

**FLUXO DE FÓSFORO EM OVINOS  
ALIMENTADOS COM DIFERENTES NÍVEIS  
DESTE MINERAL**

**EVERTON DO ESPIRITO SANTO BORGES**

**2007**

**EVERTON DO ESPIRITO SANTO BORGES**

**FLUXO DE FÓSFORO EM OVINOS ALIMENTADOS COM  
DIFERENTES NÍVEIS DESTE MINERAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de “Mestre”.

**Orientador**

**Prof. Dr. José Cleto da Silva Filho**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2007**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Borges, Everton do Espírito Santo

Fluxo de fósforo em ovinos alimentados com diferentes níveis deste mineral / Everton do Espírito Santo Borges. -- Lavras: UFLA, 2007.

74 p. : il.

Orientador: José Cleto da Silva Filho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Ovino – Santa Inês. 2. Fluxo de Fósforo. 3. Ruminantes. 4. Nutrição Animal. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-636.40855

**EVERTON DO ESPIRITO SANTO BORGES**

**FLUXO DE FÓSFORO EM OVINOS ALIMENTADOS COM  
DIFERENTES NÍVEIS DESTE MINERAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 8 de março de 2007.

Prof. Dr. Juan Ramon Olalquiaga Perez	UFLA
Profa. Dra. Nadja Gomes Alves	UFLA
Prof. Dr. Raimundo Vicente de Sousa	UFLA

Prof. Dr. José Cleto da Silva Filho  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

*A Deus, pela presença constante  
em todos os momentos da minha vida,*

**OFEREÇO**

*Aos meus pais, Gil Pereira Borges e  
Leny Cardoso do Espírito Santo Borges.  
As minhas irmãs, Gilene e Cleide e a  
minha companheira Natália Charleaux Roque,*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor José Cleto da Silva Filho, pela orientação, incentivo e amizade.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Aos integrantes da banca examinadora, professores Juan Ramon Olalquiaga Perez, Nadja Gomes Alves e Raimundo Vicente de Sousa, pela ajuda no desenvolvimento e finalização deste trabalho.

Aos amigos da Pós-Graduação, Clenderson, Flávio Moreno e Jerônimo, pela inestimável ajuda e orientação nas técnicas utilizadas no experimento.

Aos professores Rilke Tadeu Fonseca de Freitas e Márcio Gilberto Zangerônimo, pela colaboração na parte estatística do trabalho.

Aos amigos e alunos de Pós-Graduação e Graduação Érika, Flávio, Giovana, Natália, Bruno, Arnaldo, Eric, René, Adriano, Igor, Marco Aurélio, Solange, Fábio e Marina pela imensa ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Pesquisa Animal do DZO da UFLA, Márcio, Suelba, Eliana e José Virgílio, pela amizade e colaboração na análise bromatológica dos alimentos.

A minha família, pelo apoio e exemplo.

A toda turma do Galeraanps.

A minha companheira, Natália Charleaux Roque, pela incondicional ajuda, compreensão, apoio e carinho durante todo o tempo em que estamos juntos.

Aos meus amigos de Lavras e aos de república, Lécio e Wendy, pelos ótimos momentos de descontração.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram na execução deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>II</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1 O fósforo e sua função no organismo animal .....	3
2.1.1 Deficiência de fósforo .....	6
2.1.2 Controle hormonal e homeostase do P .....	7
2.2 Requerimentos dietéticos de fósforo .....	8
2.3 Ingestão de fósforo e sua reciclagem via saliva .....	10
2.4 Absorção de fósforo .....	12
2.5 Excreção de fósforo nas fezes .....	15
2.6 Fósforo no plasma .....	16
2.7 Fósforo no conteúdo ruminal .....	18
2.8 Fósforo na urina .....	20
2.9 O fósforo excretado no meio ambiente e estratégias nutricionais para reduzir sua perda. ....	21
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
3.1 Local e período .....	24
3.2 Animais e instalações .....	24
3.3 Tratamentos .....	25
3.4 Coletas e análises .....	28
3.4.1 Determinação do consumo .....	28
3.4.2 Determinação de P .....	28
3.4.3 Determinação de P inorgânico no plasma .....	29
3.4.4 Determinação de P inorgânico nas fezes e na urina .....	29
3.4.5 Determinação de P inorgânico na saliva .....	30
3.4.6 Determinação de P inorgânico no conteúdo ruminal .....	30
3.4.7 Delineamento experimental e análise estatística .....	30
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>32</b>
4.1 Consumo de fósforo e matéria seca .....	33
4.2 Fósforo no plasma .....	35
4.3 Fósforo na saliva .....	38
4.4 Fósforo no conteúdo ruminal .....	39



4.5 Fósforo nas fezes .....	42
4.6 Fósforo na urina .....	45
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>47</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>62</b>

## RESUMO

BORGES, Everton do Espírito Santo. **Fluxo de fósforo em ovinos alimentados com diferentes níveis de fósforo**. Lavras: UFLA, 2007. 74p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia)<sup>1</sup>.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o comportamento do fósforo (P) nos processos de digestão, absorção e excreção, em cordeiros da raça Santa Inês alimentados com diferentes níveis de P na dieta, analisando-se os teores deste mineral na saliva, plasma, conteúdo ruminal, fezes e urina. Foram utilizados 18 cordeiros da raça Santa Inês, com idade média de cinco meses e peso médio de  $27,18 \pm 1,56$  kg. O experimento foi realizado em dois períodos de 35 dias cada, nos quais foram utilizados nove animais por período, conduzido num delineamento em blocos casualizados, sendo os blocos constituídos pelo peso dos animais e pelos dois períodos de 35 dias. Os tratamentos foram distribuídos num esquema em parcelas subdivididas no tempo, tendo os níveis de P, os tratamentos da parcela e as semanas como os tratamentos da subparcela considerado como medida repetida no tempo, com seis repetições por tratamento. Todas as dietas foram isoprotéicas e isocalóricas e os tratamentos das parcelas foram constituídos pela inclusão de diferentes quantidades de fosfato bicálcico para que se obtivessem: (T1) 25% menos que o recomendado pelo NRC (1985) 1,9 g/dia, (T2) o recomendado pelo referido órgão 2,6 g/dia e o (T3) 25% a mais que o recomendado 3,3 g/dia. Os animais foram alojados em gaiolas de metabolismo e receberam dietas contendo: feno de capim coast-cross, milho moído, polpa cítrica, farelo de soja, mistura mineral, uréia e vitamina D. No décimo quarto dia iniciaram-se as coletas de saliva, plasma, conteúdo ruminal, fezes e urina, para a determinação de P inorgânico. As coletas se repetiram em cada uma das três semanas. Não se observou diferença estatística, entre os tratamentos para as variáveis avaliadas ao longo das três semanas. Observou-se correlação positiva entre o aumento do consumo de P e o teor de P no plasma, saliva, conteúdo ruminal e fezes. O menor valor de ingestão de P T1 refletiu menor excreção fecal de P, ao longo das três semanas e foi suficiente para manter os níveis P dentro das faixas normais, na saliva, no plasma, no conteúdo ruminal e na urina.

---

<sup>1</sup> **Comitê Orientador:** Prof. José Cleto da Silva Filho – DZO/UFLA (Orientador); Prof Antônio Ricardo Evangelista – DZO/UFLA; Prof. Juan Ramon O. Perez – DZO/UFLA.

## ABSTRACT

BORGES, Everton do Espírito Santo. **Phosphorus Kinetic in lambs fed with different levels of this mineral** Lavras: UFLA, 2007. 74p. (Dissertation – Master in Ruminant Nutrition)<sup>1</sup>

The objective of the present work was to evaluate the P kinetics and nutritional status in lambs fed with different levels of P in the diet, by the determination of inorganic P in saliva, blood plasma, rumen content, feces and urine. Eighteen Santa Ines lambs with average age of five months and  $27.18 \pm 1.56$  kg average weight were used in a split plot arrangement, divided in two groups of nine animals in a period of 35 days each, in a randomized block design. The animals were kept individually in metabolic cages, receiving a basal diet and different P levels. Six animals per treatment were used. The treatments were constituted by the inclusion of different amounts of dicalcium phosphate to a basal diet, as follow (T1) 25 % less P in relation to the recommended by the NRC (1985) (1.9 g/day), (T2) the amount recommended for the cited NRC (2.6 g/day) and (T3) 25 % more than the recommended level (3.3 g/day). The diets were composed of coast-cross hay, corn, citric pulp, soy bean meal, mineral mixture, urea and vitamin D. After the adaptation period, samples of blood, saliva, rumen content, feces and urine were collected for the inorganic P determination. The collections period followed for three weeks. Positive correlations between the P intake and the samples were: blood plasma ( $r = 0.64$ ), saliva ( $r = 0.86$ ), rumen content ( $r = 0.82$ ), feces ( $r = 0.92$ ) and urine ( $r = 0.37$ ), ( $P < 0.01$ ), respectively. The lower phosphorus intake was enough to maintain the phosphorus status of the animals and can indicate that the P level recommended by the NRC (1985), may be reduced.

---

<sup>1</sup> **Guidance Committee:** Prof. José Cleto da Silva Filho – DZO/UFLA (Adviser Professor); Prof Antônio Ricardo Evangelista – DZO/UFLA; Prof. Juan Ramon O. Perez – DZO/UFLA.

## 1 INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é um dos macromelementos mais importantes na nutrição animal, por desempenhar inúmeras funções, tanto estrutural nos tecidos, constituindo principalmente os ossos e os dentes, quanto na manutenção do equilíbrio ácido-base, de pressão osmótica e no metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídeos no organismo. Tem ainda importância significativa na atividade dos microrganismos do rúmen. Devido a essas importantes funções, tem sido um dos nutrientes mais pesquisados nas últimas décadas, juntamente com o cálcio (Ca), porém, ainda existem controvérsias sobre as exigências de P para as diferentes espécies animais.

Da mesma forma que se deve fornecer P na dieta para que os animais tenham suas exigências atendidas e conseqüentemente melhorem a produção, deve-se conhecer quanto deste nutriente é excretado pelos animais, uma vez que a excreção de P é diretamente dependente do consumo deste mineral.

Minas Gerais desponta, hoje, como um dos estados promissores na produção de ovinos para corte, especificamente com a raça Santa Inês e os produtores podem estar superestimando a quantidade de P necessária na dieta desses animais. A suplementação de P, além de onerar a ração final, pode ter conseqüências graves para o meio ambiente, quando em excesso. Em criações intensivas, pode ocorrer o carreamento do P pelas chuvas, que polui os rios e lagos, aumentando a vegetação aquática e causando morte dos peixes por falta de oxigênio, processo denominado de eutrofização das águas, tornando o excesso de P um poluente em potencial do meio ambiente. As perdas de nutrientes são inevitáveis, porém, podem ser reduzidas se os animais receberem as quantidades adequadas de cada um deles.

Entendendo-se a cinética dos fluxos de fósforo nos diferentes compartimentos como trato digestivo, saliva, sangue, conteúdo ruminal, urina e fezes, pode-se avaliar o comportamento deste mineral no organismo animal.

Teve-se como objetivo no presente trabalho avaliar o comportamento do P nos processos de digestão, absorção e excreção em cordeiros Santa Inês alimentados com diferentes níveis de P na dieta, analisando-se os teores deste mineral na saliva, no plasma, no conteúdo ruminal, nas fezes e na urina.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

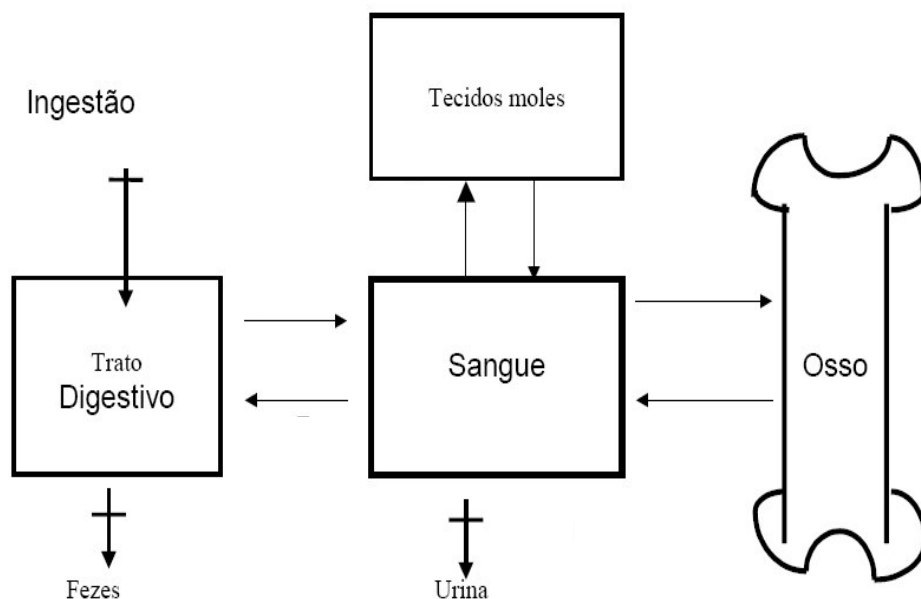
### 2.1 O fósforo e sua função no organismo animal

Do ponto de vista metabólico, o P é um elemento multifuncional. Tem demonstrado importante função bioquímica e fisiológica, estando envolvido em quase todas as vias metabólicas (González & Silva, 2003).

O P representa 1% do peso dos ovinos (Gerassev, 1998) e, juntamente com o Ca, representa mais de 70% dos minerais no organismo (McDowell, 1985). Aproximadamente 99% do cálcio e 80% do fósforo do corpo estão presentes nos ossos e dentes dos ovinos, com uma relação aproximada de 2:1, respectivamente (AFRC, 1991).

Nos ossos, esses elementos podem estar sob forma cristalizada, formando hidroxiapatita [ $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ] ou amorfa [ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ], sendo a primeira encontrada em maior parte em adultos e a segunda em animais jovens. Encontra-se também sob a forma de fosfato. Além de constituírem a estrutura de sustentação básica do corpo, os ossos também são reservatório de Ca e P corporal (McDowell, 1985; Pizzolante, 2000) e são mobilizados quando os requerimentos dos animais não são supridos pela dieta (Chapuis-Lardy et al., 2004).

O Ca e o P encontrados na porção trabecular (substância esponjosa) dos ossos estão em equilíbrio dinâmico com parte desses elementos presentes nos líquidos corporais e outros tecidos do corpo. Durante períodos de deficiência alimentar, ou quando a necessidade de ambos os elementos aumenta, como ocorre na gestação e na lactação, o Ca e o P são prontamente mobilizados dos ossos, para manter níveis normais e constantes no sangue e nos outros tecidos moles (Hays & Swenson, 1988) (Figura 1).



**FIGURA 1.** Modelo do metabolismo de P (Vitti et al., 2000).

Nos tecidos moles, o P aparece complexado de diversas formas. A forma orgânica é a mais característica, participando do metabolismo dos carboidratos, lipídios e proteínas, constituição de membranas, do DNA e RNA e de complexos coenzimáticos, como o NAD, NADP e FAD, além de participar do sistema tampão (Ensminger et al., 1990) e também fazer parte de fosfoproteínas, fosfocreatina, como reservatório de energia e nucleoproteínas (Ternouth, 1990).

Segundo Boin (1985), no mecanismo de transferência de energia estão diretamente envolvidas as moléculas de AMP, ADP, ATP, que desempenham papel fundamental em todas as reações que envolvem a produção de energia. Os fosfolipídios, além de constituírem todas as membranas do organismo, também fazem parte da constituição das lipoproteínas, as quais são os principais meios de transporte de ácidos graxos no organismo. Os fosfolipídios afetam a permeabilidade celular e, como componentes da camada de mielina dos nervos, atuam na transmissão nervosa. A ativação das vitaminas do complexo B

(tiamina, niacina, piridoxina, riboflavina, biotina e ácido pantotênico), para formar coenzimas, requer fosforilação inicial.

O P faz parte do ácido desoxirribonucléico (DNA), que contém a informação genética e que regula a biosíntese de proteína. Está também envolvido nos mecanismos de transcrição do RNA mensageiro, o qual desencadeia respostas hormonais, estimulando os processos de síntese e secreção de determinadas células e órgãos envolvidos na atividade reprodutiva (Runho et al., 2001).

Atua como componente ativador e constituinte de complexos coenzimáticos como o NAD, NADP e FAD, os quais regem importantes rotas metabólicas de reações de descarboxilação e oxidação no processo de produção de energia (Hays & Swenson, 1988).

Entre os sistemas tampão do organismo, existe um, formado pelo tampão fosfato o qual é muito importante nos líquidos tubulares renais (Lehninger, 1994).

Para os ruminantes, em adição a essa variedade de funções, o P possui importância fundamental no funcionamento ruminal, especialmente para as bactérias celulolíticas. No que se diz respeito ao metabolismo e ao desenvolvimento da flora do rúmen, o P é ingerido pelo animal na forma de fosfatos orgânicos (fitatos, fosfoproteínas, fosfolipídeos) ou compostos inorgânicos (mono, di ou trifosfatos), os quais são dissolvidos pela ação de enzimas produzidas pelos microrganismos presentes nesse órgão (Breves & Schroder, 1991). O P microbiano apresenta-se na forma de ácidos nucleicos e fosfolipídios, compondo 30% de o todo P presente no fluido ruminal (Rosa, 1991).



