

Fluxo portal de nutrientes em ovinos alimentados para manutenção com dietas contendo diferentes níveis de volumosos

Nutrient portal flux in sheep fed to maintenance with diets formulated with different roughage levels

BRANCO, Antonio Ferriani^{1*}; MOURO, Gisele Fernanda¹; HARMON, David Lee²; CONEGLIAN, Sabrina Marcantonio¹; MAIA, Fábio José¹; PROHMANN, Paulo Emilio¹; PARIS, Wagner¹

¹Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Maringá, Paraná, Brasil.

³University of Kentucky, Department of Animal Science, Lexington, Kentucky, United States of America.

*Endereço para correspondência: afbranco@uem.br

RESUMO

O objetivo com este trabalho foi avaliar o fluxo portal de nutrientes em ovinos alimentados em nível de manutenção com proporções crescentes de volumoso na dieta. Foram utilizados três ovinos da raça Suffolk, implantados com três cateteres (veia e artéria mesentérica e veia porta) em um delineamento quadrado latino 3x3. Os tratamentos consistiram na utilização de três níveis de silagem de milho 30, 40 e 50% na matéria seca (MS) da dieta. O fluxo líquido de nutrientes foi calculado pela infusão contínua de ácido para-aminohipúrico, e o fluxo líquido de nutrientes foi calculado usando a diferença artério-venosa para concentração e fluxo plasmático. As concentrações portal e arterial de glicose e nitrogênio α -amino (N α -amino) não foram influenciadas pelo nível de volumoso na dieta. As médias para os fluxos portais de glicose e N α -amino não diferiram entre os tratamentos estudados. Houve efeito quadrático do nível do volumoso sobre as concentrações de uréia no plasma portal e arterial. Não houve diferença entre os tratamentos para a diferença artério-venosa e fluxo portal de uréia. Houve efeito quadrático para a concentração portal, para a diferença venosa arterial e fluxo portal de amônia.

Palavras-chave: metabolismo visceral, exigências nutricionais

SUMMARY

The objectives of this study was to evaluate portal nutrient flux in sheep receiving diets with increasing forage level to supply maintenance requirements. Three Suffolk wethers, fitted with mesenteric vein, portal vein and mesenteric artery catheters were used in a 3 x 3 Latin square design. Treatments were as following: 30; 40 and 50% of corn silage in the diet (as dry matter basis). Portal plasma flow was determined by continuous infusion of P-aminohippurate, and net nutrient flux was calculated from the difference between venous and arterial concentration times blood flow. Forage level in the diet did not influence portal plasma flow. Portal and arterial concentrations of glucose and α amino-nitrogen were not affected by forage level in the diet. Portal flux of glucose and alpha-amino-nitrogen were not affected by forage level. Forage increase in the diet produced a quadratic response in portal and arterial urea concentration. There was no effect of forage level on difference of venous arterial and portal urea flux. There was a quadratic effect of forage level on portal concentration, difference venous arterial and portal flux of ammonia.

Keywords: visceral metabolism, nutrient requirements

INTRODUÇÃO

A intensificação na criação de ruminantes tem exigido dos nutricionistas maior inclusão, nas dietas desses animais, de alimentos que possuem altas concentrações de carboidratos não-fibrosos (CNF). Em situações em que se pretende obter desempenho elevado, com altos níveis de ingestão de matéria seca (MS), tal fato produz modificações na fermentação que ocorre no rúmen, o que pode, inclusive, comprometer as condições do ambiente ruminal. Por outro lado, em condições de pastagem, em que, durante boa parte do ano, os animais recebem nutrientes apenas para atender a manutenção, a situação é totalmente diferente. Nessas situações o que ocorre é a utilização de suplementação para compensar as deficiências de nutrientes, e, nessas condições, em dietas com maior proporção forragem, encontramos poucos trabalhos mostrando como as vísceras drenadas pela veia porta utilizam os nutrientes absorvidos.

