalidade de adaptar os animais às gaiolas metabólicas e ao sistema de

alimentação e manejo, foi conduzido o experimento, em quatro períodos de 15 dias, sendo os primeiros 10 dias destinados à adaptação dos animais às dietas e os cinco últimos à coleta de dados e amostras.

A composição química dos alimentos utilizados no experimento é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Composição química dos alimentos utilizados no experimento.

| Item ¹ | Capim Sudão | Farelo de canola | Milho |
|-----------------------|-------------|------------------|-------|
| MS (%) | 21,4 | 87,4 | 86,0 |
| Composição (% na MS): | | | |
| MO | 85,4 | 93,7 | 99,1 |
| PB | 11,3 | 44,3 | 8,7 |
| FDN | 67,6 | 29,5 | 11,5 |
| FDA | 45,5 | 23,4 | 2,37 |
| LDA | 5,7 | 10,0 | 0,18 |
| CNF | 8,4 | 21,2 | 76,6 |
| EE | 2,6 | 3,2 | 3,1 |
| NDT | 56,15 | 75,0 | 88,8 |
| Composição (% do N) | | | |
| NIDN | 38,9 | 10,4 | 13,1 |
| NIDA | 16,7 | 6,3 | 2,8 |
| NS total | - | 20,6 | - |
| NNP (% NS) | - | 63,0 | - |

¹MS= matéria seca, MO= matéria orgânica; PB= proteína bruta; FDN= fibra em detergente neutro; FDA= fibra em detergente ácido; LDA= lignina em detergente ácido; CNF= carboidratos não fibrosos, CNF= MO - ((N x 6,25) + EE + (FDN - (NIDN x 6,25)))(Van Soest et al., 1991), EE= extrato etéreo; NDT= nutrientes digestíveis totais (Weiss, 1992); NIDN=nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA= nitrogênio insolúvel em detergente ácido; NS=nitrogênio solúvel em tampão borato-fosfato, NNP=nitrogênio não protéico.

O suplemento foi oferecido duas vezes ao dia (08:00 e 17:00h) antes da forragem para assegurar que fosse consumido totalmente. A quantidade de forragem ofertada foi ajustada diariamente baseada no consumo observado no dia anterior, de modo a manter sobras em torno de 10% do oferecido. As sobras foram coletadas diariamente, pesadas e armazenadas à -20°C. Ao final de cada período experimental, eram misturadas e retirada uma amostra, a qual foi seca em estufa de

ventilação forçada (55°C), moída e armazenada para posterior análise. Amostras da forragem oferecida foram coletadas semanalmente e processadas como as sobras.

As fezes excretadas diariamente por cada animal foram coletadas, pesadas e armazenadas em baldes plásticos com tampa e mantidas congeladas (-20 °C) durante o período de coleta. Ao final de cada período as fezes foram descongeladas, misturadas e uma amostra (10% do total) composta por animal e período foi coletada, seca em estufa com ventilação forçada de ar a 55°C, moída (peneira com porosidade de 1 mm) e armazenada para posterior análise. A urina foi coletada em recipientes contendo 100 ml de uma solução de H₂SO₄ 3,6M suficiente para reduzir o pH a valores abaixo de 2, mensurado o volume e retirada uma amostra de 1% do volume total, a qual foi transferida para um balão de 50 mL, completado com água destilada e armazenado em congelador para posterior análise.

Amostras de digesta duodenal (100 mL) foram tomadas no 15º dia de cada período experimental, em intervalos de 3 h durante um período de 24 h, compostas por animal e período e congeladas à - 20 °C para posterior análise. Para análise, foram descongeladas, misturadas manualmente e deixadas em repouso para que houvesse a precipitação dos sólidos. A seguir, uma amostra do sobrenadante (20 mL) foi retirada para determinação de N-NH₃ e o restante do material foi seco em estufa de ventilação forçada (55 °C) por 7 dias, moído (porosidade de 1 mm) e armazenado para análise.

4.4 Análises laboratoriais

O teor de matéria seca (MS) das amostras foi determinado por secagem à estufa a 105 °C durante pelo menos 16 h. O conteúdo de cinzas foi determinado por combustão a 600 °C durante 3 h. O nitrogênio total (N) foi determinado pelo método Kjeldahl (Método 984.13, AOAC, 1997). A análise da FDN foi baseada nos procedimentos descritos por Mertens (2002) com uso de α -amilase termoestável, sem sulfito de sódio, exceto que as amostras foram pesadas em saquinhos de poliéster (KOMAREK, 1993) e tratadas com detergente neutro em autoclave à 110 °C durante 40 min. (SENGER et al., 2008).

As concentrações de fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LDA) foram determinadas de acordo com a AOAC (1997, método 973.18). A concentração de

extrato etéreo (EE) foi determinada em um sistema de refluxo (Soxtherm, Gerhardt; Alemanha) com éter etílico à 180 °C por 2 h. Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), N insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio não protéico (NNP) e nitrogênio solúvel e insolúvel em tampão fosfato foram analisados de acordo com LICITRA et al. (1996). O teor de purinas foi quantificado nas amostras de digesta duodenal segundo a técnica proposta por MAKKAR; BECKER (1999). As concentrações de alantoína e ácido úrico na urina foram determinadas colorimetricamente de acordo com a técnica de CHEN; GOMES (1992). O ácido úrico foi determinado usando um Kit comercial (LABTEST, Lagoa Santa, MG, Brasil), após xantina e hipoxantina serem convertidas a ácido úrico com xantina oxidase. Assim, os teores de ácido úrico foram calculados como a soma de ácido úrico, xantina e hipoxantina (convertidas a ácido úrico) e, os derivados de purinas totais (DP) como a soma do ácido úrico e alantoína. A análise de N α -amino na digesta duodenal foi realizada de acordo com Palmer e Peters (1969), após tratamento com HCl 6N a 110°C durante 24 horas. A amônia no fluido duodenal foi analisada colorimetricamente conforme WEATHERBURN (1967).

4.5. Cálculos

O teor de carboidratos não fibrosos (CNF) das amostras foi calculado de acordo com Van Soest et al. (1991), sendo:

$$\text{CNF} = \text{MO} - ((\text{N} \times 6,25) + \text{EE} + (\text{FDN} - (\text{NIDN} \times 6,25)))$$

O fluxo de MS no duodeno foi calculado com base na excreção fecal e na concentração duodenal de LDA da seguinte forma:

$$\text{MS duodenal (g/dia)} = [(\text{MS fecal (g/dia)} \times \text{LDA fecal (g/kg MS)}) / \text{LDA duodenal (g/kg MS)}$$

O fluxo duodenal dos componentes nitrogenados foi calculado com base no fluxo duodenal de MS e na concentração dos mesmos na digesta duodenal (g/kg de MS).

O fluxo duodenal de N microbiano (Nm) foi estimado com base no fluxo de purinas no duodeno, considerando um conteúdo de N nas purinas de 49% e uma proporção de N purina:N microbiano de 0,116 (CHEN; GOMES,1992).

O fluxo duodenal de N residual do alimento (g/dia) foi estimado como a diferença entre o fluxo duodenal de N total menos o fluxo de N amoniacal e N microbiano. Essa estimativa não foi corrigida para contribuição de N endógeno.

A digestibilidade ruminal verdadeira da MO (DRVMO) foi calculada de acordo com a relação entre fluxo duodenal de MO, MO bacteriana e consumo de MO, considerando que o N microbiano representa 99,6 g/kg da MO microbiana (CLARK et al., 1992):

$$\text{DRVMO} = [1 - (\text{MO duodenal (g/d)} - \text{MO bacteriana (g/d)}) / \text{consumo de MO (g/d)}] \times 100$$

A digestibilidade verdadeira do N foi calculada descontando-se nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) presente nas fezes, sendo:

$$\text{DVN} = \text{Consumo de N (g/d)} - \text{NIDN fecal (g/d)} / \text{consumo de N (g/d)}$$

O nitrogênio degradável no rúmen foi calculado pela diferença entre o consumo total de N menos o fluxo duodenal de N residual.

4.6 Análise estatística

Todos os dados foram analisados utilizando o procedimento Mixed do SAS (2002). Os dados de consumo e digestibilidade total dos nutrientes foram analisados de acordo com o modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + T_k + QL_l + TQL_{kl} + e_{ijkl}$$

onde:

Y_{ijkl} = variável dependente

μ = média das observações

A_i = efeito aleatório dos animais

P_j = efeito aleatório dos períodos

T_k = efeito fixo dos tratamentos

QL_l = efeito fixo do Quadrado latino

TQL_{kl} = efeito fixo da interação tratamento Quadrado latino.

e_{ijkl} = erro residual

Os dados de digestibilidade ruminal, fluxo duodenal, eficiência de síntese de proteína microbiana e eficiência de utilização ruminal do N foram analisados de acordo com o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + T_k + e_{ijk}$$

onde:

Y_{ijk} = variável dependente

μ = média das observações

A_i = efeito aleatório dos animais

P_j = efeito aleatório dos períodos

T_k = efeito fixo dos tratamentos

e_{ijk} = erro residual

Para todos os dados, quando o efeito de tratamento foi significativo ($P \leq 0,10$), este foi analisado de duas maneiras. O tratamento controle foi comparado com os demais através de uma análise de contrastes ortogonais e, entre os tratamentos que incluíram suplementação, o efeito da suplementação foi analisado por regressão, incluindo os efeitos linear e quadrático.

Não foi detectado efeito quadrático para nenhum dos parâmetros avaliados nesse experimento, de modo que estes efeitos não estão expressos nas tabelas de resultados. As regressões lineares obtidas e os respectivos coeficientes de determinação são apresentados no anexo 1.

5 RESULTADOS

5.1 Consumo e digestibilidade dos compostos não nitrogenados

Os valores médios de consumo e de digestibilidade das principais frações nutricionais do alimento são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Consumo diário de matéria seca, matéria orgânica e compostos não nitrogenados por ovinos recebendo Sorghum sudanense sem suplementação ou suplementados com 5, 10 ou 15 g/kg de peso vivo de farelo de canola.

| Item ¹ | Tratamento | | | | EPM ² | P ³ | |
|----------------------------|------------|------|------|------|------------------|----------------|--------|
| | Controle | 5 | 10 | 15 | | C vs. S | S |
| Consumo (g/dia): | | | | | | | |
| MS | 531 | 587 | 715 | 778 | 49,0 | 0,002 | 0,006 |
| MS forragem | 531 | 437 | 413 | 326 | 52,0 | <0,001 | 0,128 |
| MO | 462 | 527 | 651 | 717 | 46,0 | <0,001 | 0,004 |
| FDN | 359 | 336 | 362 | 341 | 35,9 | 0,585 | 0,905 |
| FDN suplemento | 0,0 | 41,7 | 83,6 | 125 | 3,28 | <0,001 | <0,001 |
| FDA | 239 | 229 | 248 | 237 | 13,6 | 0,942 | 0,759 |
| CNF | 47,0 | 81,1 | 119 | 153 | 5,03 | <0,001 | <0,001 |
| MOD | 344 | 389 | 502 | 565 | 38,8 | <0,001 | 0,002 |
| NDT | 360 | 408 | 526 | 593 | 22,6 | <0,001 | 0,001 |
| MS (% PV) | 1,74 | 1,92 | 2,35 | 2,53 | 0,21 | 0,002 | 0,039 |
| MO (g/kg ^{0,75}) | 35,1 | 40,0 | 49,5 | 54,1 | 4,00 | <0,001 | 0,017 |

¹MS= matéria seca; MO= matéria orgânica; FDN= fibra em detergente neutro; FDA= fibra em detergente ácido; CNF= carboidratos não - fibrosos, CNF= MO - ((N x 6,25) + EE + (FDN - (NIDN x 6,25))); MOD = matéria orgânica digestível, NDT= nutrientes digestíveis totais, baseado no consumo de NDT - NDT nas fezes.