### **2.1.1 Deficiência de fósforo**

A deficiência de fósforo ocorre em muitas partes do mundo, sendo necessário o conhecimento das quantidades mínimas de suplementação exigidas para equilibrar os efeitos adversos da carência mineral sobre o desempenho animal (Barcellos et al., 1998). Ternouth & Sevilla (1990) indicaram que ovinos recebendo rações deficientes em P tiveram redução involuntária de 30% a 40% no consumo de matéria seca.

As deficiências de minerais são determinadas a partir da análise do solo e das forragens de onde os animais estão localizados. Entretanto, devido às variações na disponibilidade, interferências dos diferentes minerais e habilidade animal em melhorar ou reduzir a absorção, o diagnóstico das deficiências minerais no animal deve, preferencialmente, ser abordado por intermédio da monitoração dos níveis nos fluidos e tecidos corpóreos (Tokarnia et al., 1999; Diaz González, 2000). A análise de material proveniente dos animais permite verificar de forma mais direta, com maior rapidez e mais facilmente, as deficiências existentes, com menor risco de erros na interpretação dos resultados (Underwood, 1969).

Os sintomas de deficiência de P são muito semelhantes àqueles relacionados à deficiência de vitamina D: redução do crescimento, perda de peso, redução do apetite e alteração nos hábitos alimentares, com tendência à depravação do apetite. Nota-se diminuição na mineralização óssea, que pode resultar em fraturas ou malformações (McDowell, 1992; Barcellos, 1998 e González & Silva, 2003).

O primeiro sinal de deficiência de P é a perda do apetite promovendo deficiência energética para o metabolismo, que leva às perdas de peso, redução da produção de carne e leite e queda na fertilidade (McDowell, 1992).

### **2.1.2 Controle hormonal e homeostase do P**

O controle hormonal do metabolismo do P está associado ao do Ca, porém parece ser secundário em relação ao mesmo, visto que os níveis de Ca são rigorosamente controlados para regular a atividade neuro-muscular, cuja falha pode resultar em hipocalcemia. Por outro lado, a concentração de P no plasma pode variar consideravelmente (2,0 a 8,0 mg/100 mL), sem que haja sérios prejuízos metabólicos ou neuro-musculares (Ternouth, 1990).

Existe uma forte relação que deve ser mantida para a integridade da homeostase do Ca e P. No processo de equilíbrio das concentrações plasmáticas destes minerais, dois hormônios e uma vitamina estão envolvidos: o paratormônio (PTH), a calcitonina e a vitamina 1,25 di-hidroxi-colecalciferol (Stabenfeldt, 1992).

O PTH secretado pela glândula paratireóide tem efeito sobre o aumento da calcemia, regulando o metabolismo do Ca e também o do P. Para manter esses elementos em níveis constantes no sangue, o PTH promove a desmineralização dos ossos, retirando Ca e P. Atua, ainda, sobre os rins, diminuindo a excreção de P e controla a conversão da vitamina D para a forma ativa (1,25 di-hidroxi-colecalciferol), a qual atua aumentando eficiência de absorção do Ca e P no lúmen intestinal (McDowell, 1992; Stabenfeldt, 1992).

O 1,25 di-hidroxi-colecalciferol é um metabólito da vitamina D e tem um potencial cinco vezes maior que a mesma na prevenção do raquitismo. A vitamina D é o nome coletivo para a família dos compostos com efeitos anti-raquitismo e pode ser encontrada na forma de ergocalciferol (vitamina D<sub>2</sub>), presente nos vegetais e colecalciferol (vitamina D<sub>3</sub>), produzida nos tecidos animais. Os calciferóis são formados pela fotoisomerização de ésteres naturais (pró-vitamina D) pela radiação ultravioleta. O ergosterol (esterol vegetal) é a pró-

vitamina do ergocalciferol (vitamina D<sub>2</sub>) e o 7-deidrocolesterol (derivado do colesterol) é a pró-vitamina do colecalciferol (vitamina D<sub>3</sub>) (Horst et al., 1986).

Quando os níveis de Ca e P séricos estão elevados, ocorre ativação da secreção de calcitonina produzida pelas células parafoliculares da tireóide com ação antagonista ao PTH. Ela age inibindo a reabsorção osteoclástica óssea, diminuindo a absorção intestinal, reduzindo a reabsorção pelo rim e estimulando a secreção de P via saliva de ruminantes (Bllod, 1991).

A interação entre a secreção dos dois hormônios e a síntese do 1,25 di-hidroxi-colecalciferol permitem a homeostase dos níveis séricos de P, quando o fornecimento dietético de Ca e P estão em níveis próximos aos dos exigidos. Alterações bruscas na dieta por longos períodos podem desencadear processos patológicos graves, em alguns casos ou alguma discreta perda de produção (McDowell, 1992).

## **2.2 Requerimentos dietéticos de fósforo**

Os requerimentos de P dos animais dependem de vários fatores: natureza e nível de produção, idade, quantidade e forma química do elemento nos ingredientes da dieta, inter-relações com outros nutrientes, raça e adaptação do animal ao meio em que vive (McDowell, 1999). As exigências líquidas de manutenção correspondem às secreções endógenas do corpo, sendo sua determinação baseada nas relações entre os minerais ingeridos e os minerais excretados (Coelho da Silva, 1995).

O AFRC (1991) ressalta que, além do suprimento adequado de minerais, são necessários níveis adequados de proteína e energia para que ocorra desenvolvimento normal dos ossos. O ARC (1980) e o NRC (1985) admitem que os requerimentos líquidos de macrominerais são constantes e independem do peso do animal. Já o AFRC (1991) adotou equações baseadas no

crescimento ósseo para estimar as exigências de fósforo e considerou que a deposição destes elementos no corpo decresce à medida que o animal torna-se adulto.

O AFRC (1991) preconiza as exigências de P para manutenção de ovinos lanados com 20 e 30 kg de peso vivo como sendo de 0,80 e 1,56 g/dia, respectivamente, enquanto o ARC (1980) sugere 0,48 a 0,58 g/dia de P para animais do mesmo peso. Quanto à exigência para ganho, o AFRC (1991) e o ARC (1980) recomendam teores de 1,3 g/dia e 0,7 g/dia de P, para cada 100g de ganho de PV, respectivamente. Annenkov (1982) recomenda, para cordeiros de 35 kg com ganho diário de 200 g, valor de 3,15 g/dia de P, praticamente a mesma quantidade recomendada pelo AFRC (1991) para cordeiros de 20 kg.

Segundo Gonzaga Neto (2003), para cordeiros dos 25 aos 30 kg de PV, ganhando 150 g/dia, as recomendações dietéticas de P variaram de 3,49 a 3,94 g/dia, 30% maiores que as recomendadas pelo NRC (1985), que são de 2,44 a 2,75 g/dia. Para Gerassev (1998), para cordeiros Santa Inês de 25 a 30 kg, com um ganho de 150 g/dia, a recomendação dietética varia de 1,50 a 1,49 g/dia de P. Segundo Baião (2003), para cordeiros Santa Inês e seus cruzamentos com Bergamácia, Ile de France e Texel, com pesos variando de 25 a 30 kg e com ganho de 150 g/dia, a recomendação dietética varia de 1,53 a 1,60 g de P.

Os valores das exigências dietéticas de P encontradas por Gerassev (1998), utilizando ovinos Santa Inês, foram menores que as preconizadas pelo ARC (1980), NRC (1985) e o AFRC (1991).

Com base nas recomendações de P para cordeiros, citadas por diferentes fontes, ainda não há um consenso sobre o assunto. No Brasil, o balanceamento das dietas tem sido feito com base nas recomendações preconizadas pelos boletins internacionais, AFRC, ARC, NRC, entre outros, desenvolvidos em países de clima temperado e que expressam as exigências de ovinos lanados. A adoção destes dados na formulação de rações, para ovinos deslanados, pode não

expressar os resultados esperados, pela falta ou desperdício de nutrientes, afetando a produtividade e ou o custo de produção. Isso porque, na determinação das exigências nutricionais, devem ser considerados raça, sexo, idade, composição corporal, alimentos disponíveis e as condições ambientais da região em que os animais são explorados (Gonzaga Neto, 2003).

### **2.3 Ingestão de fósforo e sua reciclagem via saliva**

As glândulas salivares são responsáveis por, aproximadamente, 80% da secreção endógena de fósforo no trato gastrintestinal (AFRC, 1991) e tem importante papel na manutenção da homeostase de P em ruminantes (Tomas & Somers, 1974). Grande parte desse P é reabsorvido no intestino delgado e a perda endógena fecal é a porção que escapa à reabsorção (Vitti, 2000).

A saliva de ovinos contém, normalmente, entre 20 a 60 mg de P/100 mL (Bailey & Balch, 1961 e Thompson Junior, 1978), porém, esses valores podem variar de 5 a 100 mg/100 mL (Dias, 2003), dependendo das concentrações de P no plasma, o qual está diretamente correlacionado com o P na dieta (Ternouth, 1989). A secreção de P na saliva também varia de acordo com o fluxo salivar, sendo maior a altas taxas de fluxo salivar e menor a baixas taxas de fluxo, quando há uma relação inversa por causa da queda na concentração de P salivar (Bailey & Balch, 1961).

A concentração de fósforo na saliva total de bovinos varia de 37 a 72 mg/100 mL e quando se trata apenas da secreção da parótida chega a 120 mg/100 mL (Clark et al., 1973). Bueno & Vitti (1999), utilizando caprinos para os quais foram fornecidas dietas com zero, um e dois gramas de P, observaram que as concentrações de P na saliva foram de 80,20; 83,99 e 89,39 mg/100 mL, respectivamente.

A secreção salivar de P é responsável por quase toda a quantidade do elemento que chega até o rúmen, suprindo, em parte, as necessidades dos microrganismos ali presentes (Scott & Buchan, 1988). Os microrganismos do rúmen parecem ser menos sensíveis que o hospedeiro à deficiência de P dietético. Esta resistência se deve, provavelmente, à eficiente reciclagem do mineral por meio da saliva e aos requisitos relativamente baixos dos microrganismos (Nel & Moir, 1974; Durand & Kawashima, 1979), embora redução na síntese de proteína microbiana (Petri et al., 1988) e ineficiente degradação da fibra (Komisarczuk et al., 1987) tenham sido descritas.

Scott et al. (1985) estudaram, em ovelhas, a secreção de P e concluíram que a quantidade de P secretada na saliva é igual à diferença entre o P ingerido e o total de P que passa para o duodeno. Estudos de absorção em ovelhas indicaram que pequena ou nenhuma absorção ou secreção de P ocorreram no retículo-rúmen (Scarisbrick & Ewer, 1951; Speber & Hyden, 1952; Parthsarathy et al., 1952), no omaso (Engelhardt & Hauffe, 1975) ou no abomaso (Garton, 1951).

De acordo com o AFRC (1991), não há evidências de que ocorra um mecanismo de saturação na secreção salivar de P. Entretanto, Louvandini & Vitti (1994) observaram, em ovinos, que houve uma estabilização nos valores de fósforo salivar e endógeno, com um consumo de fósforo acima de 100 mg/kg de PV/dia.

Bueno & Vitti (1999), trabalhando com caprinos sem suplementação ou com um ou dois gramas de P, na forma de fosfato bicálcico, observaram que a concentração de P na saliva não sofreu efeito do P consumido ou absorvido. Estes autores atribuíram isso à possibilidade de a coleta diretamente da boca do animal não representar as secreções salivares da parótida, indicando que a concentração de P na saliva pode não ser um bom indicador do consumo ou da absorção de P. Vitti et al. (1988) observaram resultados semelhantes em bezerros.

## 2.4 Absorção de fósforo

O processo de absorção de fósforo nos ovinos ocorre, principalmente, no intestino delgado, mais precisamente no duodeno e jejuno, sendo pelo menos três vezes maior do que no rúmen, no omaso e no abomaso (Care, 1994). No terço inicial do intestino delgado há uma maior absorção de P e, nos dois terços seguintes, ocorre diminuição gradativa de absorção (Bem-Ghedalia et al., 1975). Por meio de alguns experimentos utilizando  $^{32}\text{P}$ , demonstrou-se que ocorre absorção ainda nos pré-estômagos de ruminantes (Rosol & Capen, 1997).

Os ruminantes conseguem metabolizar, de forma mais eficiente, o P secretado na saliva nas concentrações entre 48 a 120 mg/100mL, o que aumenta as concentrações no rúmen e duodeno e facilita a absorção (Rosol & Capen, 1997). Conforme relatos de Barcellos et al. (1998), a absorção de P nos pré-estômagos de ruminantes ocorre por transferência passiva através do epitélio ruminal. Para que isso ocorra, necessita de concentrações mínimas, cerca de 12 mg/100 mL, já que proporciona uma diferença de concentração entre os dois lados da parede do rúmen. No entanto, não se sabe quanto desta absorção representa o total absorvido.

A absorção do P dietético é de 60% a 70% e é realizada por um sistema de transporte ativo que aumenta a absorção com o aumento da demanda de P (McDowell, 1992) ou, simplesmente, por um processo passivo de difusão que aumenta a absorção com o aumento da quantidade de P no intestino, influenciado pelo consumo (Rosol & Capen, 1997).

O P é disponibilizado aos animais na forma de mono, di e trifosfato inorgânico. Aparece na forma orgânica, como o fitato, fosfolipídios e fosfoproteínas. O suco gástrico dissolve os fosfatos solúveis e alguns insolúveis, separando ácido fosfórico de compostos orgânicos. Este processo ocorre sob ação do suco digestivo, fosfatase, no intestino delgado (Georgievskii, 1982),

onde, posteriormente, é realizada a absorção (Barcellos et al., 1998), sendo o baixo pH duodenal responsável pela maior absorção nessa parte do corpo (Hibbs & Conrad, 1983).

O P inorgânico passa através da membrana das células do intestino delgado pelo mecanismo de transporte ativo, em cotransporte com o  $\text{Na}^+$ . O acúmulo de P nas células do intestino delgado é movido pelo íon  $\text{Na}^+$  contra o gradiente eletroquímico. Este gradiente de  $\text{Na}^+$  e o subsequente acúmulo de P na célula é carregado pela adenosina trifosfatase (ATPase), porém, o processo de passagem do P inorgânico das células através da membrana basolateral para a corrente sanguínea ainda não é totalmente conhecido (O'Brien & Mckay, 1995).

Acredita-se que o fosfato seja ativamente transportado pela parede intestinal e a maioria das absorções ativas de ortofosfato ocorre no jejuno (Georgievskii, 1982). Estes processos ajudam a suprir o P no animal quando a dieta está deficiente em P, ou quando o nível no plasma está baixo (Horst, 1986; Reinhardt et al., 1988).

Dietas com baixo P ocasionam alterações no metabolismo que promovem a otimização da absorção do P intestinal. A vitamina D é uma das substâncias responsáveis pelo processo e aumenta a absorção de P no intestino. Além da ação intestinal, também proporciona a reabsorção do P nos túbulos renais, como forma de adaptação à escassez de P dietético, sendo de extrema importância para manter a homeostase do P (Rosol & Capen, 1997).

A fração do P da dieta que é absorvida, constitui a absorção verdadeira, enquanto que a diferença entre o fósforo consumido e o fósforo nas fezes representa a absorção aparente. Após a absorção no trato gastrointestinal e pré-estômago, o P circula de duas formas, parte complexada às proteínas plasmáticas e parte na forma iônica, chega ao fígado e é direcionado aos mais diferentes tecidos. Nos ruminantes, grande parte irá para a saliva. O processo de reabsorção e depósito é dinâmico, porém, equilibrado. Em períodos de alta



necessidade, como gestação e lactação, os incrementos nas necessidades são elevados e acentuam-se os processos de reabsorção e deposição (Andriguetto et al. 1990; Barcellos, 1998).

A quantidade de P absorvida depende da fonte, da proporção entre cálcio e fósforo, do pH intestinal, dos níveis dietéticos de cálcio, fósforo, vitamina D, ferro, alumínio e manganês, além da individualidade animal e da genética (Field & Wooliams, 1984; Horst, 1986; NRC, 1989).

O P e o Ca dietéticos estão associados ao metabolismo de absorção, sendo preconizada uma relação de 2:1 para a otimização na taxa de absorção AFRC (1991). Wise et al. (1963) testaram 9 relações Ca:P, desde de 0,41:1 até 9:1, encontrando que apenas relações inferiores a 1:1 e superiores a 7:1 prejudicaram o crescimento e a conversão alimentar dos animais. Resultados iguais foram observados por (McDowell, 1992), em bovinos.

Estudos do inter-relacionamento no metabolismo do Ca e do P têm mostrado que mudanças no metabolismo do Ca podem ser causadas por variações nos níveis de P e vice-versa (Challa et al., 1989; Alcade et al., 1999).

