

Perda Endógena e Exigência de Fósforo para Manutenção de Cabritos Saanen

Francisco Fernando Ramos de Carvalho¹, Kleber Tomas de Resende², Dorinha Mirian Smith S. Vitti³, Ângela Cristina Dias Ferreira⁴, Adib Luiz Abdala³

RESUMO - O trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos da ingestão de rações com diferentes níveis de fósforo, por cabritos em crescimento, sobre a perda endógena fósforo. Dezoito animais da raça Saanen, machos, castrados, com 4 a 5 meses de idade, peso vivo médio de $25 \pm 1,2$ kg, foram alojados, por 45 dias, em gaiolas de metabolismo. Os animais receberam rações com três níveis de P (0,08; 0,15; e 0,38% na matéria seca) e semelhantes níveis de proteína bruta, energia metabolizável e relação Ca:P. Após 38 dias de fase pré-experimental, os animais receberam injeção (0,5 mL) com 7,4 Mbq de ^{32}P (Na_2HPO_4 - livre de carregador), via jugular esquerda. Foram coletados sangue, fezes, urina e sobras das rações. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, fazendo-se a análise de regressão para o P ingerido. A ingestão média de P variou de 20,9 a 132,3 mg P/kg PV/dia e influenciou a excreção de P fecal. A quantidade de P endógeno variou de 7,6 a 45,4 mg/kg PV/dia e foi também influenciado pela ingestão de matéria seca e P inorgânico no plasma. A exigência líquida de manutenção para os caprinos estudados foi de 6,87 mg/kg PV/dia.

Palavras-chave: absorção de fósforo, caprinos, exigências nutricionais, metabolismo

Endogenous Loss and Phosphorus Requirements to Maintenance for Saanen kids

ABSTRACT - The objective of this research was to evaluate the effects of ingestion rations with different phosphorus levels, by goats in growth, on metabolism and endogenous losses of phosphorus. Eighteen Saanen animals, males, castrated, from 4 to 5 months of age, body weight average of 25 ± 1.2 kg, were housed, for 45 days, in metabolism cages. The animals received rations with three levels of P (0.08, 0.15 and 0.38% in dry matter) and similar levels of crude protein, metabolizable energy and Ca:P ratio. After 38 days of experiment, animals received injection of radiophosphorus (7.4 Mbq of ^{32}P). They were sampled blood, feces, urine. It was used a randomized design, being made the regression analysis for ingested P. The average P intake ranged from 20.9 to 132.3mg kg^{-1} BW and it influenced the fecal excretion P. The amount of fecal endogenous P ranged from 7.6 to 45.4 mg kg^{-1} BW and it was influenced by dry matter and plasma inorganic P too. The net P requirements for maintenance was 6.87 mg/kg BW.

Key Words: goats, phosphorus absorption, metabolism, nutritional requirements

Introdução

A pesquisa sobre metabolismo mineral em caprinos pode ser considerada escassa, principalmente no tocante à determinação das exigências nutricionais para as diversas categorias de animais e, assim, dificulta formular rações balanceadas e econômicas que garantam os níveis de produção e lucratividade esperados. O NRC (1981) reconhece a necessidade de se obterem dados básicos sobre o metabolismo de minerais em caprinos, pelo comportamento alimentar específico dessa espécie. O primeiro passo para se chegar às exigências dos animais é determinar suas perdas endógenas, que estão relacionadas aos processos metabólicos.

A deficiência de fósforo para os animais é

traduzida por inibição do crescimento, perda de peso e redução e/ou perda de apetite (Thompson Jr., 1978; Underwood, 1981; McDowell, 1992).

O fósforo endógeno resulta principalmente da secreção, dentro do trato digestivo, do P oriundo das glândulas salivares (Breves & Schröder, 1991). O suco gástrico, pancreático, e o fluido biliar e intestinal são responsáveis apenas por pequena quantidade do P inorgânico secretado. Esse valor corresponde a 70-90% do fósforo endógeno total (Oetzel, 1988).