²EPM= erro padrão das médias onde n=8 por tratamento.

³Probabilidade do erro tipo I para o efeito linear de tratamento, onde: C vs. S= contraste controle x suplementação, S= regressão entre os grupos suplementados.

A suplementação com farelo de canola afetou positivamente ($P<0,05$) o consumo de MS, MO, CNF, FDN do suplemento e de MO digestível. Comparado ao tratamento controle, os animais suplementados consumiram em média 37% mais

MO total e 41% mais MO digestível. Por outro lado, o consumo de FDN total dos animais suplementados foi igual àqueles não recebendo o suplemento, e o consumo de MS da forragem diminuiu em média 26% com a suplementação ($P<0,05$).

Não houve efeito da regressão entre os níveis de suplementação ($P>0,05$) sobre o consumo de MS de forragem e da FDN total. Os demais parâmetros foram influenciados positivamente ($P<0,05$).

A digestibilidade aparente da MS, FDA e da MO, assim como a digestibilidade verdadeira da MO (DVMO), não foram influenciados pela suplementação (Tabela 4). A digestibilidade da FDN foi a única afetada significativamente pelos tratamentos ($P<0,05$), reduzindo para 65% comparado ao tratamento controle.

A análise de regressão para o efeito de níveis de suplementação com farelo de canola apresentou resposta linear e positiva apenas para a DVMO ($P<0,05$), sem que as outras variáveis apresentassem significância para os efeitos linear ou quadrático.

Tabela 4. Digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e compostos não nitrogenados por ovinos recebendo Sorghum sudanense suplementados com 5, 10 ou 15 g/kg PV de farelo de canola.

| Item ¹ | Tratamento | | | | EPM ² | P ³ | |
|-------------------|------------|------|------|------|------------------|----------------|-------|
| | Controle | 5 | 10 | 15 | | C vs. S | S |
| MS | 0,67 | 0,67 | 0,72 | 0,73 | 0,03 | 0,129 | 0,120 |
| MO | 0,74 | 0,74 | 0,78 | 0,79 | 0,02 | 0,093 | 0,111 |
| FDN | 0,70 | 0,64 | 0,66 | 0,64 | 0,03 | 0,023 | 0,990 |
| FDA | 0,61 | 0,56 | 0,59 | 0,55 | 0,01 | 0,523 | 0,741 |
| DVMO | 0,76 | 0,77 | 0,81 | 0,83 | 0,02 | 0,068 | 0,046 |

¹DVMO= digestibilidade verdadeira da matéria orgânica.

²EPM= erro padrão das médias onde n=8 por tratamento.

³Probabilidade do erro tipo I para o efeito linear de tratamento, onde: C vs. S= contraste controle x suplementação, S= regressão entre os grupos suplementados.

5.2 Consumo, digestibilidade e balanço do N

Todos os animais apresentaram um balanço de N positivo (Tabela 5). Os animais suplementados consumiram mais N do suplemento e N total, e retiveram mais N do que os não suplementados. Todavia, excretaram diariamente mais N nas

fezes e na urina, e também apresentaram maior excreção de derivados de purina urinários. Os animais suplementados consumiram em média 7,9 g/d a mais de N digestível para cada nível de inclusão.

A digestibilidade aparente do N (DN) respondeu positivamente à inclusão do suplemento ($P<0,05$) e foi em média 13 pontos percentuais superior ao tratamento controle, entretanto, a digestibilidade verdadeira (DVN) não diferiu entre os tratamentos.

Todos os parâmetros, exceto a excreção urinária de derivados de purinas e a DVN, foram influenciados positivamente ($P<0,05$) pelo aumento no nível de suplementação. A retenção de N aumentou em 4,0, 7,52 e 13,2 g/d respectivamente, nos animais suplementados com 5, 10 ou 15 g/kg PV de farelo de canola.

Tabela 5. Consumo, digestibilidade, balanço do N e excreção urinária de derivados de purinas em ovinos recebendo *Sorghum sudanense* sem suplementação ou suplementados com 5, 10 ou 15 g/kg PV de farelo de canola.

| Item ¹ | Tratamento | | | | EPM ² | P ³ | |
|---|------------------|------|------|------|------------------|----------------|--------|
| | Controle | 5 | 10 | 15 | | C vs. S | S |
| Consumo: | ------(g/d)----- | | | | | | |
| N total | 9,72 | 18,2 | 27,5 | 35,8 | 1,47 | <0,001 | <0,001 |
| N suplemento | 0,00 | 9,83 | 19,7 | 29,5 | 0,77 | <0,001 | <0,001 |
| N excretado: | | | | | | | |
| Fecal | 2,14 | 3,30 | 4,05 | 4,41 | 0,29 | <0,001 | 0,021 |
| Urinário | 4,90 | 7,41 | 12,4 | 14,6 | 1,07 | <0,001 | <0,001 |
| Retenção de N | 3,48 | 7,49 | 11,0 | 16,7 | 1,31 | <0,001 | <0,001 |
| Excreção urinária dos DP | 0,50 | 0,61 | 0,70 | 0,83 | 0,08 | 0,020 | 0,091 |
| DN | 0,74 | 0,81 | 0,85 | 0,87 | 0,01 | <0,001 | 0,003 |
| DVN | 0,94 | 0,94 | 0,94 | 0,95 | 0,008 | 0,204 | 0,925 |
| Eficiência da utilização do N (g N retido/g N consumido): | 0,30 | 0,39 | 0,40 | 0,46 | 0,06 | 0,117 | 0,320 |

¹DP= derivados de purinas; DN= digestibilidade aparente do nitrogênio; DVN= digestibilidade verdadeira do nitrogênio.

²EPM= erro padrão das médias onde n=8 por tratamento, n=4 para derivados de purinas.

³Probabilidade do erro tipo I para o efeito linear de tratamento, onde: C vs. S= contraste controle x suplementação, S= regressão entre os grupos suplementados.

5.4 Digestibilidade ruminal e síntese de proteína microbiana

Os animais recebendo o farelo de canola apresentaram um fluxo duodenal de MO e de N α -amino em média 37,7% e 120% superior que os não suplementados (Tabela 6).

Tabela 6. Digestibilidade ruminal e síntese de proteína microbiana ruminal em ovinos recebendo *Sorghum sudanense* suplementados com 5,10 ou 15 g/kg PV de farelo de canola

| Item | Tratamento | | | | EPM ⁵ | P ⁶ | |
|---|------------|------|------|------|------------------|----------------|-------|
| | Controle | 5 | 10 | 15 | | C vs. S | S |
| Fluxo duodenal (g/d): | | | | | | | |
| MO ¹ | 152 | 183 | 205 | 240 | 18,2 | 0,025 | 0,196 |
| N total | 5,94 | 9,31 | 12,5 | 15,2 | 0,98 | 0,012 | 0,028 |
| N-NH ₃ | 0,29 | 0,65 | 1,27 | 1,44 | 0,11 | 0,002 | 0,015 |
| N α -amino | 3,67 | 6,54 | 8,07 | 9,57 | 0,69 | 0,001 | 0,078 |
| N indeterminado | 1,98 | 2,11 | 3,15 | 4,01 | 0,19 | 0,013 | 0,005 |
| N residual | 2,62 | 4,57 | 7,02 | 8,95 | 0,25 | <0,001 | 0,003 |
| N microbiano | 3,03 | 4,08 | 4,20 | 4,80 | 0,48 | 0,146 | 0,524 |
| DRVMO ² | 0,69 | 0,69 | 0,72 | 0,71 | 0,02 | 0,131 | 0,274 |
| NDR (% N) ³ | 68,2 | 73,2 | 73,0 | 74,5 | 0,01 | 0,105 | 0,787 |
| Eficiência da síntese protéica microbiana ruminal (g N microbiano/kg MOAF ⁴): | | | | | | | |
| | 13,0 | 15,1 | 11,9 | 11,2 | 1,99 | 0,094 | 0,402 |
| Eficiência da utilização do N ruminal (g N microbiano/g NDR): | | | | | | | |
| | 0,65 | 0,32 | 0,23 | 0,18 | 0,08 | 0,021 | 0,082 |

¹ MO = matéria orgânica.

² DRVMO= digestibilidade ruminal verdadeira da MO: 1-((MO duodenal (g/d) – MO microbiana (g/d))/ consumo de MO (g/d)).

³ NDR= nitrogênio degradável no rúmen.

⁴ MOAF= MO aparentemente fermentada no rúmen.

⁵ EPM= erro padrão das médias onde n=4 por tratamento.

⁶ Probabilidade do erro tipo I para o efeito linear de tratamento, onde: C vs. S= contraste controle x suplementação, S= regressão entre os grupos suplementados.

Além disso, apresentaram maior fluxo duodenal de N total, nitrogênio amoniacal (N-NH₃), N indeterminado e N residual do alimento. Por outro lado, os

animais consumindo o suplemento apresentaram o mesmo fluxo diário de N microbiano (Nm) que aqueles não suplementados, bem como igual eficiência de síntese protéica microbiana ruminal (ESPM). A eficiência de utilização do N ruminal (EURN) para a síntese microbiana reduziu significativamente com a suplementação ($P<0,05$).

A digestibilidade ruminal verdadeira da MO (DRVMO) e o nitrogênio degradável no rúmen (NDR) não foram afetados significativamente ($P>0,05$) pela suplementação.

Os níveis crescentes de suplementação influenciaram negativamente a EURN ($P<0,05$), positivamente os parâmetros de fluxo duodenal ($P<0,05$), exceto a MO e o Nm e não tiveram efeito sobre a DRVMO, o NDR e a ESPM ($P>0,05$).

6 DISCUSSÃO

6.1 Composição química do farelo de canola

Apesar de conter maiores concentrações FDN e FDA, o farelo de canola utilizado nesse estudo apresentou conteúdo de proteína bruta muito próximo aos descritos pelo NRC (2001) e CNCPS (2003). Como esperado, o conteúdo de FDN e FDA do farelo de canola foi bem superior ao do tradicionalmente empregado farelo de soja, indicando que esse suplemento pode ser utilizado tanto como fonte de proteína como de fibra. Os conteúdos de NIDN e NIDA foram semelhantes aos reportados no CNCPS (2003) e superiores aos descritos pelo NRC (2001). A variação na concentração desses dois componentes em especial, está diretamente relacionada às condições de processamento (temperatura, tempo, produtos químicos) utilizadas durante a extração do óleo, as quais podem afetar a composição dos farelos de oleaginosas (NEWKIRK; KLASSEN, 2000).

6.2 Oferta de energia

A suplementação é utilizada para aumentar o suprimento de nutrientes a animais que não conseguem consumir nutrientes suficientes a partir da forragem. O aumento da suplementação com farelo de canola de 5 para 15 g/kg de PV aumentou o consumo de MO digestível em 13 a 65% comparado ao consumo de MO digestível pelos animais não suplementados. Este efeito foi devido principalmente ao aumento no consumo total de alimento, do que devido à variação da digestibilidade. Embora a suplementação com concentrados usualmente afeta positivamente o consumo total de MS, pode ter efeitos negativos sobre o consumo de forragem (ROMNEY; GILL, 2000). Tamminga e Hoff (1999) descrevem três fatores como determinantes do efeito substitutivo: a qualidade do volumoso, a quantidade de suplemento e o potencial do animal. Quanto menor o potencial produtivo do animal, maior será a substituição; quanto pior a qualidade do volumoso, menor a substituição e quanto maior a quantidade de suplemento, maior será a substituição. No presente experimento o consumo de forragem reduziu 18%, 22% e 39%, enquanto o consumo

total de MS aumentou 10%, 35% e 46% nos níveis de suplementação de 5, 10 e 15 g/kg PV de farelo de canola.