O trato gastrointestinal e o fígado têm considerável impacto sobre a partição da energia metabolizável, entre energia perdida na forma de calor e energia depositada nos tecidos (REYNOLDS e MALTBY, 1994). De fato, o trato gastrointestinal e o fígado são responsáveis por 45 a 50% de toda a energia produzida no corpo, mas representam apenas 10 a 13% da massa corporal (SEAL & REYNOLDS, 1993).

As diferenças no desempenho de animais, quando se considera a proporção de forragem na dieta ou a espécie forrageira, não se devem apenas à digestibilidade e à ingestão de matéria seca, mas também à proporção da energia absorvida que é utilizada pelos tecidos extraesplâncnicos (GOETSCH, 1998).

Ao estudar a influência da proporção de volumoso em dietas de vacas em lactação sobre os parâmetros plasmáticos, DHIMAN et al. (1991) verificaram que o

aumento na porcentagem de forragem na dieta diminuiu a concentração sanguínea de glicose, mas, em relação à concentração sanguínea de uréia, não ocorreu efeito. Os mesmos resultados foram obtidos por MURPHY et al. (2000), que observaram que a concentração plasmática de glicose diminuiu com o aumento da porcentagem de volumoso em dietas de vacas lactantes.

O trabalho foi desenvolvido para avaliar o fluxo portal de nutrientes em ovinos alimentados, visando atender às exigências de manutenção com proporções crescentes de volumosos na dieta.

MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi conduzido no setor de Nutrição de Ruminantes da Fazenda Experimental de Iguatemi e no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal, ambos da Universidade Estadual de Maringá.

Foram utilizados três ovinos da raça Suffolk com peso médio de 61kg no início do experimento e de 62kg no final do experimento. Os animais tiveram três cateteres permanentes implantados cirurgicamente, sendo um na veia mesentérica, um na artéria mesentérica e um na veia porta (KATZ & BERGMANN, 1969). Os cateteres foram monitorados a cada 10 dias e mantidos por meio de diferentes soluções de heparina.

Os tratamentos consistiram em dietas isoprotéicas e isoenergéticas com diferentes proporções de volumoso, correspondendo a 30; 40 e 50% em relação à matéria seca (Tabela 1).

Tabela 1. Ingredientes nas dietas e composição química dos alimentos (% da MS)

Alimentos	Tratamentos				
	V30	V40	V50		
Silagem de milho	30,00	40,00	50,00		
Aveia em grãos	21,00	18,00	14,50		
Farelo de algodão	21,00	18,00	14,50		
Milho em grãos	26,40	20,47	14,20		
Óleo de soja	0,00	1,50	3,90		
Suplemento mineral	0,30	0,35	0,90		
Calcário	1,00	0,90	0,65		
Uréia	0,30	0,78	1,35		
Composição	FDN	FDA	PB	EE	MM
Silagem de milho	61,26	42,05	7,19	2,57	3,21
Aveia em grãos	38,19	15,63	14,38	3,20	2,75
Farelo de algodão	46,84	27,68	41,13	2,73	6,10
Milho em grãos	20,53	8,06	9,01	0,60	1,16
V30	41,65	23,84	17,03	2,17	3,13
V40	44,01	28,04	16,90	3,72	3,11
V50	45,87	32,25	16,72	6,13	3,05

V30 = 30% de silagem de milho na dieta, V40 = 40% de silagem de milho na dieta, V50 = 50% de silagem de milho na dieta.

FDN = fibra em detergente neutro, FDA = fibra em detergente ácido, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo e MM = matéria mineral.

Os animais foram alimentados de forma restrita, no sentido de atender às exigências de manutenção (AFRC, 1995). Os períodos experimentais tiveram a duração de 14 dias, sendo 13 dias para adaptação à dieta (BACH et al., 2000).