A excreção metabólica fecal é influenciada por vários fatores, entre eles a quantidade ingerida de fósforo. Young et al. (1966) observaram que, diferentemente do cálcio, a excreção de fósforo endógeno fecal variou com a quantidade ingerida de P. As perdas de P aumentaram de 16,8 para 24,9 mg/kg

¹ Professor UFRPE. Rua Dom Manoel de Medeiros, S/N. Departamento de Zootecnia - UFRPE.52171-900. Recife, PE. E-mail: ramosff@elogica.com.br

² Professor UNESP/Jaboticabal. E-mail: ktresende@fcav.unesp.br

³ Pesquisador do CENA/USP.

⁴ Estudante de Pós-Graduação da UNESP/Jaboticabal.

PV/dia, quando o conteúdo de P da dieta de bezerros de seis meses aumentou de 12,7 para 31,6 g/dia (Annenkov, 1982). Bortolussi et al. (1996) determinaram, em bovinos consumindo entre 6 e 41 mg P/kg PV/dia, perdas endógenas de P variando de 9 a 21 mg/kg PV/dia, as quais foram também relacionadas com a ingestão de matéria seca e P no plasma. No Brasil, Louvandini & Vitti (1994) determinaram 10,65 mg/kg PV/dia para a perda endógena de P, em ovinos de 40 kg de peso vivo, mas o nível mais baixo de P ingerido correspondeu a $51,11 \pm 14,45$ mg/kg PV/dia, constando também que, a partir de ingestão de 100 mg P/kg PV/dia, há tendência de diminuição nos valores de P endógeno. Portanto, conforme constatado em vários trabalhos (Braithwaite, 1984; Challa & Braithwaite, 1988; Ternouth, 1989), há aumento inevitável na perda endógena de P fecal com o aumento na ingestão de P. Vários autores também obtiveram efeito do nível de P consumido sobre a excreção de P endógeno (Field et al., 1984; Scott et al., 1985; Coates e Ternouth, 1992; Ternouth & Budhi, 1996; Bueno, 1997). Essa variação na excreção de P endógeno fecal é uma rota importante do controle homeostático para o P (Annenkov, 1982).

A ingestão de matéria seca é outra variável que afeta a excreção de P endógeno. Ternouth (1989) observou variação de 8,5 a 31,5 mg/kg PV/dia na perda endógena de P em ovinos, que foi relacionada com a ingestão de P ou matéria seca e P no plasma. Para bovinos, em crescimento, consumindo dietas à base de forragem, as perdas endógenas variaram de 9 a 17 mg/kg PV/dia e foram também relacionadas com a ingestão de matéria seca e fósforo no plasma (Ternouth et al., 1996). Outros trabalhos têm encontrado relação entre perda endógena de fósforo e ingestão de matéria seca mais P no plasma (Coates & Ternouth, 1992; Ternouth et al., 1993; Ternouth & Budhi, 1996; Ternouth & Coates, 1997).

Ainda em relação ao P no plasma, Ternouth et al. (1996) e Ternouth & Coates (1997) observaram que, quando o P ficou abaixo de 5,0 mg/dL, a perda endógena de P nas fezes foi considerada obrigatória e a ingestão de matéria seca esteve fortemente relacionada com a perda endógena fecal, concluindo que a estimativa dos requerimentos de fósforo em bovinos deveria se basear nos dados de animais em que o P no plasma fosse reduzido, mas não fortemente deficiente (3,0 a 5,0 mg/dL).

O AFRC (1991) admite que, além da ingestão de

P e matéria seca, também a natureza da dieta, individualidade e competição entre necessidades para manutenção e produção interferem no valor encontrado para perda endógena de fósforo. Em caprinos, há pouca informação sobre metabolismo e perda endógena de P, verificável pelos últimos boletins e artigos científicos sobre o assunto. Akinsoyinu (1986) determinou valor de 19,2 mg/kg PV/dia de exigência líquida de P em cabras anãs africanas. No Brasil, Bueno (1997) encontrou 10,36 em caprinos Alpinos jovens.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da ingestão de diferentes níveis de fósforo por cabritos Saanen, em crescimento, sobre a perda endógena de fósforo e a exigência de P para manutenção.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no Setor de Caprinocultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-UNESP, Campus de Jaboticabal, São Paulo. O processamento das amostras e as análises laboratoriais foram realizados na seção de Ciências Animais do Centro de Energia Nuclear na Agricultura-CENA/USP, Piracicaba, São Paulo.