Nem o fator físico nem o fisiológico explicam claramente a regulação do consumo neste experimento, uma vez que, nos níveis testados, o consumo de MS total foi linear. O menor consumo total de MS observado nos animais não suplementados comparado com os suplementados pode estar relacionado ao efeito de limitação física que a FDN exerce sobre o consumo (VAN SOEST, 1994). No presente estudo, o consumo de FDN total manteve-se constante com o aumento nos níveis de inclusão de suplemento. No entanto, parte desta FDN estava presente no concentrado, em um tamanho de partícula que tem baixo efeito de enchimento ruminal, possibilitando um aumento no consumo total de MS.

Diferentes autores reportam que a suplementação protéica em forragens aumenta não somente o consumo, mas também a digestibilidade do alimento (KÖSTER et al., 1996, 1997; DELCURTO et al., 1999, BODINE et al., 2000). Nousiainen et al. (2009) em uma metanálise avaliaram o efeito da concentração protéica (g/kg de MS) sobre a digestibilidade de dietas a base de silagem de gramíneas para vacas leiteiras, onde os suplementos energéticos eram parcialmente substituídos por suplementos protéicos, e observaram um efeito quadrático sobre a digestibilidade da MO, a qual foi máxima quando a concentração protéica na dieta foi 220 g/kg MS. No presente estudo a concentração de proteína na dieta variou de 113-308 g/kg MS, mas a digestibilidade da MO não foi afetada. De fato, no presente estudo, a digestibilidade aparente do N aumentou, mas, em função da redução na digestibilidade da FDN, a digestibilidade da MO não foi claramente afetada pela suplementação. Considerando o alto teor de LDA presente na fibra do farelo de canola (340 g de LDA/kg de FDN) é provável que o aumento na proporção de FDN do concentrado na dieta tenha contribuído predominantemente para este efeito. Desta forma, apesar do concentrado possuir valores de digestibilidade superiores ao da forragem, o aumento no consumo deste não foi suficiente para compensar a redução na digestibilidade da fibra e proporcionar aumento na digestibilidade total da dieta. Van Soest (1994) sugere que a fibra do concentrado contribui mais para reduções na digestibilidade do que fibra de forragem quando um concentrado é adicionado em dietas à base de forragem. Isso pode estar relacionado à maior taxa de passagem da fibra do concentrado, tipicamente presente em pequenas partículas quando comparado à fibra da forragem (NOUSIAINEN et al., 2009).

6.3 Oferta de aminoácidos e síntese de proteína microbiana

Em ruminantes, a disponibilidade intestinal de aminoácidos é derivada de proteína microbiana ruminal e de proteína não degradada do alimento. No presente estudo, o fluxo duodenal de aminoácidos foi positivamente afetado pela suplementação com farelo de canola, principalmente pelo aumento do fluxo de proteína residual do alimento. A princípio, este resultado é paradoxal se considerado a alta solubilidade da proteína suplementar e os altos valores de degradabilidade ruminal da proteína bruta das dietas (acima de 70%), assim como da sua tendência em aumentar com a inclusão do farelo de canola ($P=0.10$). O aumento do fluxo duodenal de N residual e de aminoácidos, desse modo, foi devido ao aumento no consumo total de proteína verdadeira pela inclusão do suplemento. Por outro lado, o aporte de proteína microbiana ruminal foi similar em todos os tratamentos. O crescimento bacteriano ruminal é diretamente proporcional a MO fermentada no rúmen (BACH et al. 2005), desde que não haja deficiência de N degradável. No presente estudo, a suplementação afetou positivamente ambos, o consumo e o fluxo duodenal de MO. No entanto, a quantidade de MO fermentada no rúmen foi similar em todos os tratamentos.

A eficiência de síntese microbiana ruminal (ESMR) no presente estudo foi em média 13 g de Nm/kg MO aparentemente fermentada no rúmen e também não foi afetada pelos tratamentos. Este valor é relativamente mais baixo que outros reportados na literatura (i.e. 18 (COLE et al., 1976), 22 a 49 (MERCHEN et al., 1986), 22 a 38 (KINSER et al., 1988), 21 (LARDY et al., 1993), 15 (REED et al., 2004) e 29 g Nm/kg MO aparentemente fermentada no rúmen (BACH et al., 2005), nos quais também foi testado suplementos protéicos e utilizando como marcador microbiano as purinas duodenais. No presente estudo, o fluxo duodenal de proteína microbiana foi calculado considerando uma relação N total:purinas de 4,3, proposta por Chen e Gomes (1992). Entretanto, a composição química dos microorganismos ruminais e, desse modo, a relação N purinas:N microbiano não é a mesma em todas as situações, diferindo com o tipo de dieta, entre bactérias e protozoários e entre as espécies bacterianas (PEREZ et al., 1996). Por exemplo, bactérias ruminais mistas isoladas de um bovino alimentado com *Cynodon* apresentaram uma relação N total: Purinas de 6,1 (OLIVEIRA, 2009).

Chen e Gomes (1992) propõem um método não invasivo para estimar a síntese protéica microbiana ruminal a partir da excreção urinária de derivados de purinas (DP). No presente estudo a excreção urinária dos DP foi menor no tratamento controle e tendeu a aumentar com a suplementação. Contudo, os valores de síntese protéica microbiana calculados com base neste método são em média 20% inferiores aos calculados pelas purinas (dados não apresentados).

A taxa de passagem da digesta pelo rúmen inclui-se entre os fatores que afetam a ESMR. O aumento na taxa de passagem diminui a quantidade de MO fermentada no rúmen e a disponibilidade de energia aos microrganismos, mas seleciona espécies com taxas de crescimento mais rápidas, faz com que uma maior parte da população esteja na fase exponencial de crescimento e diminui as exigências de manutenção, o que aumenta a ESMR (BACH et al., 2005). Por outro lado, menores taxas de passagem e diluição ruminal induzem a um maior tempo médio de permanência da população microbiana no rúmen, o que aumenta o grau de reciclagem (morte e lise bacteriana, predação bacteriana por protozoários) e dessa forma, o custo energético para a manutenção dessa população (OWENS; ISAACSON, 1977; STERN; HOOVER, 1979; POLAN, 1988; RUSSEL, 1992; RUSSEL; STROBEL, 2005). A diminuição da relação volumoso:concentrado usualmente diminui a taxa de passagem no rúmen (SEO et al., 2009). Apesar de não ter sido mensurada, é provável que os tratamentos não tenham influenciado esta variável no presente experimento.

6.4 Eficiência de utilização do N

A suplementação com farelo de canola diminuiu a eficiência do uso do N pelos microrganismos do rúmen (i.e. diminuiu a relação N_m/NDR), mas tendeu a aumentar a eficiência do uso do N pelo animal (i.e. aumentou a relação N retido/ N consumido).

A eficiência de utilização do N degradável pelos microrganismos ruminais reduziu substancialmente com a inclusão do suplemento nesse experimento. As bactérias foram hábeis em capturar 65% do N degradável ingerido quando os animais receberam somente forragem e apenas 18% com o nível mais alto de suplementação. Bach et al. (2005) em uma análise de dados de 136 experimentos

com vacas leiteiras, reportam que sob ótimas condições ruminais (máxima captação de N) as bactérias seriam hábeis em capturar 69% do N disponível.

A relação entre MO fermentada e NDR, e a sincronidade com que estes nutrientes se tornam disponíveis é determinante da eficiência de utilização ruminal do N. No presente estudo, comparado ao tratamento controle, enquanto o consumo de MOVDR aumentou somente 60% (de 318 para 509 g/dia) o consumo de NDR aumentou 300 % (de 6,6 para 26,5 g/dia) no nível de suplementação mais alto.

O aumento na eficiência de utilização do N pelo animal é especialmente importante considerando que maior retenção de N é um indicativo de maior disponibilidade de aminoácidos para o crescimento e outras funções produtivas. Além disso, sob a perspectiva ambiental, há uma redução na excreção de N para o ambiente. No presente estudo, comparando-se a média dos animais suplementados com o tratamento controle, o consumo de N aumentou 179% (i.e. 9,7 vs. 27,2 g/d), a excreção fecal de N aumentou 85% (i.e. 2,1 vs. 3,9 g/d), a excreção urinária de N aumentou 135% (4,9 vs. 11,5 g/d), mas o N retido aumentou 236% (i.e. 3,5 vs. 11,7 g/d). Em função disso, a relação entre N retido e N consumido aumentou em 40% (i.e. 0,30 vs. 0,42 g/g) nos animais suplementados em comparação aos animais alimentados somente com forragem. A retenção de N é diretamente relacionada com a oferta de energia e de aminoácidos, além de ser dependente da condição fisiológica e/ou do potencial genético do animal. Quando há um aumento na oferta de aminoácidos junto com um aumento na oferta de energia, ocorre uma menor gliconeogênese a partir de aminoácidos e também menor oxidação destes para a obtenção de energia pelos tecidos. De outra forma, a deficiência de energia metabolizável, a quantidade e o tipo de aminoácidos absorvidos, e os fatores relacionados ao animal (genética, condição fisiológica) que determinem uma alta demanda por energia e/ou baixa demanda por aminoácidos para a síntese protéica resultam em aumento da produção de uréia pelo fígado (KOZLOSKI, 2009).

No presente estudo, comparando-se o tratamento controle com os suplementados, o consumo de MOD aumentou 41% (i.e. 344 vs. 485 g/d) enquanto o fluxo duodenal de aminoácidos incrementou 119% (i.e. 3,67 vs. 8,06 g/d). Além disso, o perfil de aminoácidos absorvidos também interfere no grau de sua utilização para síntese protéica ou para outras funções. Neste caso, por exemplo, é conhecido que o perfil de aminoácidos do farelo de canola é de alto valor biológico (PIEPENBRINK. SCHINGOETHE, 1998). Considerando estes aspectos, é possível

concluir que a tendência de aumento da eficiência do uso do N ingerido com a suplementação deve-se principalmente ao aumento do aporte de aminoácidos ao animal.

Outro aspecto relevante observado no presente estudo foi relacionado com a perda de N pelas fezes. Embora a digestibilidade aparente do N tenha sido afetada pela suplementação, a digestibilidade verdadeira do N foi similar em todos os tratamentos. À medida que aumentou a digestibilidade aparente do N, a proporção de N fecal de origem endógena reduziu de 0,78 no tratamento controle para 0,66 quando a suplementação com farelo de canola foi a mais alta. Van Soest (1994) sugere que o aumento no consumo de MO indigestível aumenta a participação de N endógeno nas fezes por aumentar a descamação do epitélio intestinal. No presente estudo, o consumo de MO indigestível aumentou e foi diretamente relacionado com a excreção fecal de N endógeno (Figura 1).