No entanto, as pesquisas que procuram correlacionar a proporção Ca:P com a absorção de P têm mostrado algumas contradições. Wise et al. (1963) preconizaram que o problema de absorção de P se manifesta quando a razão Ca:P é inferior a 1. Já Wan Zahari et al. (1994) afirmam que a proporção Ca:P não tem influência na absorção de P e Field et al. (1983) acreditam que quanto maior o teor de Ca na dieta, menor é a eficiência de absorção de P. A absorção de Ca e P é proporcional ao consumo destes dois minerais (Schneider et al., 1985), no entanto, a absorção não depende somente da presença deles na dieta, mas também da biodisponibilidade da fonte ingerida (Rosol & Capen, 1997).

## 2.5 Excreção de fósforo nas fezes

As fezes são a principal rota de excreção de P nos ruminantes, verificando-se uma relação linear positiva entre o P consumido e o P total excretado (Bravo et al., 2003). Graças à facilidade de coleta desse material, entende-se por que este tem sido um dos parâmetros mais usados para se avaliar o “status” de P dos animais (Silva Filho, 1995).

O P aparece em duas frações nas fezes: P da dieta, que não foi absorvido e o P endógeno, principalmente de origem salivar. As perdas endógenas fecais representam a forma mais importante na excreção de P nos ruminantes (Horst, 1986; Spiekers et al., 1993).

Em experimentos com ovinos, com valores de P na dieta de 0,64, 1,25 e 2,5 g/animal/dia, Lopes et al. (1986) observaram valores de P fecal de 0,66, 0,99 e 1,92 g/dia, respectivamente. Os animais que receberam os níveis mais elevados de P também tiveram maiores níveis do elemento nas fezes. Preston & Pfander (1964) já haviam observado dados semelhantes em experimentos com cordeiros, de forma que os maiores níveis de P nas fezes corresponderam também aos níveis mais elevados da dieta.

Silva Filho (1990) relatou que houve um aumento na excreção de P fecal, em função do P consumido, baseado nas quantidades de P obtidas nas fezes de novilhos, de 4,50, 6,35 e 8,05 g/dia em média, em relação aos tratamentos que consistiram de diferentes quantidades de fosfato bicálcico em níveis de 0,12%; 0,24% e 0,36% de P (com base na dieta basal), respectivamente. Esta maior excreção de P nas fezes à medida que se aumentou a suplementação deste mineral, também foi reportada por Ternouth (1989), Sanson et al. (1990), Zahari et al. (1994) e Bueno & Vitti (1999), utilizando animais ruminantes em seus experimentos.

Desse modo, o P fecal tem sido apontado como mais uma variável importante na inferência do teor de P presente na dieta. No entanto, Antunes et al. (2006), usando cordeiros Santa Inês, observaram que, ao fornecerem duas dietas, uma com três gramas de P e outra sem P suplementar, houve maior excreção de P nos animais suplementados, comparados com os não suplementados, mesmo não havendo diferença estatística para a porcentagem de P nas fezes entre os grupos.

Portilho (2003), além de confirmar a relação linear positiva entre o P consumido e o P total excretado nas fezes de ovinos Santa Inês em crescimento, constatou que os animais que não receberam P suplementar na dieta e os que receberam 1,5 g de P/animal/dia estavam deficientes, apresentando balanço negativo de P. Esta situação indica que o metabolismo de P foi mantido por reservas corporais deste elemento, cuja rota de excreção foram as fezes.

O metabolismo de P é complexo e envolve, principalmente, a mobilização deste elemento dos ossos, a secreção via saliva, a absorção no intestino e a excreção nas fezes (Hibbs & Conrad, 1983). As perdas podem variar de acordo com a quantidade de P ingerido, a qualidade da dieta e a individualidade animal. Além disso, é aventada, ainda, a possibilidade de uma competição pelo P absorvido entre o mecanismo de secreção e a necessidade de produção do animal (AFRC, 1991).

## **2.6 Fósforo no plasma**

A utilização apenas do P plasmático como método único e confiável na determinação do “status” de P, tem suas limitações. Há divergência quanto aos limites de P no plasma para indicação do estado nutricional do animal. Thompson Junior (1978) considera normal uma variação de 4,0 a 9,0 mg/100 mL,

nas concentrações de P no plasma, já Underwood (1981) relata quantidades menores, variando de 4,5 a 6,5 mg/100 mL.

O nível de P no plasma nem sempre reflete a ingestão de P pelo animal, uma vez que a manutenção dos níveis séricos dentro de valores normais pode ocorrer por meio da reabsorção do tecido ósseo. Esse nível pode também alterar-se com a idade ou com o comportamento do animal e, mesmo o estresse durante a coleta e a manipulação inadequada do sangue podem afetar a análise e seus resultados (McDowell et al., 1986).

Reis (1999), utilizando ovinos de 35 kg, alimentados com diferentes espécies forrageiras, com consumos de P de 0,33, 0,51, 0,77 e 2,07 g, não observou diferença significativa entre os tratamentos nos valores de fósforo no plasma. Há vários relatos, tanto em bovinos quanto em ovinos, de que a concentração desse elemento no sangue, no soro ou no plasma não dá uma indicação satisfatória do estado nutricional do animal o que foi reportado por Mclean & Ternouth (1994), Silva Filho (1995) e Portilho (2003). Com o uso de dietas deficientes em fósforo, valores abaixo do limite considerado normal, 4 mg/100 mL (NRC, 1985), foram observados por Schneider et al. (1985). Da mesma forma, uma relação direta entre a ingestão e a absorção de fósforo e seu teor no plasma foi verificada por Karn (1997), Abdelrahman et al. (1998) e Antunes (2006).

Portilho (2003), em experimentos com ovinos, observou que o P no plasma apresentou uma correlação positiva com o fósforo na urina e com o P na saliva, concordando com Louvandini & Vitti (1994), que também utilizaram ovinos e obtiveram correlação positiva entre o P no plasma e o P na saliva.

## 2.7 Fósforo no conteúdo ruminal

O P é nutriente essencial para os microrganismos do rúmen (Bryants et al., 1959).

Poppi & Ternouth (1979) sugeriram que os níveis de P encontrados no conteúdo ruminal raramente situam-se abaixo de 20 mg/100 mL em ovinos, mesmo quando a dieta é deficiente em P. Este fato também foi observado por outros autores (Preston & Pfander, 1964). Witt & Owens (1983) consideram que níveis de P ruminal abaixo de 20 mg/100 mL são inadequados para manter o estoque de P de um ruminante adulto. Segundo Georgievskii (1982), são geralmente encontrados no rúmen em condições normais, níveis de P de 30 a 40 mg/100 mL. Evans & Davis (1966) e Witt & Owens (1983) relataram concentrações maiores de P no rúmen e retículo, de 20 a 60 mg/100 mL.

Novilhas mantidas em dietas com baixo nível de P (0,12%) ou com nível adequado do elemento (0,20%) (Willians et al., 1991) apresentaram grande variação no teor de P no rúmen. Os animais mantidos na dieta deficiente apresentaram níveis de P de 6,16 a 41,3 mg/100 mL, enquanto o grupo mantido em dieta adequada apresentou valores de 10,4 a 52,6 mg/100 mL.

Os níveis de P inorgânico no rúmen, observados por Vitti et al., (1988), em bovinos mantidos em dieta exclusiva de volumoso ou recebendo 35 g de fosfato bicálcico na dieta, foram 23 e 31,5 mg/100 mL, respectivamente. Silva Filho (1995), usando carneiros por um período de 84 dias, observou, na primeira fase, em que o fornecimento de P foi zero para todos os animais, que os valores variaram de 37,2 a 67,9 mg/100 mL. De acordo com Ternouth (1990), a elevação de P na dieta reflete positivamente nos níveis do mineral na saliva e, conseqüentemente, no rúmen. Isso foi observado na segunda fase de coleta, quando se forneceu 0, 1, 2 ou 3 g de P/animal/dia, com valores variando de 39,4

a 81,7 mg/100 mL, Apesar de não ter havido diferença significativa entre os tratamentos, houve uma elevação dos níveis de P (Silva Filho, 1995).

Apesar dessas variações observadas, Clark (1973) afirma que a alta concentração de P solúvel pode ser mantida no rúmen, independente da dieta, pois os ruminantes secretam grande quantidade de saliva para dentro do rúmen, mais que 100 L/dia em bovinos e 10 L/dia em ovinos. O P no rúmen está, na sua maior parte, na forma inorgânica e é oriundo, principalmente, da hidrólise de compostos orgânicos e da saliva (Georgievskii, 1982).

Tem sido observada, por vários autores, uma correlação positiva entre o teor de P no plasma e no fluido do rúmen. Eles também acreditam poder haver passagem do mineral do plasma para o rúmen e vice-versa (Parthasarathy et al., 1952; Tomas et al., 1967; Vitti et al., 1988). Porém, a secreção de P através das paredes dos compartimentos do estômago dos ruminantes tem sido motivo de controvérsia. A maioria dos trabalhos (Stevenson & Unsworth, 1978; Poppi & Ternouth, 1979; Scott & Buchan, 1987) demonstrou não haver absorção significativa de P através das paredes destes compartimentos.

A tentativa de utilizar o teor de P no rúmen para se estimar o “status” de P nos animais nem sempre foi bem sucedida, pois as dificuldades residem em se obter amostras significativas devido à grande movimentação de fluidos no rúmen, bem como no monitoramento dos hormônios que regulam a secreção salivar (TERNOUTH, 1990).

## 2.8 Fósforo na urina

Nos ruminantes, a excreção de P pela urina representa quantidade insignificante, o que tem sido confirmado por vários autores (Thompson Junior, 1978; Braithwaite, 1985; Ternouth & Sevilla, 1990), que relatam que os rins possuem a habilidade de reter fosfatos. Menos de 1% do P é perdido pela via urinária, sendo, geralmente, esses valores considerados desprezíveis. Entretanto, considerável variação da excreção de P pela urina pode ser observada entre animais (Manston & Vagg, 1970). Field et al. (1974) relataram que a excreção de fósforo na urina teve coeficientes de variação maiores que 100%.

Reis et al. (1999), fornecendo 0,33, 0,51, 0,77 e 2,07 gramas de P para ovinos, observaram que a maior eliminação de P na urina ocorreu em animais consumindo 0,77 g de P e a menor, naqueles consumindo 0,51 g de P. Tomando-se a média geral do experimento, a excreção urinária correspondeu a 3,5% do total de P consumido. Observou-se elevada variação individual ilustrada pelo alto coeficiente de variação (128,34%). Variações individuais na excreção de P pela urina também foram observadas por Scott et al. (1985), evidenciando que os rins representaram muito pouco em relação ao controle homeostático do P.

Powell et al. (1978) também verificaram baixa eliminação de P na urina, representando 0,8% do P total ingerido, que foi semelhante a de outros trabalhos com ovinos alimentados com forragens (Grace et al., 1974). De maneira geral, não se leva em consideração a excreção urinária de P nos cálculos de retenção desse mineral, quando as dietas são constituídas somente de forragens, devido aos baixos valores normalmente obtidos (Stillings et al., 1964).

Segundo Challa et al. (1989), as perdas urinárias de P, normalmente, não estão relacionadas com a ingestão de P, mas estão associadas ao maior valor da eficiência de absorção, e destacando que as glândulas salivares controlam de forma eficiente o P plasmático.

Salviano (1996) verificou que ovinos que consumiram, em média, 3,0 g de P excretaram na urina valores médios menores que 0,30 mg/kg de PV.

Queiroz et al (2000), utilizando tratamentos nos quais os animais consumiram 0,12%; 0,21%; e 0,29% de P, observaram que as quantidades diárias de P excretadas na urina foram de 3,70; 5,81; e 5,50 mg/kg PV/dia, respectivamente. Estes valores de P na urina correspondem, em média, a 9,03%; 8,93%; e 6,29% do P consumido, os quais estão bem acima dos encontrados por Salviano (1996). Vitti et al. (2000), fornecendo 10 g de P para bovinos utilizando diferentes fontes de suplemento, observaram que, com relação à urina, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos, sendo, inclusive, mínimo o valor de P excretado em todas as dietas. Portilho (2003), fornecendo dietas com 0, 1,5, 3,0 e 4,5 g de P para cordeiros, obteve valores de P excretado de 0,15, 0,18, 0,34, 0,21 mg/kg PV/dia, representando menos de 1% do fósforo consumido.

Não há correlação entre P excretado na urina e P absorvido, retido e total excretado, segundo Louvandini (1995) e Vitti (2000).

## **2.9 O fósforo excretado no meio ambiente e estratégias nutricionais para reduzir sua perda**

A poluição ambiental é definida como a contaminação por substâncias tóxicas produzidas pelo homem, produção animal e outros organismos (Williams, 1995). O P é, atualmente, um dos nutrientes mais poluentes do ambiente, principalmente em criações intensivas e limitadas a pequenos espaços (Tamminga, 2003).

A produção intensiva comercial de carne no Brasil na última década veio acompanhada da alta produção de dejetos e sua excreção no meio ambiente (Govindasamy & Cochran, 1995). Smith & Alexandre (2000) estimaram que a



contribuição de P por parte da produção animal varia de 7% a 48% nas bacias hidrográficas.

Lima (1999) relata que o P excretado por estes animais e proveniente de três vias, o P da dieta que estava na forma inorgânica e não foi absorvido, o P endógeno proveniente do metabolismo e lise celular e o P do ácido fítico que não foi disponibilizado no trato gastrointestinal. Dessa forma, todos esses resíduos são excretados pelas fezes e podem contaminar os meios aquáticos pela lixiviação. No meio ambiente, o P, que estava na forma de fitato, é disponibilizado pela microbiota presente no solo. Assim, o mesmo pode contaminar meios aquáticos e causar o crescimento exacerbado de algas, nesse processo conhecido como eutrofização dos meios aquáticos. Isto provoca um alto crescimento de matéria orgânica que, ao sofrer degradação, provoca um grande aumento na demanda bioquímica de oxigênio (DBO), que será necessária para oxidar toda matéria presente na água, causando alterações no meio como, por exemplo, a morte de peixes (Sharpley et al., 1994; Graentz & Nair, 1995; Powell et al., 2002b).

De acordo com Burkholder & Glasgow Jr. (1997) e Matuszack et al. (1997), a alta concentração de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, encontrada na água de superfície do leste dos Estados Unidos, causou a proliferação de algas, *Pfiesteria piscicida*, que foi associada como a causadora dos problemas neurológicos e câncer estomacal em humanos que consumiram, de alguma forma, a água.

O principal ponto de partida para a redução da excreção de nutrientes é a manipulação da dieta (Cast, 2002). Um dos primeiros aspectos que deve ser abordado para contribuir para a solução do problema de poluição por P, refere-se à disponibilidade biológica do elemento e aos cálculos das exigências nutricionais. As dificuldades em calcular as exigências nutricionais residem na

grande variedade de fontes, com diferentes conteúdos de P e diferentes disponibilidades (Jones & Ward, 1979).

O P consumido é, em parte, excretado e a porção não excretada é aquela denominada disponível. Como o metabolismo de P e a excreção fecal são dependentes do consumo do mineral, o modo mais fácil de reduzir a excreção é controlar a ingestão (Ternouth, 1990).

Estudos têm mostrado que os criadores de gado de leite têm fornecido P em excesso aos animais (Knowlton et al., 2004) e, recentemente, pesquisas têm sido direcionadas para reduzir as perdas de P pelas aves, suínos e ruminantes.

A excreção de P, quando em excesso, pode causar excessiva acumulação do P nos solos que foram adubados com esterco, aumentando o potencial de perda de P para as águas. A acumulação de P nos solos depende de vários fatores, entre eles, da densidade dos rebanhos, do tipo e categoria animal, das práticas de alimentação, da rotação de culturas e da deposição de P em uma área específica (Poulsen et al., 2004).

De acordo com Kornegay & Versten (2001), o P tem sido fornecido de 10% a 55% a mais do que as exigências para as diferentes espécies animais. A razão para o fornecimento de alto nível de P é garantir que os animais, em alta produção, não venham a sofrer deficiência deste elemento.

Decréscimo de 20% do P dietético poderia ser conseguido sem afetar o desempenho dos animais e isto levaria à redução de 25%-30% do P presente nas fezes (Wu et al., 2000; Wu, 2003).

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Local e período**

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, Lavras, região Sul do estado de Minas Gerais. O ensaio foi dividido em duas etapas, sendo cada período experimental constituído de 35 dias, com 14 dias de período pré-experimental para adaptação dos animais às gaiolas e às dietas.

### **3.2 Animais e Instalações**

Foram utilizados 18 cordeiros da raça Santa Inês, machos inteiros, com média de peso de  $27,18 \pm 1,56$  kg e de 4,5 a 5,5 meses de idade.

Os animais foram alojados, individualmente, em gaiolas de metabolismo, com coletores providos de telas de arame para a separação de fezes e urina e equipadas com cochos para alimento e água, sob um galpão de alvenaria. Os animais foram protegidos de ventos e chuvas.

