

Influência de diferentes dietas com alto teor de concentrados sobre parâmetros ruminais, bioquímicos e urinários de ovinos

Effects of different diets with high content of concentrates on ruminal, biochemical and urinary parameters of sheep

Antonio Humberto Hamad MINERVINO^{1,2}; Carolina Akiko Sato Cabral ARAÚJO¹;
Cintia Morita KAMINISHIKAWAHARA¹; Felipe Borges SOARES¹;
Frederico Augusto Mazzocca Lopes RODRIGUES¹; Leonardo Frasson dos REIS¹;
Francisco Leonardo Costa OLIVEIRA¹; Raimundo Alves BARRÊTO JÚNIOR³;
Clara Satsuki MORI¹; Enrico Lippi ORTOLANI¹

¹ Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia,
Departamento de Clínica Médica Veterinária, São Paulo – SP, Brasil

² Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Biodiversidade e Floresta, Santarém – PA, Brasil

³ Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Departamento de Ciências Animais, Mossoró – RN, Brasil

Resumo

Oito ovinos, da raça Santa Inês, receberam dieta controle (C) (80% de feno de capim *coast-cross* e 20% de concentrado comercial) e em seguida foram submetidos a experimento em quadrado latino com dietas contendo 30% desse feno e 70% dos concentrados: polpa cítrica peletizada (PCP); polpa cítrica farelada (PCF); fubá de milho (FM) e farelo de trigo (FT). Depois de 21 dias de adaptação às dietas, foi realizada monitoração visual por 24 h. No dia subsequente à observação, na terceira hora após a alimentação, foram coletadas amostras de conteúdo ruminal, urina e sangue. No conteúdo ruminal foi determinado o pH, nas amostras de urina foram efetuadas análises de pH, ureia, fósforo, creatinina e exame de sedimento, e no sangue foram realizadas determinações séricas de ureia, fósforo e creatinina. Foram calculados o índice de excreção urinária (IEUP) e a taxa de excreção fracional (TEFP) do fósforo. Os dados foram avaliados por análise de variância e Teste de Tukey ou Mann-Whitney. Foi realizada a análise de correlação entre pares de variáveis. Tanto a PCP como a PCF estimularam significativamente a ruminação, semelhante ao grupo controle, e com maior tempo que o FM ($P < 0,05$). Maiores concentrações de P sérico, IEUP e TEFP foram encontradas na dieta FT ($P < 0,05$). Quanto maiores os teores de P sérico maior o IEUP ($r = 0,78$). Quanto maior o tempo devotado à ruminação menor foi o fósforo sanguíneo ($r = 0,62$). A maior ruminação diminuiu os teores de fósforo sérico e sua excreção urinária, diminuindo assim a predisposição à urolitíase em ovinos.

Palavras-chave: Urolitíase. Polpa cítrica. Ruminação. Cristais.

Abstract

Eight adult Santa Inês sheep received a control diet (C) (80% of coast-cross hay and 20% of commercial feed) and then they were submitted to a Latin square experiment with diets containing 30% of hay and 70% of the following concentrates: pelleted citrus pulp (PCP), citrus pulp meal (PCF), cornmeal (FM) or wheat bran (FT). After 21 days of adaptation to the diets visual monitoring was performed for 24 h. On the day after the visual observation samples of rumen content, urine and blood were taken at the 3rd hour after feeding. Rumen content was analyzed for pH; urine samples were analyzed for pH, urea, phosphorus, creatinine and sediment examination. Blood samples were used for serum determinations of urea, creatinine and phosphorus. The index of urinary excretion of phosphorus (IEUP) and fractional excretion rate of phosphorus (TEFP) were calculated. Data were evaluated by analysis of variance and Tukey test or Mann-Whitney test. Pearson correlation analysis was made to compare variables. Both the PCP and PCF significantly stimulated rumination, similar to the control group, being higher when compared with the FM diet. Increased concentrations of serum P, IEUP and TEFP were found in the FT diet ($P < 0.05$). The higher the serum levels of P, the higher the P excretion in the urine ($r = 0.78$). The higher the time devoted to rumination, the lower the serum P concentrations ($r^2 = 0.62$). The increased rumination decreased the serum P and its urinary excretion, reducing the predisposition to urolithiasis in sheep.