Durante todo o período experimental, foi realizado o controle de sobras, que não ocorreram, em função do nível de fornecimento de alimento (manutenção). Dessa forma, foi possível determinar o consumo de nutrientes por parte dos animais experimentais. Apesar de não ter sido realizada análise estatística com esses animais, durante cinco dias, entre o 8º e o 13º dia de cada período experimental, foi realizada a coleta total de fezes de forma a estimar a digestibilidade das dietas e determinar o consumo de NDT dos animais. A estimativa do valor de energia metabolizável da dieta (EM; Mcal/kg de

MS) foi calculada assim: $EM = (3,62 \times \% NDT) / 100$, conforme NRC (2000). O valor obtido foi usado para estimar o consumo de EM pelos animais. Destaca-se que não foram realizadas análises estatísticas para esses valores.

Semanalmente, foram colhidas amostras da silagem, que formaram uma amostra composta por animal/período, e armazenada a -20°C. Para realização das análises de laboratório, essas amostras foram descongeladas e secas a 55°C por 72 horas em estufa de ventilação forçada. Posteriormente, as amostras de silagem, bem como as amostras dos alimentos que compunham as rações, foram moídas, utilizando-se moinho com peneira com crivos de 1mm. Em seguida, foram determinadas a MS e EE (AOAC, 1990), PB pelo método micro-Kjeldahl (AOAC, 1990), FDN e FDA (VAN SOEST et al., 1991).

A composição química das dietas experimentais foi calculada multiplicando-se a porcentagem de cada alimento por sua composição química.

Com relação às coletas de sangue, nos dias de realização das mesmas (14^o dia), os trabalhos foram iniciados às 07h30min e se estenderam até as 15h30min. O ácido para-aminohipúrico (PAH) foi perfundido na veia mesentérica, durante todo o período de coleta de sangue, no sentido de possibilitar as futuras determinações de fluxo plasmático pela veia porta. Às 9 horas iniciava-se a perfusão com a administração de 15mL de PAH 1,5% (dose prime), sendo a mesma mantida a uma taxa de 0,80 mL/minuto até que fosse encerrada a última coleta de cada animal, o que ocorria por volta das 15h30min.

No plasma foram realizadas análises de glicose (GOCHMAN & SCHMITZ, 1972), nitrogênio α -amino (PALMER & PETERS, 1969), uréia (MARSH et al., 1965), amônia (IMLER et al., 1972) e ácido para-aminohipúrico (HUNTINGTON, 1982).

O fluxo de sangue e de metabólitos através do sangue portal foi determinado por meio das equações de Bergman & Wolff (1971), as quais são baseadas no princípio de Fick, que usa a diferença artério-venosa para concentração e fluxo plasmático.

O fluxo plasmático (F, L/hora) pela veia porta (FP) ou hepática (FH) foi obtido pela seguinte equação:

$$FP \text{ ou } H = \frac{TPPAH}{CPAH_v - CPAH_a} \times 100$$

em que TPPAH = taxa de perfusão do PAH (mg/h); CPAH_v = concentração venosa (portal ou hepática) de PAH; CPAH_a = concentração arterial de PAH. O fluxo plasmático arterial hepático (FAH, L/h) é dado por: FH - FP. O

fluxo portal de determinado metabólito (mM/h) é dado por: FPmetabólito = FP x [CPmetabólito - CAMetabólito], em que CPmetabólito = concentração portal do metabólito (mM); CAMetabólito = concentração arterial do metabólito (mM).

O fluxo esplâncnico de metabólitos (mM/h) foi calculado como: FHmetabólito = FH x [CHmetabólito - CAMetabólito], em que FH, o fluxo hepático (mM/h) de nutrientes, é dado pela diferença entre o fluxo esplâncnico e o fluxo portal.