Os animais foram identificados individualmente com brincos numerados e vermifugados. Para o controle parasitário, foi feita contagem de ovos por grama de fezes, no setor de doenças parasitárias do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Lavras, procedendo-se a vermifugação dos animais. Foram feitas pesagens dos animais no início e término do ensaio, sempre antes da alimentação.

### 3.3 Tratamentos

Os tratamentos da subparcela foram constituídos pelas três semanas de coletas.

Os tratamentos da parcela foram constituídos de uma dieta basal balanceada para atender às exigências nutricionais de proteína e energia metabolizável, estimadas a partir das equações do AFRC (1993), sendo as mesmas isocalóricas e isotróficas, variando apenas os níveis de P. A ração foi balanceada de forma a possibilitar um rápido crescimento dos animais, com consumo *ad libitum*. No primeiro tratamento (T1), a quantidade de P fornecida foi de 1,9 g/dia, representando 25% menos em relação à porcentagem total de P recomendada pelo NRC (1985). No segundo tratamento (T2), a quantidade total de P foi de 2,6 g/dia, sendo a recomendada pelo referido órgão e, no terceiro tratamento (T3), a quantidade total de P fornecida (3,3 g/dia) foi 25% a mais que o recomendado pelo NRC (1985).

A dieta experimental foi composta por 600 g de feno de capim coast-cross (*Cynodon dactylon*) picado, 40 g de farelo de soja (*Glycine Max L.*), 375 g milho moído (*Zea Mays L.*), 300 g de polpa cítrica, 7 g de uréia, 10 g de mistura mineral e 500 UI/animal/dia de vitamina D. A relação Ca:P, em todos os tratamentos, foi mantida igual (3,23:1), com a utilização do calcário calcítico.

A quantidade de ração fornecida permitiu sobra de 20% do total oferecido.

A análise química foi realizada segundo metodologia descrita por Silva (1990), no Laboratório de Pesquisa Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA.

A composição química dos ingredientes da dieta com base na matéria seca é apresentada na Tabela 1, a composição percentual dos ingredientes das dietas com base na matéria seca, na Tabela 2 e a composição bromatológica das dietas experimentais, na Tabela 3.

**TABELA 1. Composição química dos ingredientes da dieta com base na matéria seca**

Alimentos	MS (%)	NDT <sup>2</sup> (%)	PB* (%)	EE* (%)	FDN* (%)	Cinzas* (%)	Ca* (%)	P* (%)
Feno	86,0	40,0	6,2	2,1	81,0	7,6	0,32	0,14
Milho	86,0	88,7	10,6	4,4	12,0	1,7	0,08	0,25
Polpa cítrica	86,5	79,8	8,2	4,8	26,0	6,9	2,20	0,11
Farelo de soja	88,0	84,0	50,1	4,1	15,0	7,3	0,39	0,65
Uréia	99,0	0,0	281,0**	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
Calcário calcítico	99,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	34,0	0,0
Fosfato bicálcico	97,4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	20,0	18,85
Mistura mineral <sup>1</sup>	99,7	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,00

\* em 100 % de matéria seca

\*\* Equivalente protéico

<sup>1</sup>CuSO<sub>4</sub> (0,09 g); CoSO<sub>4</sub> (0,0008 g); MnSO<sub>4</sub> (0,148 g); KI (0,009 g); ZnSO<sub>4</sub> (0,32 g) FeSO<sub>4</sub> (0,457 g); NaCl 3,4 g; MgO (1,61 g); S (4,0 g) e Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> (0,001)

<sup>2</sup>NRC (1985)

**TABELA 2. Composição percentual dos ingredientes das dietas com base na matéria seca**

Alimentos	Dietas		
	T1	T2	T3
Feno	44,98	44,61	44,17
Milho	28,12	27,88	27,61
Polpa cítrica	22,62	22,43	22,21
Farelo de soja	3,07	3,04	3,01
Uréia	0,60	0,60	0,60
Calcário calcítico	0,00	0,46	0,98
Fosfato bicálcico	0,00	0,38	0,82
Mistural mineral	0,61	0,60	0,60
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

**TABELA 3. Composição bromatológica das dietas experimentais.**

Componentes	Tratamentos			
	Feno	T1	T2	T3
Matéria seca (%)	86,00	86,57	86,74	86,92
Nutrientes digestíveis totais (%)*	40,00	82,82	81,50	80,07
Proteína bruta (%)	6,20	14,67	14,43	14,18
Extrato etéreo (%)	2,10	4,45	4,38	4,30
FDN (%)	81,00	17,66	17,38	17,07
Cinzas (%)	7,60	5,22	6,73	8,37
Cálcio (%)	0,32	0,97	1,36	1,82
Fósforo (%)	0,14	0,21	0,39	0,53

\*NRC (1985)

### **3.4 Coletas e análises**

#### **3.4.1 Determinação do consumo**

O consumo total de matéria seca foi determinado por meio da pesagem diária do alimento fornecido e da sobra de alimento. Porém, as amostras para a determinação de P foram coletadas somente por um período de quatro dias, dentro de cada uma das três semanas, tendo estas coletas sido feitas pela manhã, após os 14 dias de adaptação. As rações foram fornecidas, em duas porções diárias, as 8 e às 16 horas. No final, foram feitas amostras compostas (10% do total) de cada animal para cada semana.

#### **3.4.2 Determinação de P**

As amostras das dietas, bem como das sobras, foram pesadas e moídas para análise. Cerca de 5 g de cada amostra moída foram colocados em cadinhos de porcelana, para a obtenção do teor de matéria seca. Em seguida foram incineradas a 550°C, obtendo-se as cinzas, que foram dissolvidas em ácido clorídrico. Após, os extratos foram filtrados em papel de filtro e transferidos para balões volumétricos de 100 mL, sendo os volumes finais completados com água destilada. A determinação de P foi feita por colorimetria, pelo método vanadato-molibdato (Sarruge & Haag, 1974).

### **3.4.3 Determinação de P inorgânico no plasma**

As amostras de sangue foram coletadas na jugular de cada animal, (aproximadamente 5 mL), em tubos contendo heparina. Em seguida foram centrifugadas (3.000 rpm por 15 minutos) para a separação do plasma, que foi mantido congelado até a análise. Para a determinação de P, 0,5 mL de plasma foram misturados com 4,5 mL de ácido tricloroacético a 10%, para precipitação da proteína. Após 10 minutos, o material foi centrifugado a 3.000 rpm, por 15 minutos e o teor de fósforo inorgânico determinado, segundo Fiske & Subbarrow (1925).

### **3.4.4 Determinação de P inorgânico nas fezes e na urina**

Das fezes coletadas no período de quatro dias de cada semana foram feitas amostras compostas de cada animal para cada período e colocadas em bandejas, as quais foram pesadas e colocadas em estufa a 55°C com ventilação forçada por 72 horas. As amostras foram moídas em peneira de 1mm e colocadas em estufa por 12 horas para a obtenção da matéria seca a 105°C. Para as determinações de P, foram usados 5 g de cada amostra, que foram colocadas em cadinhos de porcelana, incineradas a 550°C e dissolvidas com HCl concentrado. Em seguida, elas foram filtradas em papel de filtro e transferidas para balões volumétricos de 100 mL, onde os volumes foram completados com água destilada. A determinação de P foi feita por colorimetria, pelo método vanadato-molibdato (Sarruge & Haag, 1974).

As determinações de P nas amostras de urina foram feitas conforme metodologia de Fiske & Subbarrow (1925).



### **3.4.5 Determinação de P inorgânico na saliva**

Amostras de saliva foram coletadas com o auxílio de uma pinça modelo “dente de rato” e pequenos pedaços de esponja plástica, diretamente na boca dos animais. As amostras foram congeladas para a posterior determinação de P, por colorimetria (Fiske & Subbarrow, 1925).

### **3.4.6 Determinação de P inorgânico no conteúdo ruminal**

Cerca de 20 mL de conteúdo ruminal de cada animal foram coletados, ao final de cada uma das três semanas, com auxílio de sonda esofagiana de um cm de diâmetro. O conteúdo ruminal foi aspirado com uma seringa de 50 ml, filtrado com gaze, diluído 1:10 com água destilada e centrifugado (3.000 rpm por 15 minutos). Em seguida 0,5 mL do sobrenadante foi misturado com 4,5 mL de ácido tricloroacético a 10% para a precipitação das proteínas e o teor de P inorgânico foi determinado por colorimetria (Fiske & Subbarrow, 1925).

### **3.4.7 Delineamento experimental e análise estatística**

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, sendo os blocos constituídos pelo peso vivo (animais leves, medianos e pesados) dentro dos dois períodos (períodos um e dois) de 35 dias cada, de realização do experimento. Os tratamentos foram distribuídos em um esquema em parcelas subdivididas, tendo os níveis de P como os tratamentos da parcela e as semanas como os tratamentos da subparcela considerada como medida repetida no tempo. A unidade experimental foi o animal, com seis repetições por tratamentos, conforme modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + P_j + e_{ij} + T_k + PT_{jk} + e_{i(jk)}$$

sendo:

$Y_{ijk}$  = valor observado na amostra que recebeu o nível de fósforo  $j$ , na semana  $k$ , no bloco  $i$ ;

$\mu$  = média geral do experimento;

$B_i$  = efeito do bloco  $i$ , sendo  $i = 1, 2, 3, 4, 5$  e  $6$  ;

$P_j$  = efeito do nível de fósforo  $j$ , sendo  $j = 1, 2$  e  $3$  ;

$e_{ij}$  = erro experimental associado à parcela que recebeu o nível de fósforo  $j$ , no bloco  $i$ , com distribuição normal de média zero e variância  $\sigma^2$ ;

$T_k$  = efeito da semana  $k$ , sendo  $k = 1, 2$  e  $3$ ;

$PT_{jk}$  = efeito da interação do nível de fósforo  $j$ , com a semana  $k$ ;

$e_{i(jk)}$  = erro experimental associado à subparcela que recebeu o nível  $j$  de fósforo na semana  $k$  no bloco  $i$ , com distribuição normal de média zero e variância  $\sigma^2$

Os valores dos consumos de matéria seca, do consumo total de P, dos níveis de P no plasma, no conteúdo ruminal, na saliva, nas fezes e na urina e o peso vivo foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas, pelo teste de Tukey, pelo programa estatístico Sistema de Análise de Variância (SISVAR) (Ferreira, 2000).

Foram feitas correlações de Pearson entre as variáveis citadas acima, utilizando o programa Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG) (UFV, 1993).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados médios obtidos nos diferentes níveis de P referentes ao peso vivo, P consumido, matéria seca consumida, P no plasma, saliva e conteúdo ruminal e o total de P excretado nas fezes e na urina dos animais são apresentados na Tabela 4. As correlações dos parâmetros analisados são apresentadas na Tabela 5.

TABELA 4. Peso vivo e parâmetros relacionados ao metabolismo de P em cordeiros alimentados com diferentes níveis desse mineral na dieta (médias\*  $\pm$  desvio padrão).

Parâmetros avaliados	Tratamentos			
	T1	T2	T3	P>F
Peso Vivo (kg)	26,55 $\pm$ 1,44	27,52 $\pm$ 1,47	27,47 $\pm$ 4,96	P>0,05
P consumido (mg/kg PV)	70,33 $\pm$ 3,43C	92,38 $\pm$ 6,06 B	117,67 $\pm$ 25,52 A	P<0,01
P consumido (g/dia)	1,87 $\pm$ 0,12 C	2,54 $\pm$ 0,21 B	3,24 $\pm$ 0,73 A	P<0,01
Consumo(MS) (g/kg PV)	34,26 $\pm$ 3,34	34,15 $\pm$ 3,32	33,15 $\pm$ 6,26	P>0,05
P plasma (mg/100 mL)	5,99 $\pm$ 0,76 B	7,29 $\pm$ 0,62 A	7,58 $\pm$ 1,50 A	P<0,01
P saliva (mg/100 mL)	42,91 $\pm$ 3,79 B	62,82 $\pm$ 3,10 A	69,78 $\pm$ 15,89 A	P<0,01
P conteúdo ruminal (mg/100 mL)	48,64 $\pm$ 4,62 C	70,48 $\pm$ 5,44 B	75,41 $\pm$ 16,50 A	P<0,01
P excretado nas fezes (mg/kgPV)	47,87 $\pm$ 3,03 C	61,60 $\pm$ 5,09 B	80,02 $\pm$ 17,43 A	P<0,01
P excretado nas fezes (g/dia)	1,27 $\pm$ 0,12 C	1,69 $\pm$ 0,16 B	2,20 $\pm$ 0,49 A	P<0,01
P excretado na Urina (mg/kgPV)	0,19 $\pm$ 0,10B	0,24 $\pm$ 0,09AB	0,31 $\pm$ 0,11 A	P<0,05

\* Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística, pelo teste de Tukey.

TABELA 5. Coeficientes de correlação e nível de significância para análise de correlação entre as variáveis estudadas.

	P-CONS	P-PLAS	P-SAL	P-FEZ	CMS	P-CRUM	P-URI
P-CONS	1	0,64**	0,86**	0,92**	-0,11 <sup>NS</sup>	0,82**	0,37**
P-PLAS		1	0,73**	0,56**	0,25*	0,67**	0,39**
P-SAL			1	0,79**	0,00 <sup>NS</sup>	0,87**	0,34**
P-FEZ				1	-0,04 <sup>NS</sup>	0,76**	0,32**
CMS					1	-0,17 <sup>NS</sup>	-0,01 <sup>NS</sup>
P-CRUM						1	0,44**
P-URI							1

**P-CONS:** fósforo consumido; **P-PLAS:** fósforo no plasma; **P-SAL:** fósforo na saliva; **P-FEZ:** fósforo nas fezes; **CMS:** consumo de matéria seca; **P-CRUM:** fósforo no conteúdo ruminal; **P-URI:** fósforo na urina

\*\* significativo, a 1% (P<0,01)

\*significativo, a 5% (P<0,05)

<sup>NS</sup> não significativos

#### 4.1 Consumo de fósforo e matéria seca

As quantidades médias de ingestão de P foram de 1,87; 2,54 e 3,24 g/dia, nos tratamentos T1, T2 e T3, respectivamente. Para cordeiros de 27 kg, com ganho de 150 gramas diário, as quantidades ingeridas no T1 estão acima das recomendadas por Gerassev (1998), de 1,49 g/dia; por Baião (2003), 1,56 g/dia e pelo ARC (1980), de 1,58 g/dia. Já as quantidades de P do T2 estão bem próximas ao recomendado pelo NRC (1985) (2,7 g/dia) e as quantidades de P do T3 estão próximas da recomendada pelo AFRC (1991) ( 3,3 g/dia), porém, abaixo da recomendada por Gonzaga Neto (2003) (3,72 g/dia). Os níveis de ingestão de P no presente trabalho foram estatisticamente diferentes entre os tratamentos (P<0,01; Tabela 4), o que já era esperado, por se tratarem de níveis crescentes de ingestão de P.

Houve diferença do consumo de P no decorrer das semanas ( $P < 0,05$ ; Tabela 6) no T2, sendo a ingestão de P na 1ª semana inferior à da 3ª semana. O consumo de MS não diferiu ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos, concordando com Challa et al. (1989), Salviano (1996) e Bueno & Vitti (1999), que observaram consumos constantes de MS nas dietas com diferentes níveis de P.

**TABELA 6.** Consumo e de fósforo nos tratamentos, em função das semanas (g/dia)

NÍVEIS DE P	Tempo		
	Semana 1	Semana 2	Semana 3
(T1)	1,80	1,86	1,92
(T2)	2,38 B	2,50 AB	2,73 A
(T3)	3,05	3,23	3,42
Média	2,41	2,53	2,69

Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas na linha diferem pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ )

Há relatos com vacas de leite mostrando não haver interferência da concentração de P na dieta sobre o consumo de MS, a não ser que haja severa deficiência desse mineral na dieta (Wu & Satter, 2000). A deficiência de P na dieta de ovinos reduz o consumo de MS, devido à redução da atividade microbiana no rúmen, que é responsável pela degradação do alimento (Milton & Ternouth, 1985; Ternouth, 1990). Não foi observada, neste trabalho, esta interferência, pois não se trabalhou com dietas deficientes em P, mas apenas com uma redução de 25% nos níveis recomendado pelo NRC (1985), o que não foi suficiente para gerar um quadro de deficiência.

## 4.2 Fósforo no plasma

As médias das concentrações de P encontradas no plasma foram de  $5,99 \pm 0,76$ ;  $7,29 \pm 0,62$  e  $7,58 \pm 1,50$  mg/100 mL, (Tabela 4), respectivamente, nos tratamentos T1, T2 e T3, Tendo o T1 diferido ( $P < 0,01$ ) do T2 e do T3. Porém, mesmo sendo menores, as quantidades de P observadas no T1 estão dentro da faixa de 4 a 9 mg/100 mL, considerada por Thompson Junior (1978), Underwood (1981) e NRC (1985) como sendo normal, não caracterizando deficiência de P.