Keywords: Urolithiasis. Citrus pulp. Rumination. Crystals.

Correspondência para:

Enrico Lippi Ortolani
 Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia,
 Departamento de Clínica Médica Veterinária
 Avenida Prof. Dr. Orlando Marques de Paiva, 87
 CEP 05508-270, São Paulo, SP, Brasil
 e-mail: ortolani@usp.br

Recebido: 14/08/2013

Aprovado: 19/03/2014

Introdução

O aumento da frequência de urolíase em pequenos ruminantes, no Brasil, tem sido atribuído à expansão da ovinocultura no país, bem como à intensificação dos sistemas de produção, com maior utilização de alimentos concentrados (RADOSTITS et al., 2002; ORTOLANI, 2006; ANTONELLI et al., 2012). Nas últimas décadas, tem aumentado a frequência de casos de ovinos com urolíase atendidos pelo Hospital de Ruminantes da FMVZ/USP (ORTOLANI, 2006).

Os concentrados, em especial os grãos como milho, sorgo, trigo, arroz e soja são ricos em energia, ou proteínas, e fósforo, mas, por outro lado, são pobres em fibra bruta efetiva e cálcio, o que predispõe ao surgimento de urolíase. A criação de ovinos em regime de confinamento, empregando-se dietas com cerca de 80% da matéria seca constituída por grãos, destinadas ao aumento da produtividade e do ganho de peso com redução do período de tempo consumido para que os animais atinjam o peso de abate, tem propiciado maior frequência de quadros de urolíase (ANTONELLI et al., 2012).

Uma das alternativas para a substituição dos grãos tradicionais, ricos em energia, tem sido a polpa cítrica, subproduto da indústria de suco de laranja, proveniente do bagaço prensado da fruta seguido de tratamento com calcário, secagem e peletização. Esse material, além de ser um alimento rico em energia e cálcio, é pobre em fósforo e magnésio e apresenta um teor de fibra bruta efetiva relativamente alto (17,5%, enquanto o fubá tem 4,32%) (RUSSELL et al., 1992;

BARRÊTO JÚNIOR et al., 2008). Carvalho (1995) verificou que o emprego da polpa cítrica na dieta de vacas leiteiras substituiu parte do consumo de milho e, além de ser mais barato, também diminuiu o risco da ocorrência de acidose ruminal, pois aumentou em cerca de 3,5 vezes o tempo de ruminação, quando comparado aos animais que receberam dieta de milho moído. A avaliação da capacidade da polpa cítrica estimular a ruminação, e indiretamente a salivação, tem sido efetuada particularmente em vacas leiteiras, porém nos ovinos este assunto ainda não foi suficientemente analisado (STONE, 2004). Além disso, ainda não foi efetuada, em ovinos, a investigação comparativa do emprego da polpa cítrica oferecida sob as formas não peletizada (farelada) e peletizada (normalmente disponível no mercado nacional). Outro aspecto a ser estudado é a comparação do tempo que os ovinos devotam à ruminação com essas duas formas de apresentação da polpa cítrica e com os outros grãos de uso tradicional (milho e trigo). Desse modo o presente trabalho foi delineado para avaliar em ovinos a influência do emprego de dietas com alta quantidade de concentrados sobre o metabolismo do fósforo, de modo a serem selecionados concentrados que previnam a ocorrência de urolíase.

Materiais e Métodos

O presente estudo foi aprovado pela Comissão de ética (protocolo 1524/2008) no uso de animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo.

Animais e dieta

Foram utilizados oito ovinos machos, mestiços da raça Santa Inês, adultos, castrados e hípidos, mantidos em gaiolas metabólicas individuais. Um mês antes do início do experimento, os animais foram vermifugados e adaptados às condições experimentais, recebendo dieta basal contendo 80% de feno de capim *coast-cross* picado e 20% de ração concentrada comercial, para proporcionar um ganho de peso de 100 gramas diárias.