Dezoito animais da raça Saanen, machos, castrados, com 4 a 5 meses de idade, peso vivo médio de $25 \pm 1,2$ kg, foram alojados em gaiolas de metabolismo e receberam rações experimentais foram constituídas de feno de "tifton" 85, farinha de mandioca, grão de milho moído, uréia, cloreto de sódio e sal mineral. O fosfato bicálcico foi suplementado à ração basal para atender aos níveis de P pré-determinados e semelhante relação cálcio: fósforo. O feno de tifton 85 representou aproximadamente 60% da matéria seca das rações e foi processado em moinho de martelo com peneira de 4 mm, que propiciou um material bastante homogêneo, permitindo confeccionar as rações experimentais em mistura completa. A participação dos ingredientes e composição das rações experimentais encontra-se na Tabela 1. As rações foram calculadas para atender as exigências em proteína e energia, que permitissem aos animais ganhos de 100 gramas/dia (Resende, 1989).

Os tratamentos experimentais (Tabela 1) foram: I - dieta basal (0,08% de P); II - dieta basal + fosfato bicálcico (0,15% de P); III - dieta basal + fosfato bicálcico (0,38% de P).

No 37º dia do experimento, os dezoitos cabritos foram submetidos ao ensaio de metabolismo, com duração de oito dias, para coleta de sangue, fezes e

Tabela 1 - Proporção dos ingredientes e composição química das rações experimentais
 Table 1 - Proportion of ingredients and chemical composition of the experimental diets

	Ração (Diet)		
	I (0,08% P)	II (0,15%P)	III (0,38%P)
Feno de Tifton 85 (<i>Tifton 85 bermudagrass hay</i>)	59,30	59,05	56,85
Farinha de mandioca (<i>Cassava meal</i>)	39,00	30,00	30,00
Fubá de milho (<i>Corn meal</i>)	0,00	9,00	9,00
Uréia (<i>Urea</i>)	1,40	1,15	1,25
Fosfato bicálcico (<i>Dicalcium phosphate</i>)	0,00	0,25	1,30
Calcário (<i>Limestone</i>)	0,00	0,25	1,30
Sal comum (<i>Salt</i>)	0,3	0,3	0,3
Matéria seca (<i>Dry matter</i>)	90,63	90,66	90,87
Matéria orgânica (<i>Organic matter</i>)	94,35	94,10	91,75
Proteína bruta (<i>Crude protein</i>)	9,71	9,70	9,76
Fibra em detergente neutro (<i>Neutral detergent fiber</i>)	65,03	63,22	61,08
Fibra em detergente ácido (<i>Acid detergent fiber</i>)	26,58	26,47	25,35
Lignina (<i>Lignin</i>)	4,80	4,72	4,08
Extrato etéreo (<i>Ether extract</i>)	2,57	2,53	2,13
Energia metabolizável (kcal/kg) ² (<i>Metabolizable energy, kcal/kg</i>) ²	2170	2210	2160
Cálcio <i>Calcium</i>	0,22	0,37	1,07
Fósforo (<i>Phosphorus</i>)	0,08	0,15	0,38
Relação Ca:P (<i>Ca:P ratio</i>)	2,69	2,54	2,81

¹ Composição química do sal mineral (8,7 3 mg Fe; 7,64 mg Cu; 44,36 mg Mn; 58,73 mg Zn; 0,1 mg Co; 0,2 mg I e 0,03 mg Se/kg de MS da ração).

² Estimada a partir da matéria orgânica digestível das rações experimentais (AFRC, 1995).

¹ *Chemical composition of mineral nucleus (8,73 mg Fe; 7,64 mg Cu; 44,36 mg Mn; 58,73 mg Zn; 0,1 mg Co; 0,2 mg I e 0,03 mg Se/kg of DM).*

² *Estimated from digestible organic matter of the experimental diets (AFRC, 1995).*

urina e sobras das rações. No 38^o dia, foram coletados sangue, fezes e urina, para posterior análise do fósforo inorgânico. No dia seguinte, antes da primeira refeição diária, os animais receberam injeção (0,5 mL) com 7,4 Mbq de ³²P (Na₂HPO₄ - livre de carregador), via jugular esquerda. Após aplicação do ³²P, foram retirados cerca de 10 mL de sangue, de todos animais, via jugular direita, utilizando-se vacutainer com heparina.