Silva Filho (1995) relata que, em ovinos ingerindo no mínimo 2,0 g de P por dia, os níveis do mineral no plasma mantiveram-se estáveis, com valor médio de  $4,28 \pm 0,89$  mg/100 mL. No presente trabalho, os níveis de P se tornaram estáveis a partir de uma ingestão de 2,5 g/dia, contudo, os níveis de P plasmáticos foram superiores, se comparados ao observado por aqueles autores ( $7,29$  Vs  $4,28$  mg/100 mL), refletindo, portanto, a ingestão de P.

Autores como Karn (1997), Abdelrahman (1998) e Antunes et al. (2006) observaram correlações positivas entre níveis de ingestão de P e níveis de P sérico. No presente trabalho também se observou uma correlação positiva, ( $r = 0,64$ ;  $P < 0,01$ ; Figura 1), entre o P consumido e o P no plasma. Porém, correlações entre ambos foram contestadas por outros autores (Silva Filho, 1995; Reis, 1999; Portilho, 2003), os quais alegam que a homeostase do P é mantida por mecanismos que se ajustam às condições fisiológicas do animal, o que tem provocado contradições, quando se relacionam P no plasma com P consumido. Além disso, os níveis de P no plasma podem se alterar com a idade, com o comportamento do animal e, mesmo, com o estresse durante a coleta e a manipulação inadequada das amostras (McDowell et al., 1986).

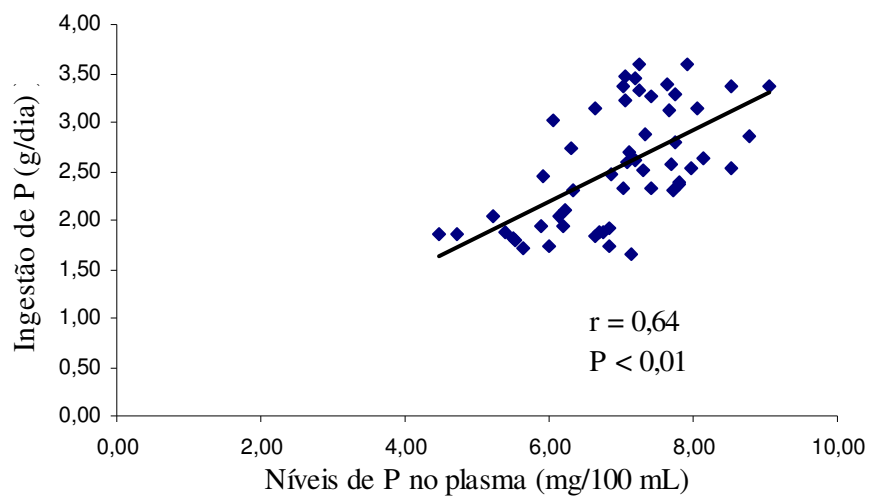


FIGURA 1. Correlação entre o fósforo Ingerido e o fósforo no plasma.

P no plasma apresentou também correlação positiva com o P na saliva ( $r = 0,73$ ;  $P < 0,01$ ; Figura 2), o que reforça os dados de Louvandini & Vitti (1994), ( $r = 0,54$ ;  $P < 0,01$ ) e Portilho (2003) ( $r = 0,65$ ,  $P < 0,05$ ), que observaram correlações positivas. Esses resultados se devem ao ciclo do fósforo que, quando absorvido, é distribuído no organismo pelo plasma e retorna ao rúmen pela secreção salivar, a qual desempenha importantes funções como fornecimento de P para as bactérias do rúmen, manutenção do pH ruminal por meio de sua ação tampão e excreção do excesso de P absorvido.

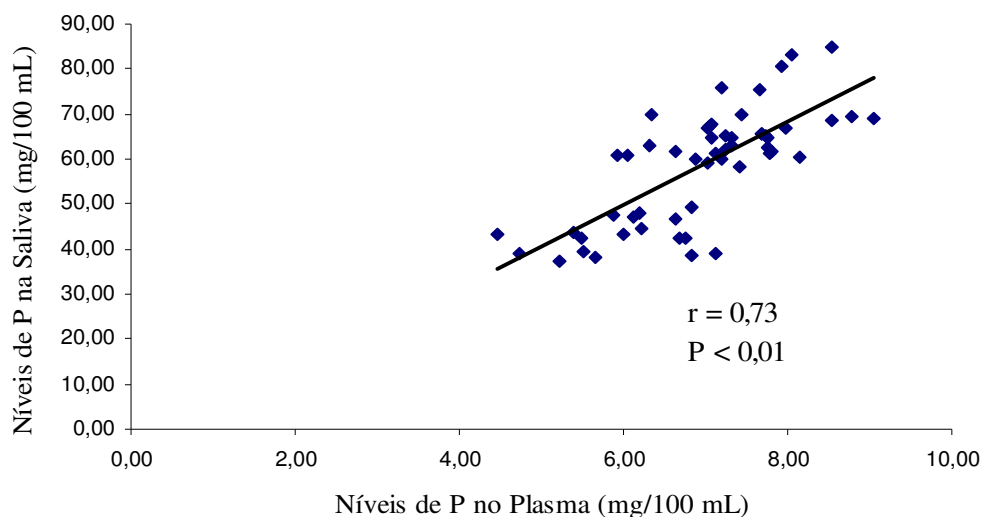


FIGURA 2. Correlação entre o fósforo no plasma e o fósforo na saliva.

Antunes (2006), utilizando cordeiros Santa Inês com peso médio de 14 kg, submetidos a dois tratamentos, com suplementação de 3 g de P/dia, ou sem suplementação, observaram que o nível P no plasma não diferiu entre os animais dos tratamentos, na primeira coleta realizada aos oito dias. No entanto, na segunda coleta, realizada com 28 dias, o grupo suplementado apresentou P plasmático superior ( $P < 0,01$ ) em relação ao grupo não suplementado. Os autores atribuem a ausência de diferença na primeira coleta ao curto período de exposição à dieta. No presente trabalho, também não houve diferença (Tabela 4) no P plasmático, em função dos níveis de P das dietas ao longo do tempo.

Devido à grande variação do teor de P no plasma, não se recomenda avaliar o estado nutricional de P dos animais utilizando esta variável de maneira exclusiva (Louvandini & Vitti, 1996 e Willians et al., 1991), o que é reforçado com os dados obtidos neste trabalho.



### 4.3 Fósforo na saliva

Para as quantidades de 1,87; 2,54 e 3,23 g de P ingerido foram observados valores médios de P salivar de 42,91; 62,82 e 69,78 mg/100 mL (Tabela 4), nos tratamentos T1, T2 e T3, respectivamente ( $P < 0,01$ ).

Bueno & Vitti (1999), trabalhando com caprinos que receberam dietas com 0, 1 e 2 g de P, observaram que as concentrações de P na saliva foram de 80,20; 83,99 e 89,39 mg/100 mL, respectivamente. Os teores de P nas amostras de saliva dos animais que ingeriram a dieta no T1 diferiram ( $P < 0,01$ ) dos tratamentos T2 e T3 (Tabela 4), porém, situaram-se na faixa de 20 a 60 mg de P/100 mL, também relatada por Bailey & Balch (1961) e Thompson Junior (1978).

Louvandini & Vitti (1994) observaram, em ovinos, que houve estabilização nos valores de P salivar com consumo de P acima de 100 mg/kg de PV/dia. Os consumos médios de P no presente trabalho, nos tratamentos T2 e T3, foram de 92,38 e 117,67 mg/kg de PV, respectivamente. Apesar de os animais do T2 não terem um nível de ingestão de 100 mg/kg de PV/dia, este esteve bem próximo, o que, provavelmente, foi suficiente para manter os níveis na saliva, indicando possível estabilização (Figura 3). Talvez, após certa dose de ingestão, os valores estabilizassem e ficassem muito próximos, o que é corroborado pela falta de diferença entre o T2 e o T3.

Foi observada alta correlação entre o P ingerido e o P na saliva ( $r = 0,86$ ;  $P < 0,01$ ; Tabela 5). Houve também alta correlação entre P na saliva e P no plasma ( $r = 0,73$ ;  $P < 0,01$ ; FIGURA 2), mostrando que alta ingestão de P promove maior absorção (Rosol & Capen, 1997), ocorrendo, conseqüentemente, aumento nas concentrações plasmáticas, o que resulta em maiores concentrações de P na saliva, o que contribui para a homeostase de P no organismo (Tomas & Somers, 1974).

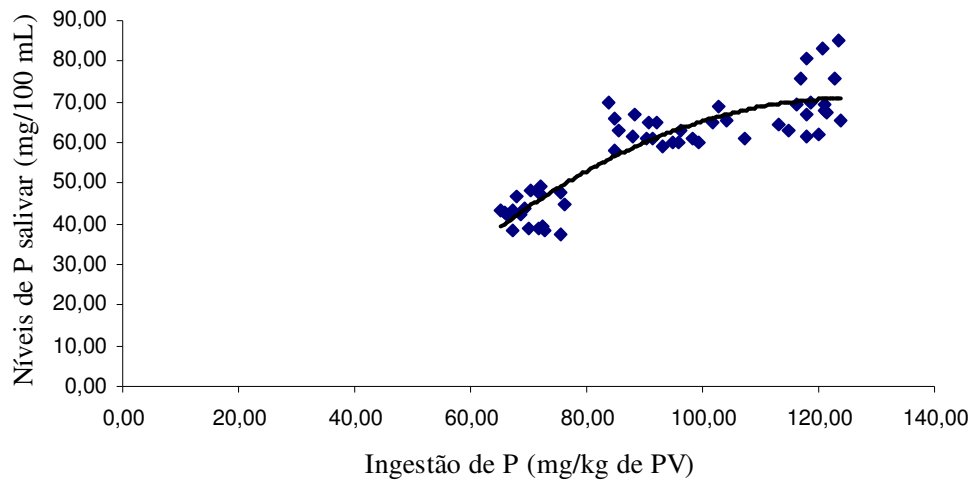


FIGURA 3. Correlação entre fósforo ingerido e fósforo na saliva.

Os animais do tratamento T1 que ingeriram 25% menos de P que o recomendado pelo NRC (1985) (1,87 g/dia) mantiveram níveis adequados de P na saliva (42,91 mg/100 mL), o que pode indicar que a necessidade dos animais seja realmente menor.

#### 4.4 Fósforo no conteúdo ruminal

Os níveis de P encontrados no conteúdo ruminal dos animais nos tratamentos T1, T2 e T3 foram de  $48,64 \pm 4,62$ ;  $70,48 \pm 5,44$  e  $75,41 \pm 16,50$  mg/100 mL, respectivamente (Tabela 4), com diferença estatística entre os diferentes níveis de ingestão de P. Esses valores são concordantes com os encontrados por Silva Filho (1995), também com ovinos, por um período de 84 dias, divididos em duas fases. Na primeira fase, os animais não receberam P na dieta e os valores de P no conteúdo ruminal variaram de 37,22 a 67,89 mg/100

mL. Na segunda fase, quando foram fornecidos 0, 1, 2 e 3 g de P, os seus valores no conteúdo ruminal variaram de 39,36 a 81,68 mg/100 mL. Apesar de o autor não ter achado diferença entre os tratamentos, houve aumento nos valores de P no rúmen à medida em que se suplementou P nas dietas.

Os níveis de P encontrados no conteúdo ruminal, na menor ingestão de P (1,87 g/dia) foram, em média, de  $48,64 \pm 4,62$  mg/100 mL, que se situaram dentro da faixa de 20 a 60mg/100 mL, considerada normal por Evans & Davis (1966) e Witt & Owens (1983) para um bom desenvolvimento dos microrganismos do rúmen, para os quais o P é um nutriente limitante (Bryants et al., 1959).

Foi observada uma correlação positiva entre P ingerido e P no conteúdo ruminal ( $r = 0,82$ ;  $P < 0,01$ ; Figura 4), ou seja, à medida em que aumentou a ingestão de P, aumentou também a quantidade deste mineral no conteúdo ruminal. Observou-se também correlação positiva entre o P no conteúdo ruminal e o salivar ( $r = 0,87$ ;  $P < 0,01$ ; Figura 5) e entre o P no conteúdo ruminal e P no plasma ( $r = 0,67$ ;  $P < 0,01$ ; Tabela 5). Esta última observação concorda com vários autores (Parthasarathy et al., 1952; Tomas et al., 1967; Vitti et al., 1988). Estas correlações podem ser devido ao fato de os ruminantes secretarem dentro do rúmen grandes quantidades de saliva, a qual supre, em grande parte, as necessidades de P dos microrganismos (Scott & Buchan, 1988). A saliva, além de desenvolver papel importante na manutenção da homeostase de P em ruminantes (Tomas & Somers, 1974), representa 80% da secreção endógena deste mineral (AFRC, 1991), a qual perfaz boa parte do total de P excretado nas fezes e que é regulada, principalmente, pela sua concentração no plasma (Scott et al., 1985 e Ternouth, 1989).

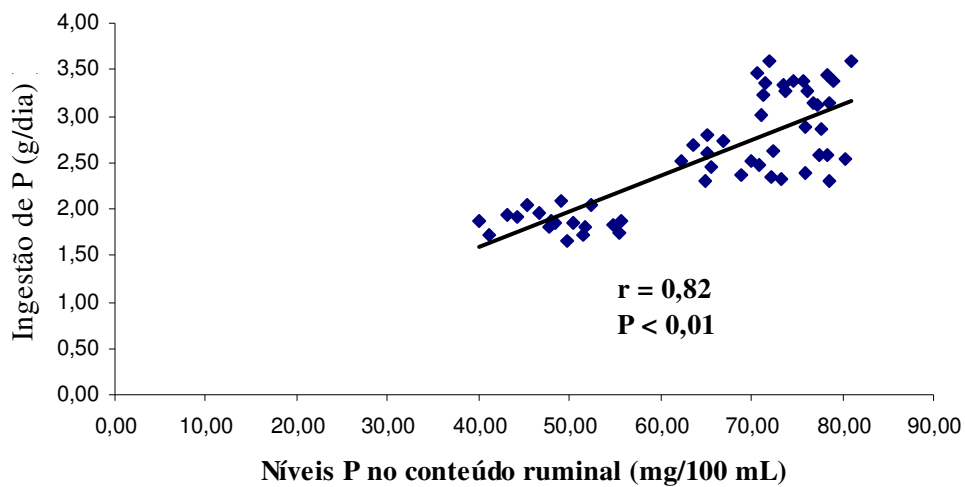


FIGURA 4. Correlação entre fósforo ingerido e fósforo no conteúdo ruminal.

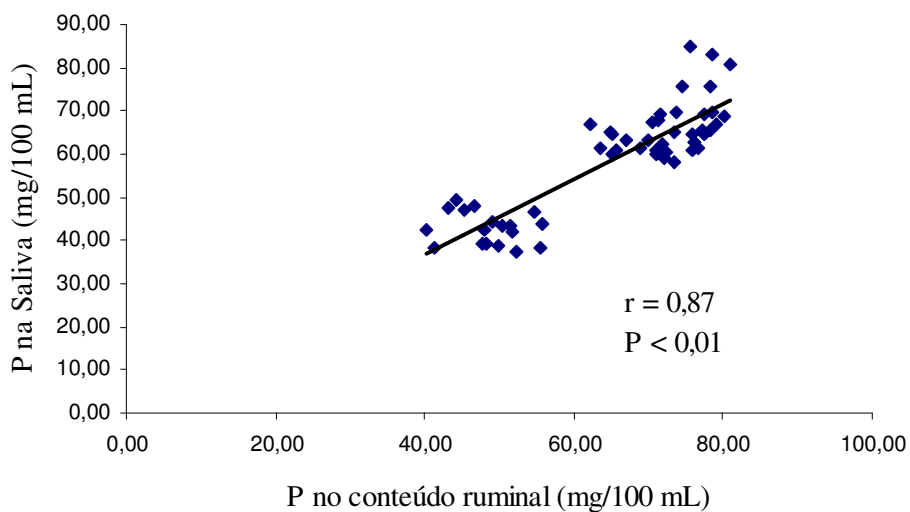


FIGURA 5. Correlação entre fósforo na saliva e fósforo no conteúdo ruminal.

Novilhas mantidas em dietas com baixo nível de P (0,12%), ou nível adequado do elemento (0,20%) (Willians et al., 1991), apresentaram grande variação no teor de P no líquido do rúmen. Os animais mantidos na dieta deficiente apresentaram valores de 6,16 a 41,3 mg/100 mL, enquanto aqueles mantidos em dieta adequada tiveram valores de 10,4 a 52,6 mg/100 mL de P. Devido a essa grande variação nos valores obtidos e pela não diferenciação entre P dietético e P endógeno, deve-se ter o cuidado ao fazer inferências utilizando apenas o P no rúmen como parâmetro para se avaliar o estado nutricional de P em ruminantes. Porém, se o mesmo for analisado juntamente com outros fatores como P salivar, P excretado nas fezes e P plasmático, pode-se ter um bom indicativo do “status” deste mineral no animal, pois o organismo utiliza o P armazenado em todos esses compartimentos para a regulação da homeostase de P no animal.