Delineamento experimental

Foi utilizado um desenho experimental em forma de quadrado latino (oito animais x quatro tratamentos). As dietas seguiram as seguintes constituições: 30% da matéria seca ingerida de feno de capim *coast-cross* e 70% dos concentrados polpa cítrica peletizada; polpa cítrica farelada, fubá de milho e farelo de trigo. A Tabela 1 apresenta a composição bromatológica dos concentrados e volumes utilizados.

Cada etapa do quadrado latino teve a duração de 21 dias, sendo que no último dia foi verificado o tempo devotado à ruminação, ingestão de alimentos e descanso. Antes do fornecimento das diferentes dietas, foi realizada uma primeira observação dos animais após 21 dias de oferecimento da dieta basal, sendo que esta avaliação serviu como grupo controle.

Para evitar que houvesse o risco de surgimento de urolitíase, devido à contínua ingestão de seguidas dietas calculogênicas, no interregno das etapas os animais foram alimentados por sete dias com a dieta basal, passando, em seguida, a receber a ração planejada. Para evitar o risco do surgimento de quadro de acidose láctica ruminal, o seguinte manejo nutricional foi conduzido no decorrer dos 21 dias das etapas: primeiros sete dias, ingestão de 40% de concentrado e 60% de feno; 8º ao 14º dias, ingestão de 50% de concentrado e 50% feno; a partir do 15º dia, ingestão de 70% de concentrado e 30% de feno.

No início do 21º dia, cada animal foi monitorado visualmente durante 24 horas por uma equipe previamente treinada. O tempo devotado à ruminação foi

cronometrado. Um dia antes das observações visuais os animais foram pesados. No dia seguinte à observação, na terceira hora após o fornecimento do alimento, foram coletadas amostras de conteúdo ruminal, urina e sangue.

No conteúdo ruminal, obtido por meio de rumino-centese com pressão negativa, e na urina, obtida por micção espontânea, foi determinado o pH destes fluidos imediatamente após a coleta. Foi ainda realizado o exame de sedimento urinário por meio de centrifugação (1500 rpm por 5 minutos), com o intuito de detectar ou não a presença de cristais de fosfato triplo, indicativos de cálculos de estruvita (FERREIRA NETO; VIANA; MAGALHÃES, 1978). Uma alíquota de urina foi armazenada em tubos plásticos tipo KMA e congelada a menos 20°C, para posterior determinação da concentração de fósforo e creatinina.

Foram coletadas duas amostras de sangue, uma em tubos a vácuo sem anticoagulante para obtenção do soro, no qual foram dosadas as concentrações de fósforo e creatinina, e outra segunda amostra para realização do exame hemogasométrico, coletada com seringas heparinizadas (SUCUPIRA; ORTOLANI, 2003).

A realização das coletas no dia subsequente à observação foi adotada para evitar que o estresse da manipulação dos animais alterasse o comportamento dos mesmos durante as 24 horas de observação.

Determinação de índices urinários

Os índices urinários foram obtidos por meio de fórmulas de Garry et al. (1990), Lunn e McQuirk (1990) e

Tabela 1 – Composição bromatológica dos alimentos oferecidos a ovinos – São Paulo – 2014

Composição	Feno	Concentrado	Polpa cítrica	Farelo de trigo	Fubá de Milho
	Coast-Cross				
Matéria seca	86,8	87,0	85,3	90,1	89,2
FDN*	32,4	16,0	25,15	45,6	15,5
Proteína Bruta	7,8	14,0	7,12	17,2	8,8
Extrato Etéreo	1,8	2,0	1,68	2,4	4,1
Cinzas	6,3	16,0	5,4	4,5	3,2

*Fibra em Detergente Neutro

Brito (1998). Foi determinado o índice de excreção renal de fósforo e a taxa de excreção fracional de fósforo. Em todas as fórmulas em que o peso vivo era expresso em kg, este foi transformado em peso vivo metabólico ($PV^{0,75}$), que apresenta melhor correção dos dados (CHEN; ORSKOV; HOVELL, 1990). Para a determinação dos respectivos índices, as análises de fósforo foram determinadas tanto no soro quanto na urina.