A porcentagem de extração hepática (E) dos metabólitos foi calculada segundo Baird et al. (1980):

$$E (\%) = \frac{[(F_P C_P + F_{AH} C_A) - (F_H C_H)] \times 100}{(F_P C_P + F_{AH} C_A)}$$

O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino 3x3. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão polinomial pelo ANOVAG do programa SAEG (UFV, 1983).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando que o peso vivo médio dos animais foi de 61,5kg, o peso metabólico médio de 21,96kg e o consumo de EM de 2,4 Mcal/dia, obteve-se uma estimativa de consumo de EM de 0,109Mcal/kg de peso metabólico/ dia, ou seja, quantidade de energia para atender à manutenção (AFRC, 1995).

A proporção de volumoso na dieta não influenciou (P>0,05) o fluxo plasmático portal, que foi em média de 165,01L/h. Reynolds et al. (1991), ao avaliarem a influência da proporção de volumoso na

dieta (25 ou 75% de feno de alfafa) de novilhas, verificaram que esse fato influenciou o fluxo plasmático através das vísceras drenadas pela porta, quando o nível de ingestão permite ganhos. Sugere-se, portanto, que dietas contendo entre 30 e 50% de volumosos, fornecidas para atender às exigências de manutenção de ovinos, têm um comportamento diferente de quando são fornecidas para taxas de ganho elevadas (Tabela 2 e 3).

As concentrações médias de glicose foram de 3,72 e 3,73 mM para o sangue portal e arterial, respectivamente, não diferindo ($P>0,05$) entre os tratamentos. O fluxo de glicose através das vísceras drenadas pela veia porta (VDP) foi negativo, com valor médio de -2,73mM/h, ou seja, houve consumo médio de glicose pelas VDP de 491,20mg/h. Os valores da cada nível de consumo de silagem, representam de 2 a 6% do consumo total de CNF. Ao trabalhar com ovinos que consumiam dieta à base de forragem e recebiam suplementação com diferentes frequências de fornecimento, Krehbiel et al (1998) verificaram valores de 4,43mM para o sangue arterial e uma diferença venosa-arterial de -0,05mM, o que reflete também a utilização de

glicose pelas VDP em situações em que o consumo de EM é próximo da manutenção.

A porcentagem de volumosos na dieta não influenciou ($P>0,05$) as concentrações portal e arterial de N α -amino, com médias de 3,20 e 3,05mM, respectivamente. O fluxo de N α -amino através das VDP foi de 42,38mM/h ou 5,15g/hora. Esses dados resultam num fluxo de 123,6g ao dia, que, se contrastado com o consumo total médio de proteína, de 154,6g/dia, representa 80% da ingestão. A avaliação de experimentos individuais tem sugerido que a liberação líquida de N α -amino pelo sistema porta é correlacionada com ingestão de energia (HUNTINGTON et al., 1988; HUNTINGTON, 1989; REYNOLDS et al., 1991), que é o principal determinante da síntese de proteína microbiana e, portanto, do fluxo duodenal de proteína. Esse efeito não foi observado no presente experimento, uma vez que a ingestão de EM foi restrita ao nível de manutenção (0,109 Mcal de EM/kg de peso metabólico/dia), e a ingestão de NDT, obtida através de ensaio de digestibilidade, foi semelhante em todos os tratamentos.

Tabela 2. Consumo de matéria seca, nutrientes e NDT

Item	Tratamentos		
	V30	V40	V50
Ingestão de matéria seca (g/dia)	928,7	899,7	905,4
Ingestão de fibra em detergente neutro (g/dia)	386,8	395,9	415,3
Ingestão de proteína bruta (g/dia)	158,5	152,8	152,6
Ingestão de extrato etéreo (g/dia)	20,2	33,4	55,5
Ingestão de carboidratos não-fibrosos (g/dia)	322,1	278,2	240,3
Ingestão de nutrientes digestíveis totais (g/dia)	662,2	669,4	669,1
Ingestão de energia metabolizável (Mcal/dia)	2,4	2,4	2,4

V30, V40 e V50 = 30, 40 e 50% de silagem na dieta.