#### **4.5 Fósforo nas fezes**

Para ingestões de 1,87; 2,54 e 3,23 g de P/dia, obtiveram-se excreções de 1,27; 1,69 e 2,19 g de P/dia, nos tratamentos T1, T2 e T3, respectivamente, havendo um balanço positivo entre a ingestão e a excreção de P em todos os tratamentos. No T1, os animais mantiveram o balanço positivo de P, mesmo recebendo uma menor quantidade deste mineral, indicando a possibilidade de redução dos seus níveis de exigência recomendados pelo NRC (1985). Houve alta correlação positiva entre o P fecal e o P consumido ( $r = 0,92$ ;  $P < 0,01$ ; Figura 6), o que também foi observado por outros pesquisadores que afirmam ser as fezes a principal rota de excreção de P em ruminantes, em que se verifica uma relação positiva entre o P consumido e o P total excretado (Bueno & Vitti, 1999; Bravo et al., 2003; Antunes, 2006).

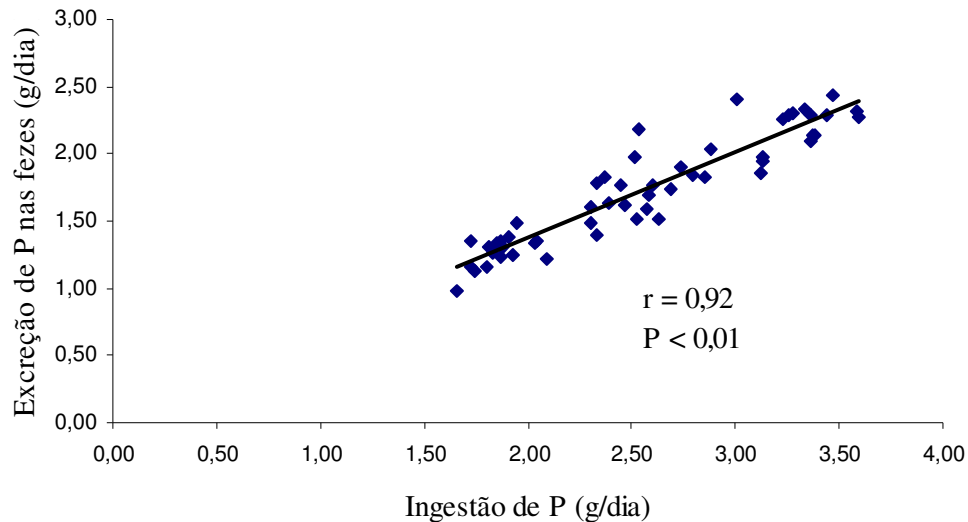


FIGURA 6. Correlação entre fósforo ingerido e excreção de fósforo nas fezes.

O teor de P nas fezes é composto pelo P indisponível da dieta, parte do P dietético que não foi absorvido e pelo P endógeno reciclado, principalmente, pela saliva (Ternouth, 1990).

Em experimentos com ovinos, com valores de P na dieta de 0,64, 1,25 e 2,5 g/animal/dia, Lopes et al. (1986) observaram valores de P fecal de 0,66, 0,99 e 1,92 g/dia, respectivamente, mostrando que os animais que receberam os níveis mais elevados deste mineral também tiveram maiores níveis dele nas fezes. Portilho (2003) também obteve dados semelhantes em experimentos com cordeiros, tendo os maiores níveis de P nas fezes correspondido aos níveis mais elevados de P na dieta. As perdas de P pelas fezes podem prever a ingestão ou a absorção do mineral, pois a homeostase de P em ruminantes atinge quase totalmente o seu equilíbrio no trato gastrintestinal, pelo controle da secreção e reabsorção do P salivar (Clark et al., 1973).

No presente trabalho isto foi observado, com base nas correlações entre P nas fezes e conteúdo ruminal ( $r = 0,76$ ;  $P < 0,01$ ; Tabela 5); do P nas fezes e P salivar ( $r = 0,79$ ;  $P < 0,01$ ; Tabela 5) e do P nas fezes e P no plasma ( $r = 0,56$ ;  $P < 0,01$ ; Tabela 5). O P, quando absorvido, é distribuído no organismo pelo plasma. Após saturação no corpo, o excesso é secretado via saliva, seguindo para o rúmen e, quando chega ao intestino, há uma menor reabsorção e uma maior excreção via fezes (Lobão et al., 1974).

Dados encontrados por Silva Filho et al. (2000) sobre excreção de fósforo nas fezes de novilhos mostraram, em média, valores de 4,50, 6,35 e 8,05 g/dia, para os tratamentos que consistiram de diferentes quantidades de fosfato bicálcico em níveis de 0,12%, 0,24% e 0,36% de P, respectivamente, reforçando que, em ruminantes, as fezes são, de fato, a principal via de excreção deste mineral, tanto da fração exógena quanto da endógena.

Não se observou, no presente trabalho, diferença estatística entre as semanas de coletas. As médias de excreção ao longo do tempo não variaram. Talvez o tempo não tenha sido suficiente ou, mesmo, quando relacionado aos alimentos e níveis de fósforo utilizados, eles estavam em níveis suficientes, mesmo no tratamento T1, com menor porcentagem de P.

Apesar das perdas fecais de P poderem variar com a individualidade do animal e a possibilidade de uma competição pelo P absorvido entre o mecanismo de secreção e a necessidade de produção do animal AFRC (1991), o P nas fezes em ruminantes é o parâmetro mais confiável na determinação do teor deste mineral presente na dieta.

#### 4.6 Fósforo na urina

Os valores de P excretado pela urina foram baixos,  $0,20 \pm 0,10$ ;  $0,24 \pm 0,10$ ;  $0,31 \pm 0,12$  mg/kg PV em média (Tabela 4), respectivamente para os tratamentos T1, T2 e T3, para um consumo médio de 1,87; 2,54; 3,23 g de P. Estes resultados concordam com os de Salviano (1996) que verificou que ovinos consumindo, em média, 3,0 gramas de P, excretaram na urina valores médios menores que 0,30 mg/kg PV. Portilho (2003), fornecendo dietas com 0; 1,5; 3,0 e 4,5 g de P para cordeiros, obteve valores de P excretado na urina de 0,15; 0,18; 0,34; 0,21 mg/kg PV, representando menos de 1% do P consumido.

Vitti et al. (2000), fornecendo 10 gramas de P para bovinos utilizando diferentes suplementos, observaram que, com relação à urina, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos. O valor de P excretado em todas as dietas foi mínimo.

A excreção de P pela urina em ruminantes é insignificante e isto já havia sido confirmado por Braithwaite (1985) e Ternouth & Sevilla (1990).

Os valores de P na urina encontrados neste trabalho foram de menos de 0,30% do total ingerido, aproximando-se do que foi encontrado por Powell et al. (1978), que verificaram baixa eliminação de P na urina, representando 0,8% do P total ingerido. Também foi semelhante a outros trabalhos que consideram a excreção de P pela urina irrelevante (Ternouth & Sevilla, 1990; Salviano, 1996).

Apesar das altas variações individuais, ilustradas pelo alto coeficiente de variação (50,31%) (Tabela 10A - Anexos), houve diferença ( $P < 0,05$ ; Tabela 4), entre os tratamentos T1 e T3. A maior eliminação de P na urina ocorreu no tratamento T3 e a menor no T1. Field et al. (1974) relataram que a excreção de P na urina mostrou coeficientes de variação maiores que 100% concordando com Reis et al. (1999), que também obtiveram um alto coeficiente de variação



(128,34%). Variações individuais na excreção de P pela urina também foram observadas por Scott et al. (1985). Os valores excretados pela urina ficaram abaixo de 0,2 mg/kg PV/dia (Tabela 4), evidenciando que os rins têm grande participação na reabsorção de P.

Houve uma baixa correlação linear ( $r = 0,30$ ,  $P < 0,05$ ; Tabela 5), embora positiva, entre P ingerido e P excretado na urina. Segundo Challa et al. (1989), as perdas urinárias de P, normalmente, não estão relacionadas com a ingestão de P, mas associadas ao maior valor da eficiência de absorção, e destaca que as glândulas salivares controlam de forma eficiente o P plasmático. Isto foi verificado por Portilho (2003) que obteve correlação positiva entre P no plasma com P na urina ( $r = 0,81$ ;  $P < 0,01$ ). Porém, no presente trabalho, a correlação entre esses dois parâmetros foi baixa ( $r = 0,38$ ;  $P < 0,05$ ; Tabela 5).

No presente trabalho, a variável P na urina teve uma variação grande entre indivíduos, o que vem comprovar que, em ruminantes, as perdas de P representam muito pouco em relação ao P ingerido.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na alta densidade nutricional da dieta oferecida e considerando que os animais receberam as dietas *ad libitum*, houve dificuldades em se estabelecer níveis de P inferiores ao do tratamento 1. Isso porque os alimentos utilizados foram suficientes apenas para estabelecer níveis 25% a menos que o recomendado pelo NRC (1985).

Como existem poucos dados com as necessidades reais de P para ovinos deslanados criados no Brasil, particularmente com a raça Santa Inês, sugerem-se mais pesquisas para se testar outros níveis de P na dieta. Essas pesquisas devem levar em consideração tanto animais no pasto, com menores ganhos de peso diário, quanto animais em condições de alto desempenho, que podem ser até destituídos de suplementação de P, desde que se forneçam alimentos com quantidades suficientes deste mineral.

## **6 CONCLUSÃO**

O menor valor de ingestão de P, correspondente a 25% menos que o recomendado pelo NRC (1985), foi suficiente para manter os níveis de P dentro das faixas consideradas normais na saliva, plasma, conteúdo ruminal, fezes e urina, o que indica que a necessidade de P de ovinos Santa Inês pode ser menor que a preconizada pelo NRC (1985).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBDELRAHMAN, M.M; KINCAID, R.L.; ELZUBEIR, E.A. Mineral deficiencies in grazing dairy cattle in Kordofan and Darfur Regions in Western Sudan. **Tropical Animal Health Production**. V.30, p.123-135. 1998.

ALCALDE, A.I.; SARASA, M.; RALDÚA, D. ARAMOYAONA, J. MORALES, R.; BIBER, J.; MURER, H.; LEVI, M.; SORRIBAS, V. Role of thyroid hormone in regulation of renal phosphate transport in young and aged rats. **Endocrinology**, v.140, p.1544-1551, 1999.

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. Technical Committee on responses to Nutrients. A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle. **Nutrition Abstracts and Reviews Series**, v.61, n.9, p.573-612, 1991.

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford, UK. CAB international, 1993. 159p.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (Farnham Royal, Inglaterra). **The nutrient requirements of farm livestock**. Wallingford : CAB International, 1980. 351 p.

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMING, J. S.; SOUZA, G. A.; BONA FILHO, A. Os princípios nutritivos e suas finalidades. In: \_\_\_\_\_. **Nutrição animal**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1990. p.189-255.

ANNENKOV, B. N. Mineral feeding of sheep. In: GEORGIEVSKII, V. I.; ANNENKOV, B. N.; SAMOKHIN, V. I. **Mineral nutrition of animals**. London : Butterworths, 1982. p. 321-354

ANTUNES, D. A. Phosphorus deficiency diagnosis in sheep using labeled phosphorus uptake by erythrocytes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, 2006. p. 339-346.

BAIÃO, E. A. M. Composição corporal e exigências nutricionais de cálcio e fósforo para ganho em peso de cordeiros. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. V. 27, n.6, p. 1370-1379, nov/dez, 2003.

BAYLEY, C. B.; BALCH, C. C. Salivary secretion and its relation to feeding cattle. 2. The composition and rate of secretion of parotid saliva in a small steer. **British Journal of Nutrition**, v. 15, p.371-382, 1961.

BARCELLOS, J. et al. **Nutrição mineral em Ruminantes**. Porto Alegre: Gráfica da UFRGS, 1998. p. 146.

BEN-GHEDALIA, D., TAGARI, H., ZAMWEL, S. & BONDI, A. Solubility and net exchange of calcium, magnesium and phosphorus in digesta flowing along the gut of the sheep. **British Journal of Nutrition** 33: 87-94. 1975.

BLLOD, D. C. RADOSTITS, O. M. **Clinica Veterinária**. 7 ed. Rio de Janeiro. Koogan, 1991. 1263p.

BOIN, C. Exigências de minerais pelas categorias do rebanho bovino e funções desse nutrientes. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 3., 1985, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1985. p. 15-46.

BRAVO, D., SUVANT, D., BOGAERT, C., MESCHY, F. A bibliographic database for quantitative analysis of phosphorus flow in ruminants. **Reproduction Nutrition Development, Courtaboenf**. Dev. v;43, p. 251-269. 2003.

BREVES, G.; SCHRÖDER, B. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. New York. **Nutrition Research Reviews**, v.4, p.125-140, 1991.

BRAITHWAITE, G.D. Endogenous faecal loss of phosphorus in growing lambs and the calculation of phosphorus requirements. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.105, n.1, p.67-72, Aug. 1985.

BRYANT, M.P.; ROBINSON, I.M.; CHU, H. Observations on the nutrition of *Bacterioides succinogens*-a ruminal cellulolytic bacterium. **Journal of Dairy Science**, v. 42, p.1831-1847, 1959.

BUENO, M. S.; VITTI, D. M. S. S. Níveis de fósforo para caprinos: Perda endógena fecal exigência líquida para manutenção. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.675-681, 1999.

BURKHOLDER, J.M; GLAGOW, H.B. *Pfiesteria piscida* and other pfiesteria-dinoflagellates behaviors, impacts, and environmental controls. **Limnology and Oceanography**, v.42, n.5, p.1052-1075, 1997.

CARE, A.D. 1994. The absorption of phosphate from the digestive tract of ruminant animals. **British Veterinary Journal**, v.150, p.197-205, 1994.

CAST- Council for Agriculture Science and Technology. 2002. Animal diet modification to decrease the potential for nitrogen and phosphorus pollution. n.21, 2002.

COELHO DA SILVA, J.F. Exigência de macroelementos inorgânicos para bovinos: o sistema ARC/AFRC e a experiência no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa, MG. **Anais...Viçosa, MG:UFV**, 1995, p. 468-504.

CHALLA, J.; BRAITHWAITE, G.D.; DHANOA M. S. Phosphorus homeostasis in growing calves. **Journal Agricultural Science**. Combridge. n.3, Dec, v.112, p.217-226. 1989.

CHAPUIS-LARDY, L., FIORINI, J. TOTH, J; DOU, Z. 2004. Phosphorus concentrations in dairy feces: Variability and affecting factors. **Journal Dairy Science**. Champaign. N. 12. Dec. 87:4334–4341.

CLARK, R.C.; BUDTZ-OLZEN, O.E.; CROSS, R.B. The importance of the salivary glands in the maintenance of phosphorus homeostasis in the sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victória. n.6 v.24, p.913-919, 1973.

DIAS, R. S. Absorção real de fósforo em ovinos alimentados com diferentes fontes de cálcio utilizando a técnica de diluição isotópica. Piracicaba, 2003. 68p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

DIAZ GONZÁLES, F.H. Indicadores sanguíneos do metabolismo mineral em ruminantes. In: DIAZ GONZALEZ, F.H.; BARCELOS, J.O.; RIBEIRO, L.A.O. **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. p.31-51.

DURAND, M., KAWASHIMA, R. 1979. Influence of minerals in rumen microbial digestion. In: RUCKSBUSH, Y., THIVEND, P. (Eds.) **Digestive physiology and metabolism in ruminants**. Lancaster: MTP Press. p.375-408.

ENSMINGER, M.E.; OLDFIELD, J.E.; HEINEMANN, W.W. **Feeds and Nutrition**. The Ensminger Publishing, Clovis, SA, USA, p.1524, 1990.

ENGELHARDT, W.V.; HAUFFE, R. Role of the omasum in absorption and secretion of water and electrolytes in sheep and goats. In: McDONALD, I.W.; WARNER, A.C.I. (Ed.). **Digestion and metabolismo in the ruminant**. Armidale: University of New England, 1975. p.216-230.

EVANS, J.L.; DAVIS, G.K. Dietary Phosphorus, sulphur and molybdenum and mineral composition of rumen fluid. **Journal of Animal Science**. Champaign, n.4 Nov V.25, p.1010-1013, 1966.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: SIB, 2000. p. 255-258.

FIELD, A.C.; KAMPHUES, J.; WOOLLIAMS, J.A. The effect os dietary intake of calcium and phosphorus on the absorption and excretion of phosphorus in chimaera-derived sheep. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, n. 3 Dec, v.101, p.597-602, 1983.

FIELD, A.C., SYKES, A.R., GUNN, R.G. Effects of age and state of incisor dentition on faecal output of dry matter and on faecal and urinary output of nitrogen and minerals, of sheep grazing hill pastures. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, n. 3 v.83, p.151-160, 1974.

FIELD, A.C.; WOOLLIAMS, J.A. Genetic control of phosphorus metabolism in sheep. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.64, p.232-233, 1984. Supplement.

FISKE, C.H.; SUBBARROW, Y. The colorimetric determination of phosphorus. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v.66, n.2, p.375-400, 1925.

GARTON, G.A. Observations on the distribution of inorganic phosphorus, soluble calcium and soluble magnesium in the stomach of the sheep. **Journal of Experimental Biology**, Cambridge, n.3, v.28, p.358-368, 1951.