Índice de excreção urinária de fósforo: IEUP (mMol/L) = $(UrP/CrUr) \times PV^{0,75}$

O IEUP corresponde à quantidade eliminada de fósforo na urina corrigida pela creatinina urinária e peso metabólico (FELMING et al., 1991).

Taxa de excreção fracional de fósforo: TEFP (%) = $[(UrP/SrP)/(CrUr/CrSr)] \times 100$, em que, UrP – fósforo determinado na urina, SrP – fósforo determinado no soro, CrUr – creatinina urinária, CrSr – creatinina sérica, $PV^{0,75}$ – peso metabólico. A TEFP refere-se à fração de material filtrado pelo glomérulo que é eliminado na urina. Essa taxa reflete tanto o esforço dos rins para manter a homeostase como as falhas da capacidade de tal órgão para a realização de tal função (KANEKO; HARVEY; BRUSS, 1997).

Análise estatística

Para comparação das variáveis entre os grupos, todos os dados foram testados quanto a sua distribuição, utilizando-se, para tal, o teste de Kolmogorov-Smirnov. Os dados que apresentaram distribuição

normal foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de Tukey. Os dados com distribuição não normal foram comparados pelo teste de Mann-Whitney para dados independentes (SAMPALIO, 2002). Para o estudo das relações entre as variáveis foi utilizada análise de correlação (r) de Pearson. O nível de significância adotado foi de 5%.

Resultados e Discussão

A Tabela 2 apresenta a concentração de fósforo sérico, o IEUP e a TEFP nos diferentes grupos experimentais. As maiores concentrações de P sérico, IEUP e TEFP foram encontradas na dieta FT, pois esta continha maior teor de P. A TEFP encontrada na FT indica que 21,9% do P sérico foram eliminados na urina, sugerindo que o limiar renal de excreção de P foi atingido nesta dieta. Dessa maneira, essa dieta aumentaria o risco de surgimento de quadros de urolitíase, pois os altos teores de P na urina são necessários para o desencadeamento do quadro. Resultados similares foram observados na espécie caprina, em que cabritos alimentados com polpa cítrica apresentaram menores concentrações de P sérico e urinário (ANTONELLI et al., 2012).

A formação de cálculos urinários está associada à ingestão prolongada de dietas com altas concentrações de grãos ricos em energia. A grande maioria desses grãos possui baixos teores de cálcio e altos de fósforo, assim como baixa proporção Ca:P (EMERIC;

Tabela 2 – Média e desvio-padrão do fósforo sérico e mediana dos índices de excreção urinária de fósforo (IEUP) e da taxa de excreção fracional do fósforo (TEFP) de ovinos, segundo os grupos experimentais – São Paulo – 2014

Tratamento	N	Fósforo sérico	IEUP (mediana)	TEFP (mediana)
		(mMol/L) Média ± DP		
Controle	8	1,84 ^b ± 0,35	16,8 ^b	5,3 ^b
Polpa peletizada	8	1,97 ^b ± 0,34	22,2 ^b	6,1 ^b
Polpa farelada	8	1,93 ^b ± 0,31	23,9 ^b	7,5 ^b
Farelo de trigo	8	2,68 ^a ± 0,32	97,9 ^a	21,9 ^a
Fubá de milho	8	2,14 ^b ± 0,45	19,0 ^{ab}	6,3 ^{ab}

Letras distintas na mesma coluna apresentam diferença significativa ($P < 0,05$) pelos testes de Tukey ou de Mann-Whitney

EMBRY, 1963; GODWIN; WILLIAMS, 1982; BUSHMAN; EMERICK; EMBRY, 1965; HOAR; EMERICK; EMBRY, 1969).