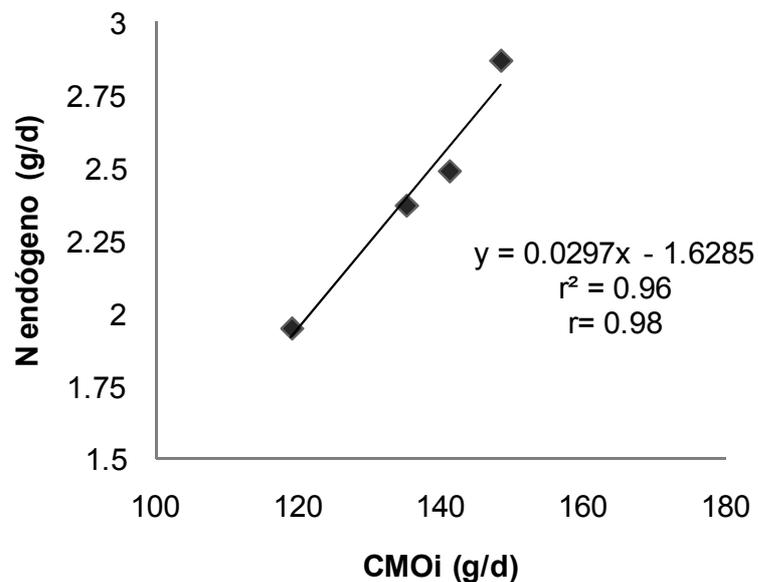


Figura 1. Excreção de N endógeno por ovinos recebendo *Sorghum sudanense* suplementados com 5, 10 ou 15 g/kg PV de farelo de canola.

7 CONCLUSÕES

O uso de farelo de canola como suplemento protéico na alimentação de ruminantes tem o potencial de aumentar a oferta de energia, mas principalmente, de proteína metabolizável ao animal. Todavia, exerce um efeito negativo sobre o consumo de forragem e sobre a digestibilidade da fibra.

O potencial de oferta de proteína metabolizável do farelo de canola pode ser aumentado em se modulando a sua degradabilidade ruminal, entretanto, sem que haja redução na digestibilidade dos aminoácidos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, G. A. **Valor alimentar de dietas com azevém (*Lolium multiflorum*, LAM.) e suplementação nitrogenada ou energética.** 2008. 71 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

ASHES, J. R.; MANGAN, J. L.; SIDHU, G. S. Nutritional availability of amino acids from protein cross-linked to protect against degradation in the rumen. **British Journal of Nutrition**, London, v. 52, n. 2, p. 239-247, Sep. 1984.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**, 16th, 3. ed. AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD. 1997.

ASSOUMANI, M .B.; VEDEAU, F.; JACQUOT, L. et al. Refinement of an enzymatic method for estimating the theoretical degradability of proteins in feedstuffs for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 39, n.3, p. 357-368, Nov., 1992.

ASTON, K .C. THOMAS, S. R. SUTTON, J. D. Milk production from grass silage diets: Effects of the composition of supplementary concentrates. **Animal Production**, Bletchley, v. 59, p. 335-344, 1994.

BACH, A., CALSAMIGLIA, S., STERN, M.D. Nitrogen metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88 (E. Suppl.):E9–E21, 2005.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, **Matérias primas para a produção do Biodiesel: priorizando alternativas**, São Paulo, Ago 2005. Palestra

BRASIL, Decreto-Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, Seção 1, pg 8, 14 abr 2005.

BODINE, T.N. et al. Effects of supplementing prairie with corn and soybean meal on intake, digestion and ruminal measurements by beef steers. **Journal of Animal Science**, Illinois, v. 78, n. 12, p. 3144-3154, Dec., 2000.

BROCK, F. M.; FORSBERG, C. W.; BUCHANAN-SMITH, J. G. Proteolytic activity of rumen microorganisms and effects of proteinase inhibitors. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v 44, n.3, p. 561-569, set, 1982.

CANOLA COUNCIL OF CANADA. **Canola meal nutrient composition**. Winnipeg s/d. 8p. Disponível online em <<http://www.canola-council.org/meal4.aspx>>. Acesso em 20/09/2008.

_____. **Canola meal in cattle diets**. Winnipeg, s/d. 6p. Disponível online em <<http://www.canola-council.org/meal7.aspx>>. Acesso em 20/09/2008.

_____. **Canola meal processing**. Winnipeg. s/d. 4p. Disponível online em <<http://www.canola-council.org/meal3.aspx>>. Acesso em 20/09/2008.

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 the technical details. **International Feed Resources Unit Rowett Research Institute**, Bucksburn: Rowett Research Institute, Aberdeen. 1992. p.1-22.

CLARCK, J. H.; KLUSMEYER, T. H.; CAMERON, M. R., Symposium: nitrogen metabolism and amino acid nutrition in dairy cattle. Microbial Protein Synthesis and Flows of Nitrogen Fractions to the Duodenum of Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, Illinois, v. 75, n.8, p. 2304-2323, Aug, 1992.

CNCPS. Version 5.0. **The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion, Model Documentation**. Cornell: Cornell University, Department of Animal Science, 2003. 292p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra Brasileira: grãos, intenção de plantio**. Segundo levantamento, novembro 2009. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília, 2009. 39 p.

COLE, N. A.; JOHNSON, R. R.; OWENS, F. N. et al. Influence of roughage levels and corn processing method on microbial protein synthesis by beef steers. **Journal of Animal Science**, Illinois, v. 43, n.2, p.497-503, Feb., 1976.

DEBROAS, D.; BLANCHART, G. Interactions between proteolytic and cellulolytic rumen bacteria during hydrolysis of plant cell wall protein. **Reproduction Nutrition Development**, v. 33, n.3, p. 283-288, May/Jun., 1993.

DALE, N. Variation in feed ingredient quality: oilseed meals. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 59, n. 1-3, p. 129- 135, Jun., 1996.

DELCURTO, T. et al. Supplementation of Dormant tallgrass-prairie forage: I. Influence of varying supplemental protein and (or) energy levels on forage utilization characteristics of beef steers in confinement. **Journal of Animal Science**, Illinois, v. 68, n. 2, p. 515-531, Feb., 1990.

EMBRAPA. **Potencialidades da canola na produção de biodiesel**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008.

ENDRES, M. I.; STERN, M. D. Effects of pH and diets containing various levels of lignosulfonate-treated soybean meal on microbial fermentation in continuous culture. **Journal of Dairy Science**, v. 76(Suppl. 1), p.177, 1993.

HINTON, D. G. **Supplementary feeding of sheep and beef cattle**. CSIRO, 2 ed., 2007, 102 p.

KINSER, A. R.; FAHEY, G. C.; BERGER, L.L. et al. Low-quality roughages in high concentrate pelleted diets for sheep: digestion and metabolism of nitrogen and

energy as affected by dietary fiber concentration. **Journal of Animal Science**, v.66, n. 2, p.487-500, Feb., 1988.

KOMAREK, A.R. A filter bag procedure for improved efficiency of fiber analysis. **Journal of Dairy Science**. Champaign, v.76, p. 250, 1993. (Suppl.1).

KOPECNY, J.; WALLACE, R. J. Cellular location and some properties of proteolytic enzymes of rumen bacteria. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.43, n. 5. p.1026-1033, May, 1982.

KOSTER, H.H. et al. Effect of increasing degradable protein intake on intake and digestion of low quality, tallgrass-prairie forage by beef cows. **Journal of Animal Science**, Illinois, v.74, n.10, p. 2473-2481, Oct., 1996.

KOSTER, H. H. et al. Effect of increasing proportion of supplemental nitrogen from urea on intake and utilization of low quality, tallgrass-prairie forage by beef cows. **Journal of Animal Science**, Illinois, v.75, n.5, p.1393-1399, May, 1997.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos Ruminantes**. 2 ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2009. 214 p.

KOZLOSKI, G. V. **Desempenho, digestibilidade e fluxo portal de metabólitos em terneiros suplementados com uréia ou farinha de carne**. 1995. 159 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

KOZLOSKI, G. V. et al. Intake and digestion by lambs of dwarf elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum, cv. Mott) hay or hay supplemented with urea and different levels of cracked corn grain. **Animal Feed Science and Technology**. Amsterdam, v. 125, n. 1, p.111-122, Jan, 2006.

LANGE, A. **Suplementación de pasturas para la producción de carnes**. 2 ed. Buenos Aires: CREA, 1980. 74p.

LARDY, G. P.; CATLETT, G. E.; KERLEY, M. S. et al. Determination of the ruminal escape value and duodenal amino acid flow of rapeseed meal. **Journal of Animal Science**, Illinois, v. 71, n.11, p.3096-3104, Nov., 1993.

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, n. 4, p. 347-358, Mar, 1996.

MAESOOMI, S. M., GHORBANI, G. R., ALIKHANI, M. et al. Short Communication: Canola Meal as a Substitute for Cottonseed Meal in Diet of Midlactation Holsteins. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, n.5, p. 1673–1677, May, 2006.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Purine quantification in digesta from ruminants by spectrophotometric and HPLC methods. **British Journal of Nutrition**, London, v. 81, n. 2, p. 107–112, Feb., 1999.

MALLMANN, G.M. Consumo e digestibilidade de feno de baixa qualidade suplementado com nitrogênio não protéico em bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.2, p.331-337, Fev., 2006.

MCDONALD, I. W.; HALL, R. J. The conversion of casein into microbial proteins in the rumen. **Biochemical Journal**, London, v. 67, p. 400-403, 1957.

MERCHEN, N.; FIRKINS, J. L.; BERGER, L. L. Effect of intake and forage level on ruminal turnover rates, bacterial protein synthesis and duodenal amino acid flows in sheep. **Journal of Animal Science**, Illinois, v. 62, n.1, p. 216-225, Jan., 1986.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fibre in feeds with refluxing beakers or crucibles: a collaborative study. **Journal of AOAC**. Washington, v. 85, n. 6, p. 1217-1240, Nov./Dec., 2002.

MICHALET-DOREAU, B; CERNEAU, P. Influence of foodstuff particle size on in situ degradation of nitrogen in the rumen. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.35, n. 1-2, p.69-81, Oct., 1991.

MOORE, J. E. et al. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility and animal performance. **Journal of Animal Science**, Illinois, v.77, Suppl.2, p.122-135, 1999.

MOULD, F.L. et al. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 10, n.1, p. 15-30, Dec., 1983.

NEWKIRK, R.W., KLASSEN, H.L. The effects of standard oil extraction and processing on the nutritional value of canola meal for broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 79 (Suppl. 1), p. 10, 2000.

NOLAN, J. V.; DOBOS, R. C. Nitrogen transaction in the rumen. In: DIJKSTRA, J. FORBES, J., M. FRANCE, J. (eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**, CAB International, 2005, pg 177-206.

NOUSIAINEN, J. RINNE, M. HUHTANEN, P. A meta-analysis of feed digestion in dairy cows. 1. The effects of forage and concentrate factors on total diet digestibility. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 92, n. 10, p. 5019-5030, Oct., 2009.

NRC. 1989. Nutritional Requirements of Dairy Cattle, 6th ed. National Academic Press. Washington, DC.

NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th Rev. Ed., National Acad. Press, Washington, DC.

OLDHAM, J.D. Protein energy relationships in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 67, n.5, p. 1090-1114, May, 1984.

OLIVEIRA, L. **Métodos em nutrição de ruminantes: Estimativa do consumo através de índices fecais e estimativa de síntese microbiana ruminal**. 2009. 77 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

ORSKOV, E. R.; McDONALD, L. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 92, n.2, p.499-503, Apr., 1979.

OWENS, F. N.; ISAACSON, H. R. Ruminal microbial yields: factors influencing synthesis and bypass. **Federation Proceedings**, Bethesda, v.36, n.2, p.198-202, Feb., 1977.