GEORGIEVSKII, V.I. The physiological role of macroelements. In: GEORGIEVSKII, V.I.; ANNENKOV, B.N.; SAMOKHIN, V. I. **Mineral nutrition of animals**, London: Butterworths, 1982. cap.6., p.91-170.

GERASEEV, L. C. Composição corporal e exigências nutricionais em macrominerais (Ca, P, Mg, K e Na) de cordeiros Santa Inês. Lavras, 1998. 99p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.

GONZAGA NETO, S. Composição corporal, exigências nutricionais e características da carcaça de cordeiros Morada Nova. Jaboticabal, 2003. 113p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade estadual Paulista.

GONZÁLEZ, F.H.D E SILVA, S.C. **Introdução á bioquímica clínica animal**. Porto Alegre: Gráfica da UFRGS, 2003.

GOVINDASAMY, R.; COCHRAN, M.J. Implications of alternative environmental policies on phosphorus loading from poultry litter. **Agriculture Economics**. Amsterdam, n. 2 Nov, v. 13, p.137-148, 1995.

GRACE, N.D., ULYATT, M.J., MacRAE, J.C. Quantitative digestion of fresh herbage by sheep. 3. Movement of Mg, Ca, P, K and Na in digestive tract. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.82, p.321-330, 1974.

GRAENTZ, D.A.; NAIR V.D. Fate of phosphorus in Florida spodosols contaminated with cattle manure. **Ecological Engineering**. Amsterdam. n. 2-3 Nov. V.5, p.163-181.1995.

HIBBS, J.W. and H.R. CONRAD. The relation of calcium and phosphorus intake and digestion of calcium and phosphorus by lactating dairy cows. **Ohio Agricultural Experimental Station Researchi Bulletin**, 1983. n.1150, Wooster, Ohio State University.

HAYS, V.W.: SWENSON, M.J. **Minerais e ossos**. In: SWENSON, M.J (Ed). **Dukes/ Fisiologia dos animais domésticos**. 10.ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. p.297-427.



Horst. R. L.; Reinhardt, T. A.; Ramberg, C. F.; Koszewski, N. J.; Napoli. J. L. 1986. 24-Hydroxylation of **1.25-dihydroxyergocalciferol**: an unambiguous deactivation process. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, n.20 July 261:9250.

JONES, F.T.; WARD J.B.. Quality and its variability in North Carolina feed ingredients. **Feedstuffs**, Minneapolis, v.51,n.25 June, p.18-19, 1979.

KARN, J.F. Phosphorus supplementation of range cows in the Northern Great Plains. **Journal Range Management**, Denver, n. 1 Jan. v.50, p.2-9, 1997

KNOWLTON, K.F., RADCLIFE, J.S., NOVAK,C.L., EMMERSON, D.A. Animal management to reduce phosphorus losses to the environment. **Journal of Animal Science**, Champaign, n.1 Jan, v. 82, p.173-195, 2004.

KOMISARCZUK, S., MERRY, R.J., McALLAN, A.B. 1987. Effect of different levels of phosphorus on rumen microbial fermentation and synthesis determined using a continuous culture technique. **British Journal of Nutrition**, Oxford, Mar. 57(2):279-290.

KORNEGAY, E.T.; VERSTEGEN, M.W.A. Swine nutrition and environmental pollution and odor control. 2001, p.609 in **Swine Nutrition**. A.J. Lewis and L.L. Southern, ed. CRC Press, Boca Raton, F.L.

LEHNINGER, A. L. **Princípios da Bioquímica**. São Paulo: Sarvie, 1994. p. 37.

LIMA, F.R.; FERNANDES, J.I.M.;OLIVEIRA, E.; FRONZAGLIA, G.C.; KAHN, H. Laboratory evaluations of feed-grade and agricultural-grade phosphates. **Poultry Science**, Champaign, v.78, p.1717-1728, 1999.

LOBÃO, A.O.; CROCOMO, O.J. Retenção de fósforo radotivo (32P) em tecidos de ovinos. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.31, n.2, p.261-291. 1974

LOPES, H.O.S.; PERRY, T.W. Effect of dietary phosphorus and roughage levels on calcium, magnesium and potassium utilization by sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, n.12 Dec, v.63, p.1983-1989, 1986.

LOUVANDINI, H.; VITTI, D.M.S.S. Perda endógena de fósforo em ovinos com diferentes níveis do elemento na dieta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.145-149, jan. 1994.

MANSTON, R.; VAGG, M. G. Urinary phosphate excretion in dairy cows. **Journal Agricultural Science**, Cambridge. n.1 Jan. v.74, p.161-167. 1970.

MATUSZAK, D.L.; SANDERS, M.; TAYLOR, J.L.; WASSERMAN, M.P. Toxic pfiesteria and human health. **Maryland Medical Journal**, Maryland, v.46, p.515-520, 1997.

MCDOWELL, R. L. Calcium, phosphorus and fluorine. In: \_\_\_\_Nutrition of grazing ruminants in warm climates. Orlando, **Academic Press**, 1985. cap. 9.,p. 189-212.

MCDOWELL, R. L. Minerals in animal and human nutrition. San Diego: **Academic Press**, 1992, p.524.

MCDOWELL, L.R.; CONRAD, J.H.; LOOSLI, F.K. Mineral imbalances and their diagnosis in ruminant. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (Vienna, Áustria). **Nuclear and related techniques in animal production and health**. Vienna, 1986. p.521-534.

MCDOWELL, L.R. Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais enfatizando o Brasil. 3<sup>rd</sup> ed. Gainesville: **University of Florida**, 1999. 92p

MACLEAN, R.W.; TERNOUTH, J.H. The growth and kinetics os steers grazing a subtropical pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingnood, n.8, v.45, p.1831-1845, 1994.

MILTON, J.T.B., TERNOUTH, J.H. 1985. Phosphorus metabolism in ruminants. II. Effects of inorganic phosphorus concentration upon food intake and digestibility. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingnood, 36(4):647-654.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (Washington, Estados Unidos). Nutrient requirements of domestic animals: **Nutrient requirements of sheep**. Washington, 1985. 99 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6 ed. Washington D.C.:National Academy of Sciences., 1989. 158p

NEL, J.W., MOIR, R.J. 1974. The effect of ruminal and duodenal application of different levels of calcium and phosphorus to sheep on semi-purified diets. **South African Journal of Animal Science**, Pretoria 4:1-20.

O'BRIEN MC, McKAY DB. How potassium affects the activity of the molecular chaperone Hsc70. **Journal of Biological Chemistry**. Bethesda, v.270, n.5 Feb p.2247–2250.

PARTHASARATHY, D.; GARTON, G. A.; PHILLIPSON, A. T. The passage of phosphorus across the rumen epithelium of sheep. **Biochemical Journal**, London v.52, n.5, 1952. p.16-17

PIZZOLANTE, C. C. Estabilidade da fitase e sua utilização na alimentação de frangos de corte. 2000. 117 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

POULSEN, H.D.; BORGESEN, C.D.; RUBOEK, G.H.; SEHESTED, J.; DALGGARD, T.; HANSEN, J.F.; KYLLINGSBAEK, A. Scenarios for phosphorus accumulation in soil in relation to livestock production intensity and feeding practice. 2004. In: **Critical evaluation of options for reducing phosphorus losses from agriculture**. 16-19 August 2004, Wageningen, The Netherlands.

PETRI, A., MUENSCHEN, H., BREVES, G. Pfeffer, E. 1988. Response of lactating goats to low phosphorus intake. 2. Nitrogen transfer from rumen ammonia to rumen microbes and proportion of milk protein derived from microbial amino acids. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, n.2 Oct. 111:265-271.

POWELL, K., REID, R.L., BALASKO, J.A. Performance of lambs in perennial ryegrass, smooth brome grass, orchardgrass and tall fescue pasture. II. Mineral utilization, in vitro digestibility and chemical composition of herbage. **Journal of Animal Science**, Champaign, n.6 Dec. v.46, p.1503-1514, 1978.

POWELL, J.M.; JACKSON-SMITH D.B.; SATTER L.D.; BUNDY L.G. 2002b. Manejo integral Del fósforo en los establecimientos lecheros. Manejo de nutrientes No. 901. **Instituto Babcock Universidad de Wisconsin**.

POPPI, D.P.; TERNOUTH, J.H. Secretion and absorption of phosphorus in the gastrointestinal tract of sheep fed on four diets. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, n.3, v.30, p.502-512, 1979.

PORTILHO, F.P. **Exigência mínima de fósforo para cordeiros da raça Santa Inês**, Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2003, 68p. Dissertação de mestrado.

PRESTON, R.; PFANDER, W.H. Phosphorus metabolism in lambs fed varying phosphorus intake. **Journal of Nutrition**, Bethesda v.83, n.4 Abr, p.369-378, 1964.

QUEIROZ, A.C.; GOUVEIA, L.J.; PEREIRA, J.C. RODRIGUES, M.T.; RESENDE, K.T.; SOUZA, H.M.H. Exigências nutricionais de caprinos da raça alpina em crescimento. 1. Exigência nutricional de fósforo para manutenção: Perdas endógenas e abate comparativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, Viçosa, Jul/Ago, p.1205-1215, 2000.

REIS, R.A.; GRACA, D.S.; MAURICIO, R.M.. Retenção do fósforo de fenos de gramíneas tropicais em ovinos. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 51, n. 3 June, p.275-282, 1999.

REINHARDT, T. A.; HORST R. L.; GOFF J. P. Calcium, phosphorus, and magnesium homeostasis in ruminants. 1988. Page 331 in **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**. W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA.

ROSOL, T.J; CAPEN, C.C. Calcium-regulating hormones and diseases of abnormal mineral (calcium, phosphorus, magnesium) metabolism. In: Kaneko J.J (Ed) **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 5.ed.. New York: Academic Press, 1997.

RUNHO, R. C.; GOMES, P. C.; ROSTANGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; LOPES, P. S.; POZZA, P. C. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa v. 30, n. 1 Jan/Fev, p. 187-196, 2001.

SCOTT, D.; BUCHAN, W. The effects of feeding pelleted diets made from either coarsely or finely ground hay on phosphorus balance and on the partition of phosphorus excretion between urine and faeces in the sheep. **Quarterly Journal of Experimental Physiology**, Cambridge, n.3 July, v.43, p.315-322, 1998.

SALVIANO, L.M.C. Efeito de diferentes proporções de cálcio e fósforo sobre as perdas endógenas e absorção real de fósforo em ovinos. Piracicaba, 1996. 83p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

SANSON, D.W.; WALKER, G.L.; CLANTON, D.C.; ESKRIDGE, K.M. Relationship between phosphorus intake and blood or fecal phosphorus in

gestating cow. **Journal of Range Management**, Denver, v.43, n.3, p.238-241, May 1990.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 56p.

SCARISBRICK, R.; EWER, T. K. The absorption of inorganic phosphate from the rumen of the sheep. **Biochemical Journal**, London, n.5 p-79, v.49, lxxix, 1951.

SCHNEIDER, K.M.; TERNOUTH, J.H.; SEVILLA, C.C.; BOSTON, R.C. A short-term study of calcium and phosphorus absorption in sheep fed on diets high and low in calcium and phosphorus. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, n.1, v.36, p.91-105, 1985.

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. **Quartely Journal of Experimental Physiology**, n.3 July, v.72, p.331-338, 1987.

SCOTT, D.; BUCHAN, W. The effects of feeding pelleted diets made from either coarsely or finely ground hay on phosphorus balance and on the partition of phosphorus excretion between urine and faeces in the sheep. **Quartely Journal of Experimental Physiology**, Cambridge, n.3 July, v.73, p.315-322, 1988.

SCOTT, D.; WHITELAW, F.G.; BUCHAN, W.; BRUCE, L.A. The effect of variation in phosphorus intake on salivary phosphorus secretion, net intestinal phosphorus absorption and faecal endogenous excretion in sheep. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, n.3 Oct, v.105, p.271-277, 1985.

SHARPLEY, A.N.; CHAPRA, S.C.; WEDEPOHL, R.; SIMS, J.T.; DANIEL T.C.; REDDY K.R. 1994. Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: Issues and options. **Journal of Environmental Quality, Madson**, n.3 May/June, v.22, p.437-451.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos** - métodos químicos e biológicos. 2.ed., Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 165p.

SILVA FILHO, J. C. **Absorção de fósforo dos fosfatos bicálcico, monoamônio, supertríplo e de uréia em bovinos, através da diluição do**

**radiofósforo (P-32)**. Piracicaba, 1990. 86p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

SILVA FILHO, J. C. **Avaliação da incorporação de 32P pelos eritrócitos como método para diagnóstico de deficiência subclínica de fósforo em ruminantes**. Piracicaba, 1995. 62p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

SMITH, R.A.; ALEXANDER R.D.. 2000. Sources of nutrients in the nation's watershed. En *Managing nutrients and pathogens from animal agriculture*. **Natural Resources Agriculture and Engineering Service (NRAES)**. Camp Hill PA. Pp. 13 21.

SPIEKERS, H.; BRINTRUP, R.; BALMELLI, M.; PFEFFER, E. Influence of dry matter intake on faecal phosphorus losses in dairy cows fed rations low in phosphorus. **Journal of Animal Physiology**, Berlin, n.1 Mar, v. 69, p. 37-43, 1993.

SPEBER, I.; HYDEN, S. Transport of chloride through the rumen mucosa. **Nature**, London, n.4301, v.169, p.587, 1952.

STABENFELDT, G. H. Glândulas endócrinas e sua função. In: CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de Fisiologia Vetreinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A., 1992. 454 p., p. 291-296.

STEVENSON, M.H.; UNSWORTH, E.F. Studies on the absorption of calcium, phosphorus, magnesium, copper and zinc by sheeo fed on roughage-cereal diets. **British Journal of Nutrition**, Champaign, n.4, v.40, p.491-496, 1978.

STILLINGS, B.R., BRATZLER, J.W., MARRIOT, L.F. Utilization of magnesium and other minerals by ruminants consuming low and high nitrogen-containing forages and vitamin D. **Journal of Animal Science**, Champaign, n.4, v.23, p.1148-1154, 1964

TAMMINGA, S. Pollution due to nutrient losses and its control in European animal production. **Livestock Production Science**, Amsterdan, n.2 Dec, 84: 101-111, 2003.

TERNOUTH, J.H. Endogenous losses of phosphorus by sheep. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, n.3 Dec, v.113, p.291-297, 1989.

TERNOUTH, J.H. Phosphorus and beef production in Northern Australia. 3. Phosphorus in cattle a review. **Tropical Grassland**, Santa Lúcia v.24, n.3, p.159-169, 1990.

TERNOUTH, J.H.; SEVILLA, C.C. The effects of low levels of dietary phosphorus upon the dry matter intake and metabolism of lambs. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.41, n.1, p.175-184, 1990.

TOKARNIA, C.H. et al. Deficiências e desequilíbrio minerais em bovinos e ovinos - revisão dos estudos realizados no Brasil de 1987 a 1998. **Pesquisa veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.19, Abr/Jun, n.2, p.47-62, 1999.

TOMAS, F.M.; MOIR, R.J.; SOMERS, M. Phosphorus turnover in sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, n.4. v.18, p.635-645, 1967.

TOMAS, F.M. SOMERS, M. Phosphorus homeostasis in sheep .I – Effect of ligation of parotid salivary ducts. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 25, n. 3, p. 475-483, 1974.

THONPSON JUNIOR, W. R. Phosphorus in animal nutrition. In: POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE. **Phosphorus for agriculture: a situation analysis**. Atlanta, 1978. p.126-158.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Sistemas para análises estatísticas** (SAEG). Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1993. 59 p.

UNDERWOOD, E. J. The mineral nutrition of livestock. 2ed. **Farnhan Royal, CAB**, 1981. cap 2., p. 9-19.

UNDERWOOD, E. J. **Los minerales en la alimentación del Ganado**. Zaragoza: Acribia, 1969. 320p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Sistemas para análises estatísticas** (SAEG). Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1993. 59 p.

VITTI, D.M.S.S.; KEBREAB, E.; ABDALLA, A.L.; DE CARVALHO, F.F.R.; DE RESENDE, K.T.; CROMPTON, L.A.; FRANCE, J. A kinetic model of phosphorus metabolism in growing goats. **Journal of Animal Science**, Savoy, n.10 Oct. v.78, p.2706-2716, 2000.

VITTI, D.M.S.S.; ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J. C.; AMBROSANO, E. J. Métodos para o diagnóstico da deficiência de fósforo em ruminantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, Jun, 23(6): 645-51, 1988.

WAN ZAHARI, M.; SCOTT, D.; LOVERIDGE, N.; BUCHAN, W.; MILNE, J. The effect of high phosphorus intake on calcium and phosphorus retention and bone turnover in growing lamb. **Experimental Physiology**, Cambridge, n.2 Mar, v.79, p.175-181, 1994.

WHITLOCK, J.H. Some modifications of the McMaster helminth egg-counting technique and apparatus. **Journal of the Council for Scientific and Industrial Research**, Hampton, v.21, p.177-180, 1948

WILLIAMS, P.E.V. Animal production and european pollution problems. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, n.2 June, v.53, p.135-144, 1995.