A alta ingestão de fósforo dietético pode resultar em aumento substancial de excreção deste elemento na urina, o qual, em determinadas circunstâncias, pode não se tornar solúvel, formando cristais que, quando amalgamados, se transformam em cálculos uretrais que obstruem a uretra dos pequenos ruminantes (POOLE, 1989). Bushman, Emerick e Embry (1965) constataram que uma dieta com teor de fósforo de 0,8% promoveu urolitíase em 73% dos ovinos.

Uma dieta rica em fósforo disponível provoca um aumento das concentrações deste elemento no sangue. Usualmente, o fósforo é muito pouco excretado pela urina dos ruminantes. Por outro lado, o fósforo é grandemente secretado pela saliva, a qual recicla este macroelemento, servindo de substrato para a microbiota ruminal. Caso o animal reduza a quantidade de saliva produzida e secretada, grande parte do fósforo passa a ser mais eliminada pelos rins. Quando a quantidade de fósforo é alta e o pH do fluido tubular não é muito baixo, o fósforo pode se tornar insolúvel, cristalizar e formar os cálculos (HOAR; EMERICK; EMBRY, 1969).

As médias de creatinina sérica permaneceram dentro do valor de referência para a espécie, variando entre 94,8 a 106,6 mMol/L entre os grupos experimentais, não havendo diferenças significativas entre os

grupos. A Tabela 3 apresenta o pH da urina, do conteúdo ruminal, o tempo devotado à ruminação, bem como a fibra detergente neutra e o teor de fósforo das dietas dos diferentes grupos.

Observa-se que as dietas com farelo de trigo e fubá de milho determinaram a acidificação da urina dos animais, já os grupos alimentados com polpa cítrica apresentaram resultados de pH urinário semelhantes ao controle. A polpa cítrica também determinou o aumento do pH de rúmem quando comparado aos demais grupos, incluindo-se o controle. O grupo alimentado com farelo de trigo apresentou valores de pH do conteúdo ruminal inferiores aos demais. Resultados semelhantes foram observados na espécie caprina, com as mesmas fontes de concentrado (ANTONELLI et al., 2012).

As dietas com polpa cítrica estimularam a ruminação dos ovinos, o que produziu maior quantidade de saliva, e conseqüentemente de P, excretada para o conteúdo ruminal, evitando-se a necessidade de excreção deste mineral pela urina, bem como o aumento do risco da formação de cálculos. Com relação às análises de regressão entre variáveis, foi observado que quanto maiores os teores de P sérico maior é a excreção de P na urina, medido pelo IEUP ($r = 0,78$). Quanto maior o tempo devotado à ruminação menor foi o fósforo sanguíneo ($r = 0,62$; $P < 0,001$) assim como a quantidade de fósforo excretado na urina ($r = 0,59$).

Tabela 3 – Fibra detergente neutra (FDN) e teor de fósforo das dietas e pH da urina, pH do conteúdo ruminal e tempo de ruminação de ovinos, segundo os grupos experimentais – São Paulo – 2014

Dietas	FDN* (%)	P Dieta* (%)	pH urinário Média ± DP	pH rúmen Média ± DP	Ruminação (min.) Média ± DP
Controle	62,00	0,15	7,89 ^a ± 0,3	6,08 ^b ± 0,2	669,0 ^a ± 96,5
Polpa peletizada	38,50	0,11	7,88 ^a ± 0,4	7,05 ^c ± 0,3	601,1 ^{ab} ± 34,2
Polpa farelada	38,50	0,11	7,91 ^a ± 0,3	7,06 ^c ± 0,2	589,9 ^{ab} ± 53,4
Farelo de trigo	46,20	0,99	5,37 ^b ± 0,1	6,12 ^a ± 0,4	483,0 ^{bc} ± 87,5
Fubá de milho	28,70	0,21	5,48 ^b ± 0,4	6,60 ^b ± 0,4	421,5 ^c ± 125,3

Letras distintas na mesma coluna apresentam diferença significativa ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