Tabela 3. Médias, equações de regressão e coeficiente de variação (CV) do fluxo plasmático portal, concentração portal e arterial, diferença venosa-arterial (V-A) e fluxo plasmático de glicose, N α -amino, amônia e uréia

Item	Tratamentos			Médias e Regressão	R ²	CV (%)
	V30%	V40%	V50%			
Fluxo Plasmático						
Fluxo Plasmático Portal (L/h)	163,71	166,95	164,38	Y=165,02	-	2,51
Glicose						
Concentração Portal, mM	3,837	3,653	3,655	Y = 3,715	-	3,94
Concentração Arterial, mM	3,866	3,669	3,662	Y = 3,732	-	3,00
Diferença V-A, mM	-0,029	-0,015	-0,007	Y = -0,017	-	94,05
Fluxo Portal, mM/h	-4,641	-2,393	-1,154	Y = -2,729	-	97,81
N α -amino						
Concentração Portal, mM	3,367	3,090	3,146	Y = 3,201	-	16,28
Concentração Arterial, mM	3,088	2,800	2,945	Y = 3,045	-	21,81
Diferença V-A, mM	0,279	0,290	0,203	Y = 0,257	-	54,39
Fluxo Portal, mM/h	45,676	48,418	33,041	Y = 42,378	-	55,28
Amônia						
Concentração Portal, mM	0,606	0,522	0,586	Y = 0,522-0,00101 (x- \bar{x})+0,00074(x- \bar{x}) ²	0,98	0,17
Concentração Arterial, mM	0,272	0,279	0,245	Y = 0,265		11,47
Diferença V-A, mM	0,334	0,243	0,341	Y = 0,243-0,00033 (x- \bar{x})+0,00094(x- \bar{x}) ²	1,00	9,72
Fluxo Portal, mM/h	54,586	40,927	55,599	Y = 40,927-0,05068 (x- \bar{x})+0,14165 (x- \bar{x}) ²	1,00	1,16
Uréia						
Concentração Portal, mM	2,731	2,577	2,784	Y = 2,577-0,00263 (x- \bar{x})+0,00170(x- \bar{x}) ²	1,00	1,81
Concentração Arterial, mM	2,810	2,622	2,834	Y = 2,622-0,00122 (x- \bar{x})+0,00200 (x- \bar{x}) ²	1,00	1,07
Diferença V-A, mM	-0,079	-0,045	-0,050	Y = -0,058	-	34,83
Fluxo Portal, mM/h	-12,984	-7,673	-8,311	Y = -9,656	-	32,43

V30 = 30% de volumoso na dieta, V40 = 40% de volumoso na dieta, V50 = 50% de volumoso na dieta.

O aumento da quantidade de volumoso na dieta produziu um efeito quadrático ($P < 0,05$) na concentração portal de amônia (mM). A concentração arterial de amônia foi em média de 0,265mM e não diferiu ($P > 0,05$) entre os tratamentos estudados.

A diferença artério-venosa para a concentração de amônia foi diferente ($P < 0,05$) entre os tratamentos e mostrou uma resposta quadrática em relação à porcentagem de volumoso na dieta. O efeito quadrático da diferença artério-venosa incidiu diretamente sobre o fluxo portal de amônia, já que ela é utilizada para o cálculo do mesmo. Assim, o fluxo portal de amônia também apresentou efeito quadrático em função do aumento de volumoso na dieta. Os resultados mostram que entre 30 e 50% de silagem ocorre redução e posteriormente aumento na concentração portal e no fluxo portal de amônia. Como o fluxo portal de amônia expressa o resultado da utilização de amônia no rúmen, pode-se supor que para a dieta utilizada, com a combinação de alimentos adotada, há um nível próximo de 40% de inclusão de volumoso que permite melhor utilização do nitrogênio no rúmen. No entanto, para isso há necessidade de mais pesquisas, com animais multicanulados e, que, em paralelo, seja possível avaliar, com as mesmas dietas, os padrões de fermentação ruminal e a síntese ruminal de proteína microbiana.

Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) da proporção de volumoso na dieta sobre as concentrações portal e arterial de uréia. As concentrações portal foram de 2,73, 2,58 e 2,78mM e arterial de 2,81, 2,62 e 2,83mM para as dietas com 30, 40 e 50% de volumoso, respectivamente. Huntington et al. (1996), estudaram o efeito da relação volumoso:concentrado nas dietas de novilhos, e encontraram diferenças nos fluxos de uréia. Os autores verificaram que houve diminuição do

fluxo de uréia mediante as vísceras drenadas pelo sistema porta, quando a porcentagem de volumoso na dieta foi aumentada de 27 para 63%. Os dados obtidos no presente experimento não permitem que se faça uma abordagem das prováveis causas dessa resposta, da mesma forma como já discutido para amônia.

A diferença artério-venosa e o fluxo de uréia através das VDP não foram influenciados pelos tratamentos, sendo em média -0,058mM e -9,656mM/h. Dessa forma, para o metabolismo de amônia e uréia, o melhor nível de volumoso, dentre os estudados, foi o de 40%, já que altas taxas da absorção desses nutrientes refletem o desperdício do nitrogênio no rúmen. Assim como observado no presente trabalho, Dhiman et al. (1991) já haviam observado que o aumento na porcentagem de volumoso na dieta, não afeta as concentrações plasmáticas de uréia tanto para vacas primíparas como para as multíparas.

A quantidade e tipos de nutrientes direcionados para o fígado pelo sistema portal e tecidos periféricos, logicamente, devem alterar o uso da energia por esse órgão. Contudo, tais efeitos não têm sido demonstrados de forma consistente, e, quando a ingestão de matéria seca é limitada, as mudanças no uso da energia pelo fígado não são marcantes, segundo dados de Parker et al. (1995).

O metabolismo portal de amônia e uréia foi influenciado pela concentração de volumoso na dieta com uma resposta quadrática. Os resultados obtidos na pesquisa reforçam a necessidade de mais estudos nesta área, para que ocorra melhor entendimento das respostas metabólicas a dietas ricas em volumosos para consumo em nível de manutenção.

REFERÊNCIAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC.

Technical committee on responses to nutrients: energy and protein requirements of ruminants. Wallingford: CAB International, 1995. [[Links](#)].

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis.** 15.ed. Arlington, 1990. [[Links](#)].

BACH, A.; HUNTINGTON, G.B.; CALSAMIGLIA S. Nitrogen metabolism of early lactation cows fed diets with two different levels of protein and different amino acid profiles. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.11, p.2585–2595, 2000. [[Links](#)].

BERGMAN, E.N.; WOLFF, J.E. Metabolism of volatile fatty acids by liver and portal drained viscera in sheep. **American Journal of Physiology**, v.221, n.2, p.586-592, 1971. [[Links](#)].

DHIMAN, T.R.; KLEINMANS, J.; TESSMANN, N.J.; RADLOFF, H.D.; VAN EVERT, P.; SATTER, L.D. Effect of dietary forage: grain ratio on blood constituents in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.8, p.2691-2695, 1991. [[Links](#)].

GOCHMAN, N; SCHMITZ, J.M. Application of a new peroxide indicator reaction to the specific, automated determination of glucose with glucose oxidase. **Clinical Chemistry**, v.18, n.9, p.943-955, 1972. [[Links](#)].

GOETSCH, A.L. Splanchnic tissue energy use in ruminants that consume forage-based diets ad libitum. **Journal of Animal Science**, v.76, n.10, p.2737-2746, 1998. [[Links](#)].

HUNTINGTON, G.B. Portal blood flow and net absorption of ammonia-nitrogen, urea-nitrogen, and glucose in nonlactating Holstein cows. **Journal of Animal Science**, v.65, n.7, p.1155-1162, 1982. [[Links](#)].

HUNTINGTON, G.B. Hepatic urea synthesis and site and rate of urea removal from blood of beef steers fed alfalfa hay or a high concentrate diet. **Canadian Journal of Animal Science**, v.69, n.1, p.215-223, 1989. [[Links](#)].