A coleta de sangue, fezes, urina e sobras das rações teve duração de sete dias, sempre antes da refeição matinal.

A solução radioativa com atividade de 7,4 Mbq/0,5 mL foi preparada utilizando-se ³²P (Na₂HPO₄), livre de carregador, fornecido pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares de São Paulo (IPEN), fazendo-se diluição com solução salina estéril de NaCl 0,85%.

Para análise de fósforo e contagem da radioatividade, as amostras de sangue, fezes, urina, sobras e ingredientes das rações foram analisadas na Seção de Ciências Animais do Centro de Energia Nuclear Aplicada a Agricultura - CENA. O teor de fósforo dos ingredientes das rações, sobras e fezes

foi determinado conforme Sarrugue & Haag (1974). O cálcio dos ingredientes das rações foi analisado pelo procedimento descrito por Zagatto et al. (1979). O teor do fósforo inorgânico no plasma e urina foi determinado a partir das amostras de sangue pelo método de Fiske & Subbarow (1925).

As cinzas obtidas foram diluídas em HCl 3N, ajustando-se o volume em balão volumétrico de 10 mL (Morse et al., 1992). O teor de P inorgânico foi determinado pelo método colorimétrico do vanadato e molibdato de amônio (Sarrugue & Haag, 1974).

A leitura da radioatividade de plasma e fezes foi realizada em cintilador líquido, por intermédio do efeito Cerenkov, conforme normas da International Atomic Energy Agency - IAEA (1979).

A atividade específica de plasma e fezes foi determinada pela metodologia de Lofgreen & Kleiber (1953).

Um delineamento inteiramente casualizado foi adotado para analisar o efeito da ingestão de fósforo sobre a perda endógena. Utilizou-se análise de regressão, com os níveis de fósforo ingeridos, para se determinarem as equações de predição (SAS, 1988).

Resultados e Discussão

A quantidade de P endógeno variou de 7,6 a 45,4 mg/kg PV/dia e a análise de regressão mostrou influência ($p < 0,001$) do P ingerido (Figura 1). Considerando-se a quantidade de P ingerido, a variação encontrada está próxima às obtidas por Ternouth (1989), Hendricksen et al. (1994) e Bortolussi et al. (1996), ficando pouco abaixo dos valores observados por Bueno (1997). Isso evidencia que a perda endógena não é um valor constante, como concluíram também outros autores (Braithwaite, 1984; Coates & Ternouth, 1992; Louvandini & Vitti, 1994; Ternouth & Coates, 1997).

Extrapolando-se para o nível zero de ingestão de P a equação da Figura 1, encontra-se o valor de 6,71 mg/kg PV/dia como perda endógena mínima. Esse número é menor, mas próximo ao valor de 10 mg/kg PV/dia para bovinos (ARC, 1980), 10,65 mg/kg PV/dia para ovinos (Louvandini & Vitti, 1994) e 10,36 mg/kg PV/dia para caprinos Alpinos (Bueno, 1997); igualmente próximo a 8,6 mg/kg PV/dia para bezerros em crescimento (Challa et al., 1989) e a 7,6 mg/kg PV/dia para novilhas (Coates & Ternouth, 1992); e bem inferior aos 19,2 mg/kg PV/dia para cabras anãs africanas (Aksoyinu, 1986). O valor relativamente mais baixo para o P endógeno pode ser atribuído à soma de dois fatores: o tamanho das partículas de fibra da dieta (feno finamente moído), resultando em menor secreção de P salivar (Scott & Buchan, 1987; AFRC, 1991), e a deficiência de P, que também reduz a secreção de P salivar e aumenta a eficiência de reabsorção (Coates & Ternouth, 1992).

Observa-se na Tabela 2 e Figura 1 que a quantidade de P endógeno fecal variou pouco, quando os níveis de P ingeridos foram 20,86 e 49,02 (ração com 0,08 e 0,15% de P, respectivamente), mostrando que, mesmo em dieta deficiente em P, os cabritos foram inábeis em reduzir a perda endógena de P, indicando também que, nessa faixa de ingestão de P, não há praticamente o componente excretório da perda endógena, que é relacionado com maiores ingestões de P (AFRC, 1991), podendo, dessa forma, as quantidades excretadas serem consideradas como perdas obrigatórias.