WILLIAMS, S.N.; McDOWELL, L.R.; WARNICK, A.C.; WILKINSON, N.S.; LAWRENCE, L.A. Phosphorus concentrations in blood, milk, feces, bone and selected fluids and tissues of growing heifers as affected by dietary phosphorus. **Livestock Research for Rural Development**, Gainsville, n.2 June, v.3, p.67-80, 1991.

WISE, M. B.; ORDOVEZA, A. L.; BARRICK, E. R. Influence of variation in dietary calcium ration on performance and blood constituents of calves. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, n.1, v. 79, p.79, 1963.

WITT , K.E.; OWENS, F.N. Phosphorus: Ruminant availability and effects on digestion. **Journal of Animal Science**, Champaign, n.4 Apr. v.56, p.930-937, 1983.

WU, Z. People still are feeding too much phosphorus. **Hoard's Dairyman**, Milwaukee, n.11 Mar, v.148, p. 210. 2003.

WU, Z.; SATTER L.D.; SOJO, R. Milk production, reproductive performance, and fecal excretion of phosphorus by dairy cows fed three amounts of phosphorus. **Journal of Dairy Science**, Savoy, n.5 May v. 83, p.1028-1041, 2000.

ZAHARI, W.M.; SCOTT, D.; LOVERIDGE, N.; BUCHAN, W.; MILNE, J. The effect of high phosphorus intake on calcium and phosphorus retention and bone turnover in growing lambs. **Experimental Physiology**, Cambridge, Grã-Bretanha, n.2 Mar, v.79, p.175-181, 1994.



## ANEXOS

<b>ANEXO A</b>	<b>Pág.</b>
<b>TABELA 1A.</b> Análise de variância para a variável fósforo consumido (mg/kg PV).....	<b>64</b>
<b>TABELA 2A.</b> Teste de Tukey para a variável consumo de fósforo.....	<b>64</b>
<b>TABELA 3A.</b> Análise de variância para a variável fósforo consumido (g/dia)..	<b>65</b>
<b>TABELA 4A.</b> Teste de Tukey para a variável consumo de fósforo.....	<b>65</b>
<b>TABELA 5A.</b> Análise de variância para a variável matéria seca consumida (g/kg de PV).....	<b>66</b>
<b>TABELA 6A.</b> Teste de Tukey para a variável matéria seca consumida .....	<b>66</b>
<b>TABELA 7A.</b> Análise de variância para a variável fósforo no plasma (mg/100 mL).....	<b>67</b>
<b>TABELA 8A.</b> Teste de Tukey para a variável fósforo no plasma.....	<b>67</b>
<b>TABELA 9A.</b> Análise de variância para a variável fósforo na saliva (mg/100 mL).....	<b>68</b>
<b>TABELA 10A.</b> Teste de Tukey para a variável fósforo na saliva.....	<b>68</b>
<b>TABELA 11A.</b> Análise de variância para a variável fósforo no conteúdo ruminal (mg/100 mL).....	<b>69</b>
<b>TABELA 12A.</b> Teste de Tukey para a variável fósforo no conteúdo ruminal..	<b>69</b>
<b>TABELA 13A.</b> Análise de variância para a variável fósforo nas fezes (mg/kg PV).....	<b>70</b>
<b>TABELA 14A.</b> Teste de Tukey para a variável fósforo nas fezes.....	<b>70</b>

<b>TABELA 15A.</b> Análise de variância para a variável fósforo nas fezes (g/dia).....	<b>71</b>
<b>TABELA 16A.</b> Teste de Tukey para a variável fósforo nas fezes.....	<b>71</b>
<b>TABELA 17A.</b> Análise de variância para a variável peso vivo (kg).....	<b>72</b>
<b>TABELA 18A.</b> Teste de Tukey para a variável peso vivo.....	<b>72</b>
<b>TABELA 19A.</b> Análise de variância para a variável P na urina (mg/kg PV)...	<b>73</b>
<b>TABELA 20A.</b> Teste de Tukey para a variável P na urina.....	<b>73</b>
<b>TABELA 21A.</b> Coeficiente de correlação e nível de significância para análise de correlação entre as variáveis estudadas.....	<b>74</b>

## ANEXOS

**TABELA 1A: Análise de variância para a variável fósforo consumido (mg/kg PV)**

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
BLOCO	5	242,3295	48,4659	1,080	0,4271
NIVEIS (P)	2	20200,2912	10100,1456	225,048	0,0000
Resíduo (A)	10	448,7998	44,8799		
TEMPO (T)	2	128,3548	64,1774	4,291	0,0230
P*T	4	61,3624	15,3406	1,026	0,4100
Resíduo (B)	30	448,6784	14,9559		
<b>TOTAL</b>	<b>53</b>	<b>21529,816350</b>			
CV 1 (%)	7,17				
CV 2 (%)	4,14				
Média geral	93,46166				

**TABELA 2A: Teste de Tukey para a variável consumo de fósforo**

NÍVEIS DE P	Tempo			Média
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	
(T1)	70,11	70,13	70,75	70,3327 c
(T2)	89,61 B	91,37 AB	96,15 A	92,3805 b
(T3)	115,45	118,05	119,50	117,6716 a
Média	91,7250	93,1883	95,4716	93,46166
CV (%) (Parcela)	7,17			
CV (%) (Subparcela)	4,14			

Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem pelo teste Tukey (P<0,05)

**TABELA 3A: Análise de variância para a variável fósforo consumido (g/dia)**

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
BLOCO	5	0,2331	0,0466	0,872	0,5324
NIVEIS (P)	2	16,9344	8,4672	158,425	0,0000
Resíduo (A)	10	0,5344	0,0534		
TEMPO (T)	2	0,7181	0,3591	15,972	0,0000
P*T	4	0,1195	0,0298	1,329	0,2818
Resíduo (B)	30	0,6744	14,9559	0,0224	
TOTAL	53	19,2142			
CV 1 (%)	9,07				
CV 2 (%)	5,88				
Média geral	2,5479				

**TABELA 4A: Teste de Tukey para a variável consumo de fósforo**

NÍVEIS DE P	Tempo			Média
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	
(T1)	1,80	1,86	1,92	1,86 c
(T2)	2,38 B	2,50 AB	2,73 A	2,54 b
(T3)	3,05	3,23	3,42	3,23 a
Média	2,41	2,53	2,69	2,54
CV (%) (Parcela)	9,07			
CV (%) (Subparcela)	5,88			

Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem pelo teste Tukey (P<0,05)

**TABELA 5A: Análise de variância para a variável matéria seca consumida (g/dia)**

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
BLOCO	5	141,5578	28,3115	1,329	0,3273
NIVEIS (P)	2	13,5833	6,7916	0,319	0,7341
Resíduo (A)	10	212,9869	21,2986		
TEMPO (T)	2	3,8540	1,9270	1,110	0,3427
P*T	4	15,1868	3,7967	2,187	0,0945
Resíduo (B)	30	52,0864	1,7362		
TOTAL	53	439,2555			
CV 1 (%)	13.63				
CV 2 (%)	3.89				
Média geral	33.8511				

**TABELA 6A: Teste de Tukey para a variável matéria seca consumida**

NÍVEIS DE P	Tempo			Média
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	
(T1)	33,9350	34,2700	34,5816	34,2622
(T2)	33,6116	33,4283	35,3983	34,1461
(T3)	33,7366	33,0366	32,6616	33,1450
Média	33,7611	33,5783	34,2138	33,8511
CV (%) (Parcela)	13,63			
CV (%) (Subparcela)	3,89			

Médias seguidas por diferentes letras diferem pelo teste Tukey (P<0,05)

**TABELA 7A: Análise de variância para a variável fósforo no plasma (mg/100 mL)**

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
BLOCO	5	6,6198	1,3239	1,688	0,2248
NIVEIS (P)	2	25,9893	12,9946	16,569	0,0007
Resíduo (A)	10	7,8425	0,7842		
TEMPO (T)	2	0,5720	0,2860	0,852	0,4368
P*T	4	1,5885	0,3971	1,183	0,3385
Resíduo (B)	30	10,0751	0,3358		
TOTAL	53	52,6874			
CV 1 (%)	12,74				
CV 2 (%)	8,34				
Média geral	6,9520				

**TABELA 8A: Teste de Tukey para a variável fósforo no plasma**

NÍVEIS DE P	Tempo			Média
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	
(T1)	6,3733	5,9166	5,6683	5,9861 b
(T2)	7,1316	7,3050	7,4216	7,2861 a
(T3)	7,7850	7,4600	7,5066	7,5838 a
Média	7,0966	6,8938	6,8655	6,9520
CV (%) (Parcela)	12,74			
CV (%) (Subparcela)	8,34			

Médias seguidas por diferentes diferem pelo teste Tukey (P<0,01)

**TABELA 9A: Análise de variância para a variável fósforo na saliva (mg/100 mL)**

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
BLOCO	5	122,0772	24,4154	0,380	0,8514
NIVEIS (P)	2	6999,5598	3499,7799	54,482	0,0000
Resíduo (A)	10	642,3784	64,2378		
TEMPO (T)	2	57,0330	28,5165	2,022	0,1501
P*T	4	82,3828	20,5957	1,460	0,2389
Resíduo (B)	30	423,1264	14,1042		
TOTAL	53	8326,557943			
CV 1 (%)	13,70				
CV 2 (%)	6,42				
Média geral	58,5053				

**TABELA 10A: Teste de Tukey para a variável fósforo na saliva**

NÍVEIS DE P	Tempo			Média
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	
(T1)	43,2983	41,3316	44,1150	42,9150 b
(T2)	63,7466	61,0183	63,6850	62,8166 a
(T3)	66,8300	70,4883	72,0350	69,7844 a
Média	57,9583	57,6127	59,9450	58,5053
CV (%) (Parcela)	13,70			
CV (%) (Subparcela)	6,42			

Médias seguidas por diferentes letras diferem pelo teste Tukey (P<0,01)

**TABELA 11A: Análise de variância para a variável fósforo no conteúdo ruminal (mg/100 mL)**

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
BLOCO	5	197,6081	39,5216	1,756	0,2096
NIVEIS (P)	2	7310,0909	3655,0454	162,442	0,0000
Resíduo (A)	10	225,0065	22,5006		
TEMPO (T)	2	65,8599	32,9299	1,857	0,1736
P*T	4	32,5732	8,1433	0,459	0,7650
Resíduo (B)	30	531,9747	17,7324		
TOTAL	53	8363,1135			
CV 1 (%)	7,32				
CV 2 (%)	6,49				
Média geral	64,84296				

**TABELA 12A: Teste de Tukey para a variável fósforo no conteúdo ruminal**

NÍVEIS DE P	Tempo			Média
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	
(T1)	46,2950	51,1083	48,5083	48,6372 c
(T2)	69,8850	70,4166	71,1333	70,4783 b
(T3)	74,2083	76,9733	75,0583	75,4133 a
Média	63,4627	66,1661	64,9000	64,84296
CV (%) (Parcela)	7,32			
CV (%) (Subparcela)	6,49			

Médias seguidas por diferentes letras diferem pelo teste Tukey (P<0,01)



**TABELA 13A: Análise de variância para a variável fósforo nas fezes (mg/kg PV)**

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
BLOCO	5	174,0249	34,8049	1,597	0,2470
NIVEIS (P)	2	9370,8016	4685,4008	215,005	0,0000
Resíduo (A)	10	217,9207	21,7920		
TEMPO (T)	2	8,7339	4,3669	0,263	0,7707
P*T	4	137,5492	34,3873	2,069	0,1098
Resíduo	30	498,6072	16,6202		
TOTAL	53	10407,6376			
CV 1 (%)	7,39				
CV 2 (%)	6,45				
Média Geral	63,1638				

**TABELA 14A: Teste de Tukey para a variável fósforo nas fezes**

NÍVEIS DE P	Tempo			Média
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	
(T1)	48,0033	47,5766	48,0316	47,8705 c
(T2)	58,8916	64,1983	61,7016	61,5972 b
(T3)	82,5716	79,2066	78,2933	80,0238 a
Média	63,1555	63,6605	62,6755	63,1638
CV (%) (Parcela)	7,39			
CV (%) (Subparcela)	6,45			

† Médias seguidas por diferentes letras diferem pelo teste Tukey (P<0,01)

**TABELA 15A: Análise de variância para a variável fósforo nas fezes (g/dia)**

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
BLOCO	5	0,3104	0,0620	6,593	0,0058
NIVEIS (P)	2	7,6915	3,8457	408,418	0,0000
Resíduo (A)	10	0,0941	0,0094		
TEMPO (T)	2	0,1011	0,0505	2,773	0,0785
P*T	4	0,0777	0,0194	1,065	0,3908
Resíduo	30	0,5472	0,0182		
<b>TOTAL</b>	<b>53</b>	<b>8,8222</b>			
CV 1 (%)	5,64				
CV 2 (%)	7,85				
Média Geral	1,7201				

**TABELA 16A: Teste de Tukey para a variável fósforo nas fezes**

NÍVEIS DE P	Tempo			Média
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	
(T1)	1,24	1,27	1,31	1,27 c
(T2)	1,57	1,77	1,75	1,69 b
(T3)	2,18	2,17	2,24	2,20 a
Média	1,66	1,73	1,76	1,72
CV (%) (Parcela)	5,64			
CV (%) (Subparcela)	7,85			

<sup>1</sup>Médias seguidas por diferentes letras diferem pelo teste Tukey (P<0,01)

**TABELA 17A: Análise de variância para a variável peso vivo (kg)**

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
BLOCO	5	39,1432	7,8286	3,820	0,0339
NIVEIS (P)	2	10,7408	5,3704	2,620	0,1216
Resíduo (A)	10	20,4940	2,0494		
TEMPO (T)	2	30,1240	15,0620	16,260	0,0000
P*T	4	1,1344	0,2836	0,306	0,8715
Resíduo	30	27,7896	0,9263		
TOTAL	53	129,4262			
CV 1 (%)	5,27				
CV 2 (%)	3,54				
Média Geral	27,1812				

**TABELA 18A: Teste de Tukey para a variável peso vivo**

NÍVEIS DE P	Tempo			Média
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	
(T1)	25,75	26,66	27,23	26,5511
(T2)	26,64	27,35	28,41	27,5188
(T3)	26,41	27,50	28,65	27,4738
Média	26,2711 c	27,172 b	28,1005 a	27,1812
CV (%) (Parcela)	5,27			
CV (%) (Subparcela)	3,54			

<sup>1</sup> Médias seguidas por diferentes letras diferem pelo teste Tukey (P<0,01)

**TABELA 19A: Análise de variância para a variável P na urina (mg/kg PV)**

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
BLOCO	5	0,0588	0,0117	0,765	0,5952
NIVEIS (P)	2	0,1268	0,0634	4,126	0,0494
Resíduo (A)	10	0,1537	0,0153		
TEMPO (T)	2	0,0951	0,0475	5,774	0,0076
P*T	4	0,0161	0,0040	0,490	0,7428
Resíduo (B)	30	0,2472	0,0082		
TOTAL	53	0,6980			
CV 1 (%)	50,31				
CV 2 (%)	36,83				
Média geral	0,24648				

**TABELA 20A: Teste de Tukey para a variável P na urina**

NÍVEIS DE P	Tempo			Média
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	
(T1)	0,2200	0,2183	0,1416	0,1933 b
(T2)	0,2400	0,2683	0,1983	0,2355 ab
(T3)	0,3166	0,3850	0,2300	0,3105 a
Média	0,2588AB	0,2905A	0,1900B	0,2464
CV (%) (Parcela)	50,31			
CV (%) (Subparcela)	36,83			

<sup>1</sup>Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem pelo teste Tukey (P<0,05)

**TABELA 21A: Coeficiente de correlação e nível de significância para análise de correlação entre as variáveis estudadas.**

	<b>P-CONS</b>	<b>P-PLAS</b>	<b>P-SAL</b>	<b>P-FEZ</b>	<b>CMS</b>	<b>P-CRUM</b>	<b>P-URI</b>
<b>P-CONS</b>	1	0,64 0,0000	0,86 0,0000	0,92 0,0000	-0,11 0,2223	0,82 0,0000	0,37 0,0130
<b>P-PLAS</b>		1	0,73 0,0000	0,56 0,0000	0,25 0,0302	0,67 0,0000	0,39 0,0310
<b>P-SAL</b>			1	0,79 0,0000	0,00 0,5000	0,87 0,0000	0,34 0,0552
<b>P-FEZ</b>				1	-0,04 0,3858	0,76 0,0000	0,32 0,0184
<b>CMS</b>					1	-0,17 0,1092	-0,01 0,2493
<b>P-CRUM</b>						1	0,44 0,0001
<b>P-URI</b>							1

**P-CONS:** fósforo consumido; **P-PLAS:** fósforo no plasma; **P-SAL:** fósforo na saliva; **P-FEZ:** fósforo nas fezes; **CMS:** consumo de matéria seca; **P-CRUM:** fósforo no conteúdo ruminal; **P-URI:** fósforo na urina.