PALMER, D. W.; PETERS, Jr. Automated determination of free amino groups in serum and plasma using 2,4,6-trinitrobenzene sulfonate. **Clinical Chemistry**, Baltimore, v.15, n.9, p. 896, Sep., 1969.

PARENTE, Expedito de Sá et al., 2003. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Tecbio, Fortaleza, CE.

PERES NETTO, D. **Digestão do feno de Tifton 85 (*Cynodon spp*) sob níveis de suplementação energética e suplementação nitrogenada**. 2006. 69 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

PEREZ, J. F. et al. Determination of rumen microbial-nitrogen production in sheep: a comparison of urinary purine excretion with methods using N¹⁵ and purine bases as markers of microbial-nitrogen entering the duodenum. **British Journal of Nutrition**. Cambridge, v. 75, n. 5, p. 699-709, May, 1996.

PIEPENBRINK, M. S., SCHINGOETHE, D. J. Ruminal degradation, amino acid composition, and estimated intestinal digestibilities of four protein supplements. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, n.2, p. 454-461, Feb., 1998.

POLAN, C. E. Dietary protein and microbial protein contribution. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 118, n.2, p. 242-248, Feb., 1988.

REED, J. J.; LARDY, G. P.; BAUER, T. C. et al. Effect of field pea level on intake, digestion, microbial efficiency, ruminal fermentation, and in situ disappearance in beef steers fed growing diets. **Journal of Animal Science**, Illinois, v.82. n.7, p. 2123-2130, Jul, 2004.

ROMNEY, D.L. and GILL, M. Intake of forages. In GIVENS, D.I.; OWEN, E.; AXFORD, R.F.E. and OMED, H.M.(eds.). **Forage evaluation in ruminant nutrition**, CAB International, 2000.p.43-62.

RUSSEL, J. B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal Fermentation. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p.3551-3561, Nov., 1992.

RUSSEL, J. B., STROBEL, H. J. Microbial energetic. In: DIJKSTRA, J. FORBES, J., M. FRANCE, J. (eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**, CAB International, 2005, p. 229-261.

SAS Statistical Analysis Systems User's Guide. Version 6. Cary, NC: SAS institute, 2002. 1042 p.

SCHINGOETHE, D.J. Protein quality, amino acid supplementation in dairy cattle explored. **Feedstuffs**, Minnetonka, n. 18, p. 11, 1991.

SENGER, C. et al. Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 146, n. 1-2, p. 169, Sept, 2008.

SEO, S.; LANZAS, C.; TEDESCHI, L. O. et AL. Development of mechanistic model to represent the dynamics of particle flow out of the rumen and to predict rate of passage of forage particles in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.92, n. 8, p.3981-4000, Aug, 2009.

SILVEIRA, A. L. F. **Avaliação nutricional da adição de uréia ao feno suplementado com milho moído**. 2002. 79 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

STERN, M. D.; HOOVER, W. H. Methods for determining and factors affecting rumen microbial protein synthesis: a review. **Journal of Animal Science**, Illinois, v.49, n.6, p.1590-1603, Jun., 1979.

TAMMINGA, S. Protein degradation in the forestomachs of ruminants. **Journal of Animal Science**, Illinois, v. 49, n.6, p. 1615-1630, Jun., 1979.

TAMMINGA, S.; HOFF, G. Feeding systems for dairy cows: In THEODOROU, M.K.; FRANCE, J. (eds.). **Feeding systems and feed evaluation models**, Cabi, Londres. 1999. p.109-127.

TOLRA, R.P.; ALONSO, R.; POSCHENRIEDER, C. et al. Determination of glucosinolates in rapeseed and *Thlaspi caerulescens* plants by chromatography-atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v.889, p.75-81, 2000.

TOMM, G. O. **Situação em 2005 e perspectivas da cultura de canola no Brasil e em países vizinhos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 21 p. html (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 26). Disponível: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp26.htm>. Acesso em 14/03/2009.

VAN DER POEL, A. F. B.; PRESTLOKKEN, E.; GOELEMA, J.O. Feed processing: Effects on nutrient degradation and digestibility. In: DIJKSTRA, J. FORBES, J., M. FRANCE, J. (eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**, CAB International, 2005, p. 627-661.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.74, n. 10, p.3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**, 2 ed. Cornell University Press: New York, 1994. 476 p.

WEATHERBURN, M.W. Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 39. n.38, p. 971-974, Jul., 1967.

WALLACE, R. J.; ONODERA, R.; COTTA, M. A. Metabolism of nitrogen-containing compounds. In HOBSON, P. N.; STEWART, C. S.(eds.). **The Rumen Microbial Ecosystem**. 2 ed. Chapman & Hall, London, UK, 1997.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; ST. PIERRE, N.R. A theoretically based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.39, n. 1-2, p.95-110, Nov., 1992.

9 APÊNDICES

APÊNDICE A – Dados relativos ao consumo de matéria seca (MSt), matéria orgânica (MOt), matéria seca da forragem (MSfor), fibra em detergente neutro (FDN), FDN do concentrado (FDN conc.), FDN da forragem (FDN forr), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LDA), extrato etéreo (EEt), carboidratos (CHO), carboidratos não fibrosos (CNF), nitrogênio (N), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel ácido (NIDA) e nutrientes digestíveis totais real (NDT), expressos em g/d.

| ANIMAL | TRAT | PERÍODO | Pvmédio(kg) | PM(kg0.75) | CMSt | CMSt(%PV) | CMOt | CMSfor | CFDN | CFDN conc. | CFDN forr |
|--------|------|---------|-------------|------------|------|-----------|------|--------|------|------------|-----------|
| 1 | 0 | 1 | 35 | 14.4 | 692 | 1.98 | 618 | 692 | 476 | 0.0 | 476 |
| 2 | 0 | 1 | 30 | 12.8 | 661 | 2.2 | 590 | 661 | 453 | 0.0 | 453 |
| 3 | 0.5 | 1 | 34 | 14.1 | 570 | 1.7 | 521 | 406 | 323 | 45.5 | 277 |
| 4 | 0.5 | 1 | 35 | 14.4 | 776 | 2.2 | 701 | 606 | 465 | 47.0 | 418 |
| 5 | 1 | 1 | 27 | 11.8 | 961 | 3.6 | 869 | 699 | 550 | 72.7 | 478 |
| 6 | 1.5 | 1 | 26 | 11.5 | 837 | 3.2 | 770 | 459 | 422 | 104.9 | 317 |
| 7 | 1 | 1 | 28 | 12.2 | 836 | 3.0 | 761 | 565 | 465 | 75.3 | 390 |
| 8 | 1.5 | 1 | 34 | 14.1 | 652 | 1.9 | 610 | 163 | 249 | 135.7 | 113 |
| 1 | 1.5 | 2 | 35 | 14.4 | 963 | 2.8 | 896 | 454 | 450 | 141.2 | 309 |
| 2 | 1.5 | 2 | 30 | 12.8 | 846 | 2.8 | 785 | 410 | 399 | 121.1 | 278 |
| 3 | 0 | 2 | 34 | 14.1 | 331 | 1.0 | 303 | 331 | 224 | 0.0 | 224 |
| 4 | 0 | 2 | 35 | 14.4 | 467 | 1.3 | 428 | 467 | 321 | 0.0 | 321 |
| 5 | 0.5 | 2 | 27 | 11.8 | 614 | 2.3 | 564 | 483 | 364 | 36.3 | 328 |
| 6 | 1 | 2 | 26 | 11.5 | 653 | 2.5 | 607 | 402 | 344 | 69.8 | 275 |
| 7 | 0.5 | 2 | 28 | 12.2 | 660 | 2.4 | 604 | 524 | 394 | 37.6 | 357 |
| 8 | 1 | 2 | 34 | 14.1 | 530 | 1.6 | 503 | 201 | 225 | 91.3 | 134 |
| 1 | 1 | 3 | 35 | 14.4 | 844 | 2.4 | 740 | 505 | 439 | 94.0 | 345 |
| 2 | 1 | 3 | 30 | 12.8 | 641 | 2.1 | 576 | 350 | 325 | 80.7 | 244 |
| 3 | 1.5 | 3 | 34 | 14.1 | 648 | 1.9 | 603 | 154 | 238 | 137.1 | 101 |
| 4 | 1.5 | 3 | 35 | 14.4 | 751 | 2.1 | 676 | 242 | 299 | 141.2 | 158 |
| 5 | 0 | 3 | 27 | 11.8 | 810 | 3.0 | 681 | 810 | 558 | 0.0 | 558 |
| 6 | 0.5 | 3 | 26 | 11.5 | 663 | 2.6 | 565 | 538 | 402 | 34.9 | 367 |
| 7 | 0 | 3 | 28 | 12.2 | 526 | 1.9 | 439 | 526 | 361 | 0.0 | 361 |
| 8 | 0.5 | 3 | 34 | 14.1 | 404 | 1.2 | 359 | 240 | 216 | 45.5 | 170 |
| 1 | 0.5 | 4 | 35 | 14.4 | 504 | 1.4 | 427 | 335 | 258 | 47.0 | 211 |
| 2 | 0.5 | 4 | 30 | 12.8 | 506 | 1.7 | 422 | 361 | 264 | 40.2 | 224 |
| 3 | 1 | 4 | 34 | 14.1 | 570 | 1.7 | 496 | 241 | 235 | 91.3 | 144 |
| 4 | 1 | 4 | 35 | 14.4 | 682 | 1.9 | 587 | 343 | 310 | 94.0 | 216 |
| 5 | 1.5 | 4 | 27 | 11.8 | 725 | 2.7 | 631 | 332 | 317 | 109.0 | 208 |
| 6 | 0 | 4 | 26 | 11.5 | 392 | 1.5 | 310 | 392 | 246 | 0.0 | 246 |
| 7 | 1.5 | 4 | 28 | 12.2 | 802 | 2.9 | 689 | 395 | 357 | 112.9 | 244 |
| 8 | 0 | 4 | 34 | 14.1 | 366 | 1.1 | 293 | 366 | 232 | 0.0 | 232 |