*Não foi realizada análise estatística

Os ruminantes salivam no decorrer de todo o dia. Porém, a saliva é secretada em diferentes quantidades dependendo da atividade desenvolvida pelo animal. Em ovinos, providos de cânulas nas glândulas parótidas (responsável por 47% da secreção total de saliva), foi constatado que cerca de 40% da salivação ocorre durante a ruminação, 23% durante a ingestão de alimentos e ao redor de 37% no descanso, quando nem estão comendo ou ruminando (BARTLEY, 1976). Os pequenos ruminantes devotam, normalmente, de seis a oito horas diárias à ruminação, atingindo, no máximo, dez horas. Embora o tempo devotado à ruminação tivesse sido bem menor que o utilizado para o descanso, no primeiro período a produção salivar foi cerca de 2,5 vezes maior que a apresentada neste último.

A ruminação é positivamente influenciada pela quantidade de fibra bruta (STONE, 2004), porém, para que esta fibra possa atuar, é necessário que ela se apresente num tamanho mínimo para que ocorra o efeito de “escova de dente”, estimulando os receptores nervosos das papilas na parede ruminais. Caso a fibra da forragem seja excessivamente triturada, moída ou peletizada, ela pode reduzir o tempo gasto em ruminação em cerca de 40% (BARTLEY, 1976). Os resultados do presente estudo revelaram que nos ovinos as características de tamanho de partícula da polpa cítrica não afetaram significativamente o tempo devotado à ruminação. O teor de fibra bruta dos concentrados foi o principal fator que interferiu com a ruminação nos ovinos.

Neste experimento não foi encontrada no exame de sedimento urinário qualquer presença de cálculos de fosfato triplo, provavelmente em decorrência do curto período de ingestão das dietas e do baixo pH urinário dos animais. A cristalização do fósforo, conjuntamente com o magnésio e amônio, ocorre em animais com pH urinário neutro e principalmente alcalino.

Quando as dietas são constituídas predominantemente por grãos, há uma drástica diminuição do tempo gasto na ruminação (cerca de quatro vezes menos que numa dieta de forragem), diminuindo-se, paralelamente, a salivação. A simples quebra (redução em 40%) ou moagem (52%) do grão de milho já diminui a efetividade da fibra (RUSSEL et al., 1992). A peletização e a moagem dos grãos (BARTLEY, 1976) interferem negativamente na salivação de ovinos e aumentam drasticamente a incidência de urolitíase (CROOKSHANK; PACKET; KUNKEL, 1967).

A maior ruminação diminuiu os teores de P sérico bem como a sua excreção urinária, e consequentemente a predisposição da urolitíase em ovinos. Desse modo, conclui-se que animais que recebem dietas ricas em concentrados a base de polpa cítrica em substituição ao fubá de milho ou farelo de trigo são menos predispostos a apresentar quadros de urolitíase.

Agradecimentos

Agradecemos à FAPESP por ter financiado o projeto de pesquisa. Processo Fapesp 2008 08523-4. AHHM é grato ao CNPq pela bolsa de Pós-Doutorado.