Como observado por outros autores (Ternouth, 1989; Coates & Ternouth, 1992; Ternouth et al., 1993; Ternouth et al., 1996; Ternouth & Coates, 1997), a perda endógena fecal foi relacionada ($P < 0,01$) com o P no plasma e matéria seca ingerida (Figuras 2 e 3). Todavia, observa-se pelas Figuras 3 e 4 que o fósforo no plasma (mg/dL) e, principalmente, a quantidade de matéria seca ingerida (g/kg PV/dia) não explicaram (baixo R^2) a perda endógena fecal, como observado também nos trabalhos citados.

O cálculo da perda endógena a partir da equação da Figura 2 mostrou variação de 9,7 a 26,9 mg/kg PV/dia para ingestão de MS entre 25 e 35 g/kg PV/dia. Essa estimativa fica muito próxima da calculada para perda endógena, em função do P ingerido, variando de 20 a 130 mg/kg PV/dia (Equação da Figura 1). No entanto, quando se fez a análise de regressão múltipla envolvendo essas duas variáveis, não houve efeito significativo, de forma que o fósforo ingerido explicou melhor o efeito sobre a perda endógena de P, quando comparado com a ingestão de MS ou P no plasma, os quais, em outros

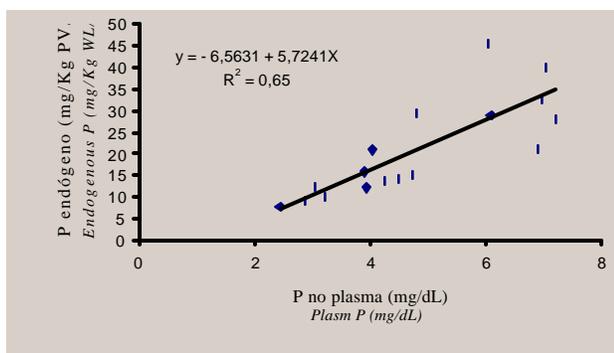


Figura 1 - Efeito do fósforo ingerido sobre a perda endógena de fósforo fecal.

Figure 1 - Effect of intake phosphorus on endogenous loss of fecal phosphorus.

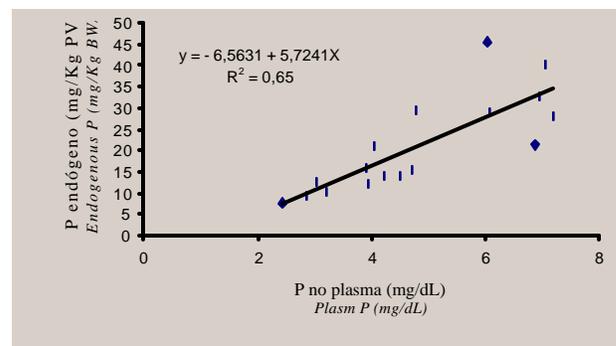


Figura 2 - Efeito do fósforo no plasma sobre a perda endógena de fósforo fecal.

Figure 2 - Effect of the phosphorus plasma on endogenous loss of fecal phosphorus.

Tabela 2 - Média e desvio-padrão para ingestão de matéria seca e de fósforo e para outras variáveis associadas ao metabolismo do P em cabritos Saanen

Table - Means and standard deviation for dry matter intake and phosphorus intake, and for other variables associated with P metabolism in Saanen kids