| g/dia | | | | | | | | | | | |
|--------|------|---------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|----------|
| ANIMAL | TRAT | PERIODO | CFDA | CLDA | CEEt | CCHO | CCNF | CN | CNIDN | CNIDA | NDT real |
| 1 | 0 | 1 | 300 | 38.1 | 18.3 | 493 | 60 | 17.1 | 6.78 | 2.39 | 504 |
| 2 | 0 | 1 | 280 | 34.0 | 18.0 | 468 | 57 | 16.5 | 6.63 | 2.20 | 528 |
| 3 | 0.5 | 1 | 205 | 37.8 | 17.3 | 374 | 84 | 20.6 | 5.14 | 1.96 | 406 |
| 4 | 0.5 | 1 | 294 | 46.8 | 21.6 | 517 | 96 | 26.0 | 7.08 | 2.76 | 567 |
| 5 | 1 | 1 | 351 | 58.9 | 27.5 | 626 | 130 | 34.5 | 8.62 | 3.49 | 737 |
| 6 | 1.5 | 1 | 273 | 56.5 | 25.5 | 519 | 142 | 36.2 | 7.25 | 3.13 | 699 |
| 7 | 1 | 1 | 302 | 54.6 | 24.1 | 540 | 120 | 31.4 | 7.23 | 2.88 | 582 |
| 8 | 1.5 | 1 | 174 | 50.6 | 20.9 | 365 | 148 | 35.8 | 5.00 | 2.38 | 531 |
| 1 | 1.5 | 2 | 304 | 69.7 | 29.5 | 593 | 193 | 43.8 | 7.99 | 3.23 | 760 |
| 2 | 1.5 | 2 | 270 | 60.2 | 25.5 | 522 | 166 | 38.0 | 6.95 | 2.81 | 702 |
| 3 | 0 | 2 | 145 | 17.3 | 9.4 | 247 | 43 | 7.5 | 3.26 | 0.67 | 257 |
| 4 | 0 | 2 | 200 | 22.7 | 13.1 | 348 | 56 | 10.7 | 4.60 | 1.12 | 346 |
| 5 | 0.5 | 2 | 237 | 37.0 | 17.5 | 422 | 93 | 19.9 | 5.60 | 1.85 | 457 |
| 6 | 1 | 2 | 227 | 42.2 | 19.4 | 427 | 117 | 25.7 | 5.60 | 2.10 | 529 |
| 7 | 0.5 | 2 | 257 | 39.8 | 18.7 | 454 | 97 | 21.0 | 5.99 | 2.00 | 505 |
| 8 | 1 | 2 | 152 | 40.4 | 16.8 | 321 | 123 | 26.3 | 4.35 | 1.66 | 465 |
| 1 | 1 | 3 | 325 | 68.4 | 24.9 | 541 | 129 | 28.0 | 4.48 | 3.11 | 538 |
| 2 | 1 | 3 | 243 | 56.7 | 20.2 | 414 | 109 | 22.8 | 3.30 | 2.24 | 461 |
| 3 | 1.5 | 3 | 174 | 57.6 | 22.6 | 367 | 155 | 34.2 | 4.09 | 2.64 | 491 |
| 4 | 1.5 | 3 | 227 | 66.1 | 23.8 | 426 | 155 | 36.3 | 4.62 | 3.01 | 568 |
| 5 | 0 | 3 | 403 | 62.0 | 22.8 | 601 | 64 | 9.2 | 3.46 | 2.78 | 543 |
| 6 | 0.5 | 3 | 294 | 53.3 | 19.5 | 454 | 73 | 14.5 | 3.22 | 2.49 | 384 |
| 7 | 0 | 3 | 261 | 39.7 | 14.4 | 387 | 40 | 6.0 | 2.21 | 1.80 | 277 |
| 8 | 0.5 | 3 | 184 | 32.1 | 8.9 | 267 | 65 | 13.3 | 2.11 | 1.48 | 260 |
| 1 | 0.5 | 4 | 178 | 27.3 | 14.2 | 315 | 73 | 15.7 | 2.50 | 1.47 | 336 |
| 2 | 0.5 | 4 | 180 | 25.7 | 14.2 | 317 | 68 | 14.7 | 2.50 | 1.45 | 347 |
| 3 | 1 | 4 | 168 | 37.9 | 16.8 | 323 | 108 | 25.0 | 3.30 | 2.01 | 404 |
| 4 | 1 | 4 | 217 | 42.4 | 20.0 | 398 | 113 | 27.0 | 3.81 | 2.26 | 490 |
| 5 | 1.5 | 4 | 225 | 46.9 | 21.2 | 420 | 128 | 30.4 | 4.10 | 2.53 | 494 |
| 6 | 0 | 4 | 166 | 13.7 | 10.4 | 264 | 28 | 5.6 | 1.69 | 1.08 | 231 |
| 7 | 1.5 | 4 | 253 | 49.9 | 23.1 | 465 | 136 | 32.2 | 4.46 | 2.70 | 498 |
| 8 | 0 | 4 | 159 | 13.5 | 9.5 | 251 | 29 | 5.2 | 1.58 | 0.94 | 196 |

APÊNDICE B – Dados relativos à excreção fecal de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LDA), nitrogênio (N), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), extrato etéreo (EE) e carboidratos (CHO), expressos em g/d.

| ANIMAL | TRAT | PERÍODO | g/d | | | | | | | | |
|--------|------|---------|-----|-----|------|------|------|---------|-------|------|------|
| | | | fMS | fMO | fFDN | fFDA | fLDA | fNtotal | fNIDN | fEE | fCHO |
| 1 | 0 | 1 | 167 | 134 | 92 | 86 | 23.8 | 2.78 | 0.42 | 2.78 | 183 |
| 2 | 0 | 1 | 119 | 81 | 62 | 61 | 11.6 | 2.23 | 0.28 | 2.84 | 164 |
| 3 | 0.5 | 1 | 190 | 132 | 112 | 93 | 25.6 | 3.94 | 1.16 | 2.77 | 94 |
| 4 | 0.5 | 1 | 201 | 158 | 120 | 105 | 29.4 | 4.00 | 1.13 | 2.50 | 157 |
| 5 | 1 | 1 | 199 | 163 | 110 | 100 | 27.1 | 4.21 | 0.91 | 2.71 | 177 |
| 6 | 1.5 | 1 | 124 | 100 | 74 | 63 | 21.6 | 3.22 | 1.08 | 2.56 | 111 |
| 7 | 1 | 1 | 252 | 205 | 149 | 131 | 43.5 | 5.44 | 1.92 | 2.60 | 149 |
| 8 | 1.5 | 1 | 125 | 102 | 72 | 63 | 30.7 | 3.76 | 1.41 | 2.69 | 41 |
| 1 | 1.5 | 2 | 213 | 170 | 138 | 106 | 35.5 | 4.99 | 1.79 | 2.64 | 117 |
| 2 | 1.5 | 2 | 161 | 112 | 104 | 76 | 29.0 | 4.27 | 1.09 | 2.42 | 108 |
| 3 | 0 | 2 | 82 | 54 | 52 | 39 | 7.5 | 1.47 | 0.19 | 2.67 | 84 |
| 4 | 0 | 2 | 147 | 95 | 95 | 77 | 14.3 | 2.44 | 0.62 | 2.49 | 116 |
| 5 | 0.5 | 2 | 184 | 126 | 115 | 92 | 21.2 | 3.72 | 1.05 | 2.44 | 125 |
| 6 | 1 | 2 | 143 | 98 | 92 | 74 | 21.7 | 3.33 | 1.25 | 2.55 | 103 |
| 7 | 0.5 | 2 | 179 | 120 | 120 | 94 | 20.0 | 3.04 | 1.02 | 2.42 | 138 |
| 8 | 1 | 2 | 76 | 55 | 43 | 37 | 14.9 | 1.82 | 0.71 | 2.89 | 45 |
| 1 | 1 | 3 | 345 | 232 | 217 | 161 | 44.3 | 5.99 | 1.98 | 1.37 | 168 |
| 2 | 1 | 3 | 212 | 138 | 133 | 116 | 33.6 | 4.04 | 1.54 | 1.46 | 115 |
| 3 | 1.5 | 3 | 200 | 138 | 111 | 103 | 39.8 | 4.98 | 1.76 | 1.85 | 31 |
| 4 | 1.5 | 3 | 210 | 136 | 129 | 108 | 41.6 | 4.60 | 1.74 | 1.74 | 77 |
| 5 | 0 | 3 | 237 | 165 | 144 | 142 | 24.5 | 2.41 | 0.78 | 1.41 | 259 |
| 6 | 0.5 | 3 | 288 | 204 | 182 | 161 | 29.4 | 3.95 | 1.02 | 1.41 | 171 |
| 7 | 0 | 3 | 263 | 179 | 171 | 142 | 24.6 | 2.90 | 0.85 | 1.12 | 170 |
| 8 | 0.5 | 3 | 155 | 108 | 102 | 86 | 23.7 | 2.62 | 0.91 | 1.31 | 127 |
| 1 | 0.5 | 4 | 166 | 107 | 95 | 89 | 24.8 | 2.70 | 0.87 | 1.40 | 88 |
| 2 | 0.5 | 4 | 138 | 91 | 92 | 78 | 22.5 | 2.45 | 1.02 | 1.50 | 89 |
| 3 | 1 | 4 | 167 | 111 | 108 | 87 | 30.2 | 3.94 | 1.51 | 1.66 | 62 |
| 4 | 1 | 4 | 188 | 120 | 99 | 96 | 33.6 | 3.65 | 1.07 | 1.42 | 91 |
| 5 | 1.5 | 4 | 249 | 162 | 141 | 124 | 50.0 | 4.55 | 1.65 | 1.29 | 91 |
| 6 | 0 | 4 | 140 | 90 | 81 | 74 | 13.6 | 1.57 | 0.33 | 1.20 | 100 |
| 7 | 1.5 | 4 | 320 | 219 | 177 | 175 | 46.0 | 5.16 | 1.54 | 1.24 | 107 |
| 8 | 0 | 4 | 165 | 108 | 98 | 91 | 17.0 | 1.39 | 0.35 | 0.99 | 98 |

APÊNDICE C – Dados relativos ao fluxo duodenal de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), aminoácidos (alfa-amino) e nitrogênio amoniacal (N-NH₃).