Referências

- ANTONELLI, A. C.; BARRÊTO JÚNIOR, R. A.; MORI, C. S.; SUCUPIRA, M. C. A.; MARCELLO, A. C. S.; ORTOLANI, E. L. Efeito de diferentes fontes energéticas na predisposição para urolitíase em cabritos. *Ciência Animal Brasileira*, v. 13, p. 487-493, 2012.
- BARRÊTO JÚNIOR, R. A.; MINERVINO, A. H. H.; RODRIGUES, F. A. M. L.; ANTONELLI, A. C.; MORI, C. S.; SUCUPIRA, M. C. A.; ORTOLANI, E. L. Avaliação do potencial da polpa cítrica em provocar acidose láctica ruminal aguda em bovinos. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v. 45, p. 419-427, 2008.
- BARTLEY, E. E. **Buffers in ruminant physiology and metabolism**. New York: Church & Dwight, 1976. 172 p.
- BRITO, L. A. B. **Avaliação do uso intensivo de cama de frango na alimentação de bovinos**: alguns aspectos toxicológicos e do metabolismo do nitrogênio. 1989. 235 f. Tese (Doutorado em Clínica Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- BUSHMAN, D. H.; EMERICK, R. J.; EMBRY, L. B. Incidence of urinary calculi in sheep affected by various dietary phosphates. *Journal of Animal Science*, v. 24, n. 3, p. 671-675, 1965.
- CARVALHO, M. P. Citros. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 6., 1995, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fealq, 1995. p. 171-214.
- CHEN, X. B.; ORSKOV, E. R.; HOVELL, F. D. D. Excretion of purine derivatives by ruminants: endogenous excretion, differences between cattle and sheep. *The British Journal of Nutrition*, v. 63, n. 1, p. 121-129, 1990.
- CROOKSHANK, H. R.; PACKET JR., L. V.; KUNKEL, H. O. Ovine urinary calculi and pelleted rations. *Journal of Animal Science*, v. 27, p. 638-642, 1967.
- EMERICK, R. J.; EMBRY, L. B. Calcium and phosphorous levels related to the development of phosphate urinary calculi in sheep. *Journal of Animal Science*, v. 22, n. 2, p. 510-13, 1963.
- FELMING, S. A.; HUNT, E. L.; RIVIERE, J. E.; ANDERSON, K. L. Renal clearance and fractional excretion of electrolytes over four 6-hour periods in cattle. *American Journal of Veterinary Research*, v. 52, n. 1, p. 5-8, 1991.
- FERREIRA NETO, J. M.; VIANA, E. S.; MAGALHÃES, L. M. **Patologia clínica veterinária**. 2. ed. Belo Horizonte: Rabelo, 1978. 293 p.
- GARRY, F.; CHEW, D. J.; RINGS, D. M.; TARR, M. J.; HOFFSIS, G. F. Renal excretion of creatinine, electrolytes, protein and enzymes in healthy sheep. *American Journal of Veterinary Research*, v. 51, n. 3, p. 414-419, 1990.
- GODWIN, I. R.; WILLIAMS, V. J. Urinary calculi formation in sheep on high wheat grain diets. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 33, n. 5, p. 843-55, 1982.
- HOAR, D. W.; EMERICK, R. J.; EMBRY, L. B. Ovine phosphatic urolithiasis as related to the phosphorus and calcium contents and acid-base-forming effects all-concentrate diets. *Journal of Animal Science*, v. 29, n. 4, p. 647-52, 1969.
- KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5. ed. San Diego: Academic Press, 1997. 932 p.
- LUNN, D. P.; MCGUIRK, S. M. Renal regulation of electrolyte and acid-base balance in ruminants. *Veterinary Clinics of North American: Food Animal and Practice*, v. 6, n. 1, p. 1-28, 1990.
- ORTOLANI, E. L. Urolitíase em pequenos ruminantes. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE BUIATRIA, 3., 2006, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2006. CD ROM.
- POOLE, D. B. R. Observations on the role of magnesium in the aetiology of urolithiasis in male sheep. *Irish Veterinary Journal*, v. 42, p. 60-62, 1989.
- RADOSTITS, O. M.; GAY, C. C.; BLOOD, D. C.; HINCHCLIFF, K. W. **Clínica veterinária: um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e eqüinos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 1737 p.
- RUSSELL, J. R.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G.; VAN SOEST, P. J.; SNIFFEN, C. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I Ruminant fermentation. *Journal of Animal Science*, v. 70, p. 3551-3561, 1992.
- SAMPAIO, I. B. M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2002. 265 p.
- STONE, W. C. Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 87, p. E13-E26, 2004. Supplement.
- SUCUPIRA, M. C. A.; ORTOLANI, E. L. Uso do sangue arterial e venoso no exame do equilíbrio ácido básico de novilhos normais ou com acidose metabólica. *Ciência Rural*, v. 33, n. 5, p. 863-868, 2003.