	Níveis de P nas rações (% da MS) Levels of P in diets (% of DM)		
	0,08	0,15	0,38
Ingestão de MS (g/kg PV/ dia) (DM intake, g/kg/LW/day)	27,25 ± 2,33	32,91 ± 2,36	34,71 ± 3,64
Ingestão de P (mg/kg PV) (P intake, mg/kg LW)	20,86 ± 1,89	49,02 ± 3,21	132,26 ± 12,86
P fecal (mg/kg PV/dia) (Fecal P, mg/kg BW/day)	27,47 ± 2,93	31,15 ± 4,51	69,86 ± 14,83
P endógeno fecal (mg/kg PV/dia) (Fecal endogenous P, mg/kg BW/day)	11,20 ± 2,59	17,03 ± 3,31	34,11 ± 6,48
P absorvido (mg/kg PV/dia) (Absorbed P, mg/kg BW/day)	4,58 ± 2,55	34,91 ± 5,36	96,51 ± 5,97
P urinário (mg/kg PV/dia) (Urinary P, mg/kg BW/day)	0,14 ± 0,12	0,17 ± 0,04	0,18 ± 0,07
Balanço de P (mg/kg PV/dia) (P balance, mg/kg BW/day)	-6,74 ± 2,00	17,70 ± 3,71	62,23 ± 7,07
P no plasma (mg%) (Plasma P, mg%)	3,24 ± 0,54	4,87 ± 1,03	6,35 ± 0,83

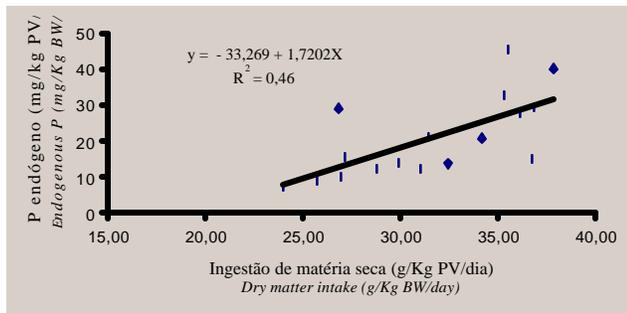


Figura 3 - Efeito da ingestão de matéria seca sobre a perda endógena de P fecal.

Figure 3 - Effect of the dry matter intake on loss of fecal endogenous phosphorus.

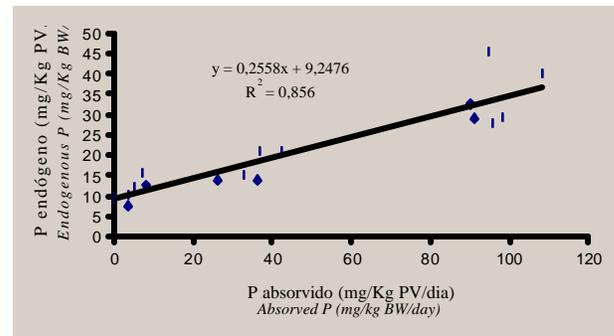


Figura 4 - Efeito do fósforo absorvido sobre a perda endógena de fósforo.

Figure 4 - Effect of the absorbed phosphorus on phosphorus endogenous loss.

trabalhos, explicaram melhor, juntos, do que a análise de regressão envolvendo uma de cada vez dessas duas variáveis (Ternouth, 1989; Coates & Ternouth, 1992; Ternouth et al., 1996; Ternouth & Coates, 1997). Neste trabalho, a ingestão de matéria seca foi alta e houve muita variação individual, tanto na ingestão de MS quanto na concentração de P no plasma, principalmente para os animais do tratamento com 0,35%, o que contribuiu para que o ajuste da equação para essas variáveis não fosse melhor que o observado.

Mais do que a ingestão de MS e a concentração do P no plasma, o P absorvido promoveu efeito linear ($p < 0,01$) sobre a perda endógena de P, como ilustrado na Figura 4. Essa resposta se deve à maior absorção de P, elevando o P no plasma e contribuindo para maior fluxo desse elemento via saliva, principal responsável pela

perda endógena (Oetzel, 1988; Ternouth, 1989; Breves & Schröder, 1991).

O fósforo endógeno representou 40,8; 54,7; e 48,8 mg/kg PV/dia do P total excretado nas fezes, respectivamente, para os tratamentos com 0,08; 0,15; e 0,38% de P. O aumento no tratamento com 0,15% de P deveu-se à maior quantidade absorvida; da mesma forma, a diminuição no tratamento mais alto em P é explicada pela queda na eficiência de absorção, aumentando, nas fezes, a proporção de P não utilizado pelos animais.