| Fezes | | | | | | | | |
|----------------------|-----|---|-------------|-------------|---------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| A | T | P | CMS (g/dia) | CMO (g/dia) | CN g/d | MS fez (g/dia) | MO fez (g/dia) | LDA (% na MS) |
| 2 | 0 | 1 | 661 | 590 | 16.5 | 119.0 | 81 | 9.8 |
| 3 | 0.5 | 1 | 570 | 521 | 20.6 | 190.0 | 132 | 13.5 |
| 7 | 1 | 1 | 836 | 761 | 31.4 | 252.0 | 205 | 17.3 |
| 8 | 1.5 | 1 | 652 | 610 | 35.8 | 125.0 | 102 | 24.5 |
| 2 | 1.5 | 2 | 846 | 785 | 38.0 | 161.0 | 112 | 18.0 |
| 3 | 0 | 2 | 331 | 303 | 7.5 | 82.0 | 54 | 9.2 |
| 7 | 0.5 | 2 | 660 | 604 | 21.0 | 179.0 | 120 | 11.2 |
| 8 | 1 | 2 | 530 | 503 | 26.3 | 76.0 | 55 | 19.7 |
| 2 | 1 | 3 | 641 | 570 | 22.8 | 212.0 | 138 | 15.8 |
| 3 | 1.5 | 3 | 648 | 603 | 34.2 | 200.0 | 138 | 19.9 |
| 7 | 0 | 3 | 526 | 439 | 6.0 | 263.0 | 179 | 9.4 |
| 8 | 0.5 | 3 | 404 | 359 | 13.3 | 155.0 | 108 | 15.3 |
| 2 | 0.5 | 4 | 506 | 422 | 14.7 | 138.0 | 91 | 16.3 |
| 3 | 1 | 4 | 570 | 496 | 25.0 | 167.0 | 111 | 18.1 |
| 7 | 1.5 | 4 | 802 | 689 | 32.2 | 320.0 | 219 | 14.4 |
| 8 | 0 | 4 | 366 | 293 | 5.2 | 167.0 | 108 | 10.3 |
| Duodeno | | | | | | | | |
| A | T | P | % MS na APS | % MO na MS | LDA (% na MS) | N total (% na MS) | N amino (% do N) | N-NH ₃ (% do N) |
| 2 | 0 | 1 | 93.6 | 77.5 | 5.28 | 3.61 | 0.605 | 0.0641 |
| 3 | 0.5 | 1 | 95.0 | 78.9 | 7.96 | 4.43 | 0.735 | 0.0604 |
| 7 | 1 | 1 | 94.1 | 79.3 | 12.73 | 4.50 | 0.677 | 0.0808 |
| 8 | 1.5 | 1 | 94.9 | 84.3 | 11.85 | 6.42 | 0.626 | 0.0787 |
| 2 | 1.5 | 2 | 94.7 | 81.4 | 10.35 | 5.26 | 0.663 | 0.0961 |
| 3 | 0 | 2 | 94.0 | 76.8 | 5.70 | 3.35 | 0.680 | 0.0395 |
| 7 | 0.5 | 2 | 95.1 | 77.5 | 9.15 | 3.55 | 0.654 | 0.0607 |
| 8 | 1 | 2 | 95.3 | 80.0 | 13.72 | 5.74 | 0.621 | 0.0875 |
| 2 | 1 | 3 | 95.2 | 75.1 | 10.73 | 4.13 | 0.651 | 0.0951 |
| 3 | 1.5 | 3 | 94.7 | 78.9 | 13.70 | 5.03 | 0.616 | 0.1054 |
| 7 | 0 | 3 | 94.2 | 67.9 | 8.39 | 2.33 | 0.579 | 0.0456 |
| 8 | 0.5 | 3 | 93.1 | 74.7 | 10.84 | 3.77 | 0.695 | 0.0867 |
| 2 | 0.5 | 4 | 95.1 | 77.1 | 11.75 | 3.67 | 0.700 | 0.0834 |
| 3 | 1 | 4 | 91.4 | 75.2 | 9.96 | 5.08 | 0.620 | 0.1330 |
| 7 | 1.5 | 4 | 93.8 | 74.0 | 12.00 | 3.90 | 0.661 | 0.1018 |
| 8 | 0 | 4 | 95.5 | 65.9 | 8.31 | 2.21 | 0.636 | 0.0368 |
| Fluxo duodenal (g/d) | | | | | | | | |
| A | T | P | Fluxo MS | Fluxo MO | Fluxo N | Fluxo alfa-amino | Fluxo N-NH ₃ | |
| 2 | 0 | 1 | 220 | 170 | 7.94 | 4.80 | 0.51 | |
| 3 | 0.5 | 1 | 321 | 253 | 14.23 | 10.46 | 0.86 | |
| 7 | 1 | 1 | 342 | 272 | 15.41 | 10.44 | 1.25 | |
| 8 | 1.5 | 1 | 258 | 218 | 16.58 | 10.39 | 1.30 | |
| 2 | 1.5 | 2 | 280 | 228 | 14.71 | 9.75 | 1.41 | |
| 3 | 0 | 2 | 132 | 101 | 4.42 | 3.01 | 0.17 | |
| 7 | 0.5 | 2 | 219 | 169 | 7.76 | 5.07 | 0.47 | |
| 8 | 1 | 2 | 109 | 87 | 6.25 | 3.88 | 0.55 | |
| 2 | 1 | 3 | 313 | 235 | 12.91 | 8.40 | 1.23 | |
| 3 | 1.5 | 3 | 291 | 230 | 14.63 | 9.01 | 1.54 | |
| 7 | 0 | 3 | 294 | 199 | 6.84 | 3.97 | 0.31 | |
| 8 | 0.5 | 3 | 218 | 163 | 8.22 | 5.71 | 0.71 | |
| 2 | 0.5 | 4 | 191 | 148 | 7.03 | 4.93 | 0.59 | |
| 3 | 1 | 4 | 304 | 228 | 15.43 | 9.57 | 2.05 | |
| 7 | 1.5 | 4 | 383 | 283 | 14.93 | 9.87 | 1.52 | |
| 8 | 0 | 4 | 207 | 136 | 4.56 | 2.90 | 0.17 | |

APÊNDICE D – Dados relativos ao fluxo duodenal de nitrogênio microbiano estimado pelas purinas (Nm deriv) ou derivados de purinas (Nm pur), nitrogênio residual do alimento estimado por derivados de purinas (NR der) ou por purinas duodenais (NR pur) e nitrogênio degradável no rúmen estimado pelos derivados (NDR der) ou pelas purinas duodenais (NDR pur).

| A | T | P | Nm deriv (g/d) | Nm pur (g/d) | NR der (g/d) | NR pur (g/d) | NDR der | NDR pur |
|---|-----|---|----------------|--------------|--------------|--------------|---------|---------|
| 2 | 0 | 1 | 3.00 | 3.08 | 4.4 | 4.4 | 0.73 | 0.74 |
| 3 | 0.5 | 1 | 2.70 | 7.16 | 10.7 | 6.2 | 0.48 | 0.70 |
| 7 | 1 | 1 | 4.50 | 5.43 | 9.7 | 8.7 | 0.69 | 0.72 |
| 8 | 1.5 | 1 | 3.80 | 4.63 | 11.5 | 10.6 | 0.68 | 0.70 |
| 2 | 1.5 | 2 | 5.00 | 5.63 | 8.3 | 7.7 | 0.78 | 0.80 |
| 3 | 0 | 2 | 3.10 | 2.60 | 1.1 | 1.6 | 0.85 | 0.78 |
| 7 | 0.5 | 2 | 4.30 | 3.43 | 3.0 | 3.9 | 0.86 | 0.82 |
| 8 | 1 | 2 | 1.40 | 1.72 | 4.3 | 4.0 | 0.84 | 0.85 |
| 2 | 1 | 3 | 1.90 | 4.42 | 9.8 | 7.3 | 0.57 | 0.68 |
| 3 | 1.5 | 3 | 3.90 | 4.05 | 9.2 | 9.0 | 0.73 | 0.74 |
| 7 | 0 | 3 | 1.30 | 4.08 | 5.2 | 2.5 | 0.13 | 0.59 |
| 8 | 0.5 | 3 | 3.30 | 3.37 | 4.2 | 4.1 | 0.68 | 0.69 |
| 2 | 0.5 | 4 | 2.40 | 2.39 | 4.0 | 4.1 | 0.72 | 0.72 |
| 3 | 1 | 4 | 1.90 | 5.23 | 11.5 | 8.1 | 0.54 | 0.67 |
| 7 | 1.5 | 4 | 3.90 | 4.92 | 9.5 | 8.5 | 0.70 | 0.74 |
| 8 | 0 | 4 | 0.50 | 2.39 | 3.9 | 2.0 | 0.25 | 0.62 |

| Eficiência de utilização do N (EUN) | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----|---|----------|--------------|---------------------|----------|--------------|---------------------|
| A | T | P | CN (g/d) | Nm (g/d) pur | Eficiência (gNm/gN) | CN (g/d) | Nm (g/d) der | Eficiência (gNm/gN) |
| 2 | 0 | 1 | 16.5 | 3.1 | 18.6 | 9.8 | 3.00 | 30.8 |
| 3 | 0.5 | 1 | 20.6 | 7.2 | 34.8 | 13.5 | 2.70 | 20.1 |
| 7 | 1 | 1 | 31.4 | 5.4 | 17.3 | 17.3 | 4.50 | 26.0 |
| 8 | 1.5 | 1 | 35.8 | 4.6 | 12.9 | 24.5 | 3.80 | 15.5 |
| 2 | 1.5 | 2 | 38.0 | 5.6 | 14.8 | 18.0 | 5.00 | 27.8 |
| 3 | 0 | 2 | 7.5 | 2.6 | 34.7 | 9.2 | 3.10 | 33.8 |
| 7 | 0.5 | 2 | 21.0 | 3.4 | 16.3 | 11.2 | 4.30 | 38.5 |
| 8 | 1 | 2 | 26.3 | 1.7 | 6.5 | 19.7 | 1.40 | 7.1 |
| 2 | 1 | 3 | 22.8 | 4.4 | 19.4 | 15.8 | 1.90 | 12.0 |
| 3 | 1.5 | 3 | 34.2 | 4.1 | 11.9 | 19.9 | 3.90 | 19.6 |
| 7 | 0 | 3 | 6.0 | 4.1 | 68.0 | 9.4 | 1.30 | 13.9 |
| 8 | 0.5 | 3 | 13.3 | 3.4 | 25.3 | 15.3 | 3.30 | 21.6 |
| 2 | 0.5 | 4 | 14.7 | 2.4 | 16.3 | 16.3 | 2.40 | 14.7 |
| 3 | 1 | 4 | 25.0 | 5.2 | 20.9 | 18.1 | 1.90 | 10.5 |
| 7 | 1.5 | 4 | 32.2 | 4.9 | 15.3 | 14.4 | 3.90 | 27.2 |
| 8 | 0 | 4 | 5.2 | 2.4 | 46.0 | 10.29 | 0.50 | 4.9 |

APÊNDICE E – Dados relativos a retenção de nitrogênio.

| A | P | T | CN (g) | Ntotal fezes(g/d) | NUrinário (g/dia) |
|---|---|-----|--------|-------------------|-------------------|
| 1 | 1 | 0 | 17.1 | 2.78 | 6.99 |
| 2 | 1 | 0 | 16.5 | 2.23 | 4.81 |
| 3 | 1 | 0.5 | 20.6 | 3.94 | 6.77 |
| 4 | 1 | 0.5 | 26.0 | 4.00 | 7.98 |
| 5 | 1 | 1 | 34.5 | 4.21 | 17.28 |
| 6 | 1 | 1.5 | 36.2 | 3.22 | 12.13 |
| 7 | 1 | 1 | 31.4 | 5.44 | 13.53 |
| 8 | 1 | 1.5 | 35.8 | 3.76 | 21.32 |
| 1 | 2 | 1.5 | 43.8 | 4.99 | 15.04 |
| 2 | 2 | 1.5 | 38.0 | 4.27 | 14.59 |
| 3 | 2 | 0 | 7.5 | 1.47 | 6.51 |
| 4 | 2 | 0 | 10.7 | 2.44 | 5.80 |
| 5 | 2 | 0.5 | 19.9 | 3.72 | 10.86 |
| 6 | 2 | 1 | 25.7 | 3.33 | 13.69 |
| 7 | 2 | 0.5 | 21.0 | 3.04 | 8.87 |
| 8 | 2 | 1 | 26.3 | 1.82 | 8.73 |
| 1 | 3 | 1 | 28.0 | 5.99 | 9.44 |
| 2 | 3 | 1 | 22.8 | 4.04 | 9.40 |
| 3 | 3 | 1.5 | 34.2 | 4.98 | 16.61 |
| 4 | 3 | 1.5 | 36.3 | 4.60 | 15.70 |
| 5 | 3 | 0 | 9.2 | 2.41 | 1.33 |
| 6 | 3 | 0.5 | 14.5 | 3.95 | 2.22 |
| 7 | 3 | 0 | 6.0 | 2.90 | 2.52 |
| 8 | 3 | 0.5 | 13.3 | 2.62 | 8.89 |
| 1 | 4 | 0.5 | 15.7 | 2.70 | 3.62 |
| 2 | 4 | 0.5 | 14.7 | 2.45 | 10.13 |
| 3 | 4 | 1 | 25.0 | 3.94 | 10.89 |
| 4 | 4 | 1 | 27.0 | 3.65 | 16.54 |
| 5 | 4 | 1.5 | 30.4 | 4.55 | 12.02 |
| 6 | 4 | 0 | 5.6 | 1.57 | 2.30 |
| 7 | 4 | 1.5 | 32.2 | 5.16 | 9.95 |
| 8 | 4 | 0 | 5.2 | 1.39 | 2.46 |

APÊNDICE F – Dados relativos ao cálculo de fluxo de nitrogênio microbiano (Nm) utilizando os derivados de purinas.

