

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**METABOLISMO E EXIGÊNCIAS DE MINERAIS EM CABRAS
GESTANTES**

Carla Joice Härter

Zootecnista

Fevereiro – 2013

T
E
S
E
/
H
Ä
R
T
E
R
C.
J.
2
0
1
3

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**METABOLISMO E EXIGÊNCIAS DE MINERAIS EM CABRAS
GESTANTES**

Carla Joice Härter

**Orientador: Profa. Dra. Izabelle Auxiliadora Molina de Almeida
Teixeira**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

Fevereiro - 2013

Härter, Carla Joice
H327m Metabolismo e exigências de minerais em cabras gestantes
/ Carla Joice Härter. - - Jaboticabal, 2013
x, 145 p. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013

Orientadora: Izabelle Auxiliadora Molina Almeida Teixeira
Banca examinadora: Ivanete Susin, Francisco Palma
Rennó, Marcelo Teixeira Rodrigues, Márcia Helena
Machado da Rocha Fernandes
Bibliografia

1. Corpo materno. 2. Fetos. 3. Manutenção. 4. Restrição
alimentar. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.3:636.087

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da
Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Campus de
Jaboticabal.

DADOS CURRÍCULARES DO AUTOR

CARLA JOICE HÄRTER – filha de Nélio Härter e Lorena Paula Härter, nasceu na cidade de Augusto Pestana, RS, em 17 de fevereiro de 1984. Em março de 2002, iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal Santa Maria, Santa Maria - RS, graduando-se em 24 de março de 2007. Foi admitida em março de 2007 no Curso de Pós-graduação em Zootecnia (Produção Animal), Mestrado, na Universidade Federal de Santa Maria, com concentração na área de Nutrição de Ruminantes, submetendo-se à defesa de dissertação para conclusão do curso em 13 de fevereiro de 2009. Ingressou no curso de Doutorado em março do mesmo ano, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal, SP, na área de Produção Animal. Durante o doutorado, fez estágio na Universität Zürich, Zürich- Suíça, sob a orientação do PhD, Annette Liesegang.

“Até os jovens se cansam, e os moços tropeçam e caem; mas os que confiam no Senhor recebem sempre novas forças. Voam nas alturas como águias, correm e não perdem as forças, andam e não se cansam.”

Isaías 40.30-31

DEDICATÓRIA

Dedico essa tese àquela que pelo seu amor incondicional foi a principal responsável pelo apoio e motivação para a obtenção de mais esta conquista, à minha mãe, Lorena Paula Härter (in memoriam), amor e saudades sem fim;

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a *Deus*, que sempre foi o principal provedor de tudo que conquistei até o momento em minha vida;

Aos meus pais, *Nélio e Lorena* (in memoriam), que me deram o presente da vida, e principalmente pela educação, amor, apoio e confiança em mim depositados. Aqui manifesto o enorme amor que sinto por vocês e em especial à minha mãe, que por vontade de Deus não se encontra mais entre nós, mas as lembranças mais ternas estarão sempre vivas em minha mente, além da enorme saudade;

Aos meus irmãos *Carmem, Lizete, Volmir e Élvio*, juntamente com seus cônjuges, que de uma forma ou de outra sempre me ajudaram em meus estudos, contribuindo para que eu chegasse até aqui. Amo a todos e sou muito grata por tudo!

Aos meus sobrinhos *Bruna, Vinícius, Aléxia, Augusto e João Vitor*, amo muito vocês meus queridos, vocês são e sempre serão grandes amigos!

Ao *Carlos*, meu namorado, que é o mais belo presentes que Deus me concedeu. Ainda que já nos “45 minutos do segundo tempo do doutorado”, que você surgiu em minha vida, saibas que seu amor, carinho, apoio e companhia estão sendo de fundamental importância e veio para fechar com “chave de ouro” essa importante etapa de minha vida. Eu te amo meu lindo!

A professora *Izabelle*, da qual me orgulho por ter como orientadora, obrigada pela oportunidade que me deste de fazer o doutorado aqui na UNESP e por tantas outras conquistas durante esse período. Muito obrigada pela confiança em mim depositada, pelo tempo, ensinamentos e carinho a mim dedicados.

Ao professor *Kleber* por me acolher como se fosse também sua orientada de doutorado, pelo carinho, amizade, atenção e ensinamentos passados.

Aos companheiros do experimento da gestação, *Astrid, Douglas, Lisiane e Herymá*, além da contribuição de cada um para a realização de nosso projeto, sou muito grata pela convivência com todos vocês durante o doutorado, pois me proporcionaram um crescimento pessoal incalculável.

Aos integrantes do grupo da cabritolândia que contribuíram para a realização desse trabalho, em especial àqueles que estiveram lado a lado conosco no

experimento durante a parte de campo, bem como durante as análises de laboratório como o *Renan, Gabi, Rafael-Kaborja, Nhayandra, Alana, Nariane, Joseane, Juliana, Thiago, Bruno-Faiado, Fernanda, Oscar, Samuel, Mateus e Tati*. Meu muito obrigado a todos, sem sua contribuição seria impossível a realização de nosso experimento.