O requerimento líquido de P endógeno, ou a exigência para manutenção, calculado a partir da perda endógena mínima (6,71 mg/kg PV/dia) e somado à contribuição do P excretado na urina (0,16 mg/kg PV/dia), resulta em 6,87 mg/kg PV/dia. O requerimento

dietético, utilizando-se o valor médio da eficiência de absorção para os três tratamentos (55,5%), vai implicar em 12,38 mg/kg PV/dia, que é bem inferior ao valor recomendado pelo NRC (1981) e Aksoyinu (1986) e próximo ao determinado por Bueno (1997).

Conclusões

A ingestão de P tem influência sobre a perda de fósforo endógeno fecal, que também é influenciada pela ingestão de matéria seca e concentração de P no plasma.

A exigência líquida de fósforo para manutenção de caprinos Saanen foi de 6,87 mg/kg PV/dia.

Literatura Citada

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, London, 1980. 351p.
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. Technical Committee on Responses to Nutrients. A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle. **Nutrition Abstract and Reviews. Series B: Livestock Feeds and Feeding**, v.61, n.9, p.573-612, 1991.
- AGRICULTURAL FOOD AND RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International, 1995. 159p.
- AKINSOYINU, A.O. Minimum phosphorus requirements of the dwarf goat for maintenance. **Tropical Agriculture**, v.63, n.4, p.333-335, 1986.
- ANNEKOV, B.N. Kinetics of mineral metabolism in organ and tissues. In: GEORGIEVSKII, V.I.; ANNENKOV, B.N.; SAMOKHIN, V.T. (Eds.) **Mineral nutrition of animals**. London: Butterwoeths, 1982. p.257-271.
- BORTOLUSSI, G.; TERNOUTH, J.H.; McMENIMAN, N.P. Dietary nitrogen and phosphorus depletion in cattle and their effects on live weight gain, blood metabolite concentrations and phosphorus kinetics. **Journal Agricultural Science**, v.126, p.493-501, 1996.
- BRAITHWAITE, G.D. Some observations of phosphorus homeostasis and requirements of sheep. **Journal Agricultural Science**, v.102, n.2, p.295-306, 1984.
- BREVES, G.; SCHRÖDER, B. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. **Nutrition Research Reviews**, v.4, p.125-140, 1991.
- BUENO, S.M. **Níveis de fósforo para caprinos: metabolismo, cinética e digestibilidade aparente**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 1997. 57p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade de São Paulo, 1997.
- CHALLA, J.; BRAITHWAITE, G.D. Phosphorus and calcium metabolism in growing calves with special emphasis on phosphorus homeostasis. 1. Studies of the effect of changes in the dietary phosphorus intake on the phosphorus and calcium metabolism. **Journal Agricultural Science**, v.110, p.573-581, 1988.
- CHALLA, J.; BRAITHWAITE, G.D.; DHANOA, M.S. Phosphorus homeostasis in growing calves. **Journal Agricultural Science**, v.112, n.3, p.217-226, 1989.
- COATES, D.B.; TERNOUTH, J.H. Phosphorus kinetics of cattle grazing tropical pastures and implications for the estimation of their phosphorus requirements. **Journal Agricultural Science**, v.119, p.401-409, 1992.
- FISKE, C.H.; SUBBARROW, Y. The calorimetric determination of phosphorus. **Journal Biological Chemistry**, v.66, n.2, p.375-400, 1925.
- FIELD, A.C.; WOOLLIAMS, J.A.; DINGWALL, R.A.; MUNRO, C.S. Animal and dietary variation in absorption and metabolism of phosphorus by sheep. **Journal Agricultural Science**, v.103, n.2, p.283-291, 1984.
- HENDRICKSEN, R.E.; TERNOUTH, J.H.; PUNTER, L.D. Seasonal nutrient intake and phosphorus kinetics of grazing steers in Northern Australia. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.45, p.1817-1829, 1994.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Laboratory training manual on the use of nuclear techniques in animal research**. Vienne, 1979. 299p. (Technical Reports Series, 193).
- LOGGREEN, G.P.; KLEIBER, M. The availability of phosphorus in alfalfa hay. **Journal of Animal Science**, v.12, n.2, p.366-371, 1953.
- LOUVANDINI, H.; VITTI, D.M.S.S. Perdas endógenas de fósforo em ovinos com diferentes níveis do elemento na dieta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.1, p.145-149, 1994.
- McDOWELL, L.R. **Minerals in animal and human nutrition**. Academic Press Inc., New York, 1992. 524p.
- MORSE, D.; HEAD, H.H.; WILCOX, C.J. et al. Effects of concentration of dietary phosphorus on amount and route of excretion. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.11, p.3039-3049, 1992.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of domestic animals: nutrient requirements of dairy goats**. Washington, D.C.: 1981. 91p.
- OETZEL, G.R. Parturient paresis and hypocalcemia in ruminant livestock. **Veterinary Clinical of North America: Food and Animal Practical**, v.4, n.2, p.331-349, 1988.
- RESENDE, K.T. **Métodos de estimativa da composição corporal e exigências nutricionais de proteína, energia e macroelementos inorgânicos de caprinos em crescimento**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1989. 130p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, 1989.
- SARRUGUE, J.R.; HAAAG, H.P.. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba:ESALQ, Departamento de Química, 1974. p.6-58: Determinação colorimétrica do fósforo.
- SAS -STAT. **Language guide for personal computer**. 6.03. ed. Cary: 1988. v.12, 378p.
- SCOTT, D.; BUCHAN, W. The effects of feeding either hay or grass diets on salivary phosphorus secretion, net intestinal phosphorus absorption and on the partition of phosphorus excretion between urine and faeces in the sheep. **Quart. Journal Experimentae Physiologia**, v.72, .3, p.331-338, 1987.
- SCOTT, D.; WHITELAW, F.G.; BUCHMAN, W. et al. The effect of variation in phosphorus intake on salivary phosphorus secretion, net intestinal phosphorus absorption and fecal endogenous phosphorus excretion in sheep. **Journal of Agricultural Science**, v.105, p.271-277, 1985.
- TERNOUTH, J.H. Endogenous losses of phosphorus by sheep. **Journal of Agricultural Science**, v.113, p.291-297, 1989.
- TERNOUTH, J.H. Phosphorus and beef production in Northern Australia. 3. phosphorus in cattle - a review. **Tropical Grassland**, v.24, p.159-169, 1990.