| A | P | T | Pvmédio(kg) | | Alantoína | | Ácido úrico | | Derivados totais | |
|---|---|-----|-------------|-------|-----------|----------|-------------|-----------|------------------|----------|
| | | | PM(kg0.75) | | mg/dia | mmol/dia | mg/dia | mmol/dia | (mg/dia) | mmol/dia |
| 1 | 1 | 0 | 35 | 14.4 | 712 | 4.5 | 180 | 1.07 | 892 | 5.58 |
| 2 | 1 | 0 | 30 | 12.8 | 481 | 3.0 | 186 | 1.11 | 667 | 4.15 |
| 3 | 1 | 0.5 | 34 | 14.1 | 525 | 3.3 | 101 | 0.60 | 625 | 3.92 |
| 4 | 1 | 0.5 | 35 | 14.4 | 705 | 4.5 | 127 | 0.75 | 831 | 5.21 |
| 5 | 1 | 1 | 27 | 11.8 | 1233 | 7.8 | 179 | 1.06 | 1412 | 8.87 |
| 6 | 1 | 1.5 | 26 | 11.5 | 941 | 6.0 | 141 | 0.84 | 1082 | 6.80 |
| 7 | 1 | 1 | 28 | 12.2 | 749 | 4.7 | 137 | 0.81 | 886 | 5.55 |
| 8 | 1 | 1.5 | 34 | 14.1 | 660 | 4.2 | 138 | 0.82 | 798 | 5.00 |
| 1 | 2 | 1.5 | 35 | 14.4 | 813 | 5.1 | 130 | 0.78 | 943 | 5.92 |
| 2 | 2 | 1.5 | 30 | 12.8 | 831 | 5.3 | 138 | 0.82 | 969 | 6.08 |
| 3 | 2 | 0 | 34 | 14.1 | 565 | 3.6 | 122 | 0.72 | 687 | 4.30 |
| 4 | 2 | 0 | 35 | 14.4 | 545 | 3.4 | 93 | 0.55 | 638 | 4.00 |
| 5 | 2 | 0.5 | 27 | 11.8 | 647 | 4.1 | 151 | 0.90 | 798 | 4.99 |
| 6 | 2 | 1 | 26 | 11.5 | 441 | 2.8 | 156 | 0.93 | 597 | 3.72 |
| 7 | 2 | 0.5 | 28 | 12.2 | 722 | 4.6 | 141 | 0.84 | 863 | 5.41 |
| 8 | 2 | 1 | 34 | 14.1 | 354 | 2.2 | 119 | 0.71 | 473 | 2.95 |
| 1 | 3 | 1 | 35 | 14.4 | 333 | 2.1 | 103 | 0.61 | 436 | 2.72 |
| 2 | 3 | 1 | 30 | 12.8 | 398 | 2.5 | 113 | 0.67 | 511 | 3.19 |
| 3 | 3 | 1.5 | 34 | 14.1 | 695 | 4.4 | 112 | 0.66 | 806 | 5.06 |
| 4 | 3 | 1.5 | 35 | 14.4 | 610 | 3.9 | 135 | 0.81 | 745 | 4.66 |
| 5 | 3 | 0 | 27 | 11.8 | 52 | 0.3 | 71 | 0.42 | 123 | 0.75 |
| 6 | 3 | 0.5 | 26 | 11.5 | 109 | 0.7 | 71 | 0.42 | 180 | 1.11 |
| 7 | 3 | 0 | 28 | 12.2 | 237 | 1.5 | 192 | 1.14 | 429 | 2.64 |
| 8 | 3 | 0.5 | 34 | 14.1 | 539 | 3.4 | 180 | 1.07 | 719 | 4.48 |
| 1 | 4 | 0.5 | 35 | 14.4 | 153 | 1.0 | 134 | 0.80 | 287 | 1.77 |
| 2 | 4 | 0.5 | 30 | 12.8 | 431 | 2.7 | 148 | 0.88 | 579 | 3.61 |
| 3 | 4 | 1 | 34 | 14.1 | 345 | 2.2 | 189 | 1.12 | 533 | 3.30 |
| 4 | 4 | 1 | 35 | 14.4 | 603 | 3.8 | 212 | 1.26 | 816 | 5.08 |
| 5 | 4 | 1.5 | 27 | 11.8 | 425 | 2.7 | 140 | 0.83 | 565 | 3.52 |
| 6 | 4 | 0 | 26 | 11.5 | 155 | 1.0 | 68 | 0.41 | 224 | 1.39 |
| 7 | 4 | 1.5 | 28 | 12.2 | 632 | 4.0 | 168 | 1.00 | 799 | 5.00 |
| 8 | 4 | 0 | 34 | 14.1 | 204 | 1.3 | 179 | 1.06 | 383 | 2.36 |
| A | P | T | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | Nm(g/dia) | DP (g/d) | |
| 1 | 1 | 0 | 6.64 | 6.09 | 6.08 | 6.08 | 6.08 | 4.42 | 0.89 | |
| 2 | 1 | 0 | 4.94 | 4.14 | 4.13 | 4.13 | 4.13 | 3.00 | 0.67 | |
| 3 | 1 | 0.5 | 4.67 | 3.69 | 3.66 | 3.66 | 3.66 | 2.66 | 0.63 | |
| 4 | 1 | 0.5 | 6.21 | 5.57 | 5.57 | 5.57 | 5.57 | 4.05 | 0.83 | |
| 5 | 1 | 1 | 10.56 | 10.40 | 10.40 | 10.40 | 10.40 | 7.56 | 1.41 | |
| 6 | 1 | 1.5 | 8.09 | 7.80 | 7.80 | 7.80 | 7.80 | 5.67 | 1.08 | |
| 7 | 1 | 1 | 6.61 | 6.15 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 4.47 | 0.89 | |
| 8 | 1 | 1.5 | 5.95 | 5.28 | 5.27 | 5.27 | 5.27 | 3.83 | 0.80 | |
| 1 | 2 | 1.5 | 7.05 | 6.55 | 6.55 | 6.55 | 6.55 | 4.76 | 0.94 | |
| 2 | 2 | 1.5 | 7.24 | 6.83 | 6.82 | 6.82 | 6.82 | 4.96 | 0.97 | |
| 3 | 2 | 0 | 5.12 | 4.27 | 4.25 | 4.25 | 4.25 | 3.09 | 0.69 | |
| 4 | 2 | 0 | 4.76 | 3.79 | 3.76 | 3.76 | 3.76 | 2.73 | 0.64 | |
| 5 | 2 | 0.5 | 5.95 | 5.40 | 5.40 | 5.40 | 5.40 | 3.92 | 0.80 | |
| 6 | 2 | 1 | 4.43 | 3.61 | 3.59 | 3.59 | 3.59 | 2.61 | 0.60 | |
| 7 | 2 | 0.5 | 6.44 | 5.95 | 5.95 | 5.95 | 5.95 | 4.32 | 0.86 | |
| 8 | 2 | 1 | 3.51 | 2.09 | 1.98 | 1.98 | 1.98 | 1.44 | 0.47 | |
| 1 | 3 | 1 | 3.24 | 1.63 | 1.46 | 1.46 | 1.46 | 1.06 | 0.44 | |
| 2 | 3 | 1 | 3.80 | 2.66 | 2.61 | 2.61 | 2.61 | 1.90 | 0.51 | |
| 3 | 3 | 1.5 | 6.03 | 5.38 | 5.37 | 5.37 | 5.37 | 3.90 | 0.81 | |
| 4 | 3 | 1.5 | 5.55 | 4.79 | 4.77 | 4.77 | 4.77 | 3.47 | 0.74 | |
| 5 | 3 | 0 | 0.89 | -2.06 | -7.78 | -5.56 | -3.79 | -2.75 | 0.12 | |
| 6 | 3 | 0.5 | 1.32 | -1.04 | -1.97 | -2.46 | -3.00 | -2.18 | 0.18 | |
| 7 | 3 | 0 | 3.15 | 1.83 | 1.74 | 1.74 | 1.74 | 1.26 | 0.43 | |
| 8 | 3 | 0.5 | 5.34 | 4.54 | 4.53 | 4.53 | 4.53 | 3.29 | 0.72 | |
| 1 | 4 | 0.5 | 2.10 | -0.36 | -1.57 | -5.25 | -3.70 | -2.69 | 0.29 | |
| 2 | 4 | 0.5 | 4.29 | 3.32 | 3.29 | 3.29 | 3.29 | 2.39 | 0.58 | |
| 3 | 4 | 1 | 3.93 | 2.70 | 2.63 | 2.63 | 2.63 | 1.91 | 0.53 | |
| 4 | 4 | 1 | 6.05 | 5.39 | 5.38 | 5.38 | 5.38 | 3.91 | 0.82 | |
| 5 | 4 | 1.5 | 4.19 | 3.28 | 3.26 | 3.26 | 3.26 | 2.37 | 0.56 | |
| 6 | 4 | 0 | 1.66 | -0.42 | -0.91 | -0.96 | -0.96 | -0.70 | 0.22 | |
| 7 | 4 | 1.5 | 5.95 | 5.39 | 5.38 | 5.38 | 5.38 | 3.91 | 0.80 | |
| 8 | 4 | 0 | 2.80 | 0.98 | 0.69 | 0.69 | 0.69 | 0.50 | 0.38 | |

10 ANEXOS

ANEXO 1 – Regressões lineares para as variáveis afetadas significativamente ($P < 0,10$) pelos níveis de suplementação (5, 10 e 15 g/kg PV) de farelo de canola.

| Variável ¹ | Equação de regressão | r ² |
|---|----------------------|----------------|
| Consumo (g/d): | | |
| MS | $Y = 395,5 + 447,3x$ | 0,31 |
| MO | $Y = 341,5 + 414,6x$ | 0,33 |
| FDN concentrado | $Y = -0,27 + 84x$ | 0,91 |
| CNF | $Y = 40,3 + 84,8x$ | 0,82 |
| MOD | $Y = 227,6 + 373,5x$ | 0,37 |
| NDT | $Y = 238,8 + 388,6x$ | 0,38 |
| MS (% PV) | $Y = 1,26 + 1,56x$ | 0,19 |
| MO (PV ^{0,75}) | $Y = 25,5 + 33,9x$ | 0,24 |
| N | $Y = 7,73 + 22x$ | 0,78 |
| N concentrado | $Y = -0,07 + 19,8x$ | 0,91 |
| Digestibilidade: | | |
| DVMO | $Y = 0,69 + 0,18x$ | 0,18 |
| DAN | $Y = 0,75 + 0,12x$ | 0,34 |
| Balanço de N (g/d) | | |
| N fecal | $Y = 2,19 + 2,58x$ | 0,23 |
| N urinário | $Y = -0,30 + 18,4x$ | 0,49 |
| Retenção de N | $Y = 5,93 + 1,06x$ | 0,52 |
| Excreção urinária de DP | $Y = 0,54 + 0,10x$ | 0,13 |
| Fluxo duodenal (g/d): | | |
| N | $Y = 5,92 + 7,18x$ | 0,65 |
| N-NH ₃ | $Y = 0,25 + 1,10x$ | 0,70 |
| N α-amino | $Y = 3,74 + 5,74x$ | 0,61 |
| N indeterminado | $Y = 1,92 + 0,33x$ | 0,61 |
| N residual | $Y = 2,57 + 4,32x$ | 0,77 |
| Eficiência da utilização do N ruminal (g Nm/ g NDR) | $Y = 63,9 - 72x$ | 0,48 |

¹MS= matéria seca, MO= matéria orgânica; FDN= fibra em detergente neutro; CNF= carboidratos não fibrosos, CNF= MO - ((N x 6,25) + EE + (FDN - (NIDN x 6,25)))(Van Soest et al., 1991); NDT= nutrientes digestíveis totais (Weiss, 1992); DVMO= digestibilidade verdadeira da MO; DAN= digestibilidade aparente do N; DP= derivados de purinas; Nm= nitrogênio microbiano; NDR= nitrogênio degradável no rúmen.