HUNTINGTON, G.B.; REYNOLDS, P.J. Net absorption of glucose, L-lactate, volatile fatty acids, and nitrogenous compounds by bovine given abomasal infusion of starch or glucose. **Journal of Dairy Science**. v.69, n.9, p.2428-2436, 1986. [[Links](#)].

HUNTINGTON, G.B.; VARGA, G.A.; GLENN, P.B.; WALDO, D.R. Net absorption and oxygen consumption by Holstein steers fed alfalfa or orchardgrass silage at two equalized intakes. **Journal of Animal Science**, v.66, p.1292-1302, 1988. [[Links](#)].

HUNTINGTON, G.B.; ZETINA, E.J.; WHITT, J.M.; POTTES, W. Effects of dietary concentrate level on nutrition absorption, liver metabolism, and urea kinetics of beef steers fed isonitrogenous and isoenergetic diets. **Journal of Animal Science**, v.74, n.4, p.908-917, 1996. [[Links](#)].

IMLER, M.; FRICK, A.; STAHL, A.; PETER, B.; STAHL, J. Discontinuous and continuous determination of blood ammonia by an automatic dialysis technique. **Clinical Chemistry Acta**, v.37, p.245-249, 1972. [[Links](#)].

KATZ, M.L.; BERGMAN, E.N. A method for simultaneous cannulation of the major splanchnic blood vessels of the sheep. **American Journal of the Veterinary Research**, v.30, p.655-661, 1969. [[Links](#)].

KREHBIEL, C.R.; FERRELL, C.L.; FREETLY, H.C. Effects of frequency of supplementation on dry matter intake and net portal and hepatic flux of nutrients in mature ewes that consume low-quality forage. **Journal of Animal Science**, v.76, n.9, p.2464-2473, 1998. [[Links](#)].

MARSH, W.H.; FINGERHUT, B.; MILLER, H. Automated and manual direct methods for the determination of blood urea. **Journal of Clinical Chemistry**, v.11, n.6, p.624-631, 1965. [[Links](#)].

MURPHY, M.; KERLIND, M.; HOLTENIUS, K. Rumen fermentation in lactating cows selected for milk fat content fed two forage to concentrate ratios with hay or silage. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.4, p.756-764, 2000. [[Links](#)].

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requeriment of beef cattle**. 7ed. Washington, DC: National Academic Press, 1996. 242p. [[Links](#)].

PALMER, D.W.; PETERS, J.R.T., Automated determination of free amino groups in serum and plasma using 2,4,6-trinitrobenzene sulfonate. **Clinical Chemistry**, v.15, n.9, p.891-901, 1969. [[Links](#)].

PARKER, D.S.; LOMAX, M.A.; SEAL, C.J. Metabolic implications of ammonia production in the ruminant. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.54, p.549-563, 1995. [[Links](#)].

REYNOLDS, C.K.; MALTBY, S.A. Regulation of nutrient partitioning by visceral tissues in ruminants. **Journal of Nutrition**, v.124, n.8, 1399-1403, 1994. Supl. [[Links](#)].

REYNOLDS, C.K.; TYRRELL, H.F.; REYNOLDS, P.J. Effects of forage-to-concentrate and intake on energy metabolism in growing beef heifers: whole body energy and nitrogen balance and visceral heat production. **Journal of Nutrition**, v.121, n.7, p.994-1003, 1991. [[Links](#)].

SEAL, C.J.; REYNOLDS, C.K. Nutritional implications of gastrointestinal and liver metabolism in ruminants. **Nutrition Research**, v.6, 185-208, 1993. [[Links](#)].

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOÇA – UFV. **Manual de utilização do programa SAEG (Sistema de Análise Estatística e Genéticas)**. Viçosa, MG, 1983. 60p. [[Links](#)].

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. Symposium: methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991. [[Links](#)].

Data de recebimento: 20/02/2008

Data de aprovação: 20/09/2009