- TERNOUTH, J.H.; BORTOLUSSI, G.; COATES, D.B. et al. The phosphorus requirements of growing cattle consuming forage diets. **Journal of Agricultural Science**, v.126, p.503-510, 1996.
- TERNOUTH, J.H.; BUDHI, P.S. Effects of dietary phosphorus deficiency in pregnant and lactating ewes. **Australian Journal of Experimental Agricultural**, v.36, p.137-144, 1996.
- TERNOUTH, J.H.; COATES, D.B. Phosphorus homeostasis in grazing breeder cattle. **Journal of Agricultural Science**, v.128, p.331-337, 1997.
- TERNOUTH, J.H.; McLACHLAN, B.P.; CLARKE, J.M. et al. Effects of dietary phosphorus and nitrogen deficiencies on the intake, growth and metabolism of lambs. **Journal of Agricultural Science**, v.121, p.409-419, 1993.
- THOMPSON JUNIOR, W.R. Phosphorus in animal nutrition. In: **Phosphorus for agriculture a situation analysis**. Atlanta: Potash/Phosphat Institute, 1978. p.126-156.
- UNDERWOOD, E.J. Sources of minerals. In: UNDERWOOD, E.J. (Ed.) **The mineral nutrition of livestock**. 2.ed. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1981. p.9-19.
- VITTI, D.M.S.S.; ABDALA, A.L.; MEIRELLES, C.F. et al. Absorção real do fósforo de diferentes fontes para ovinos, através do uso de radiofósforo (P-32). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.10, p.1405-1408, 1991.
- YOUNG, V.R.; LOFGREEN, G.P.; LUICK, J.R. The effects of phosphorus depletion, and calcium and phosphorus intake, on the endogenous excretion of the elements by sheep. **British Journal Nutrition**, v.20, n.4, p.795-805, 1966.
- ZAGATTO, E.A.G.; KRUG, F.J.; BERGAMIN FILHO, H. et al. Merging zones in flows injection analysis. Part 2. Determination of calcium, magnesium and potassium in plant material by flow injections atomic absorption and flame emission spectrometry. **Analytical Chemistry Acta**, v.104, p.279-284, 1979.

Recebido em: 31/05/02

Aceito em: 07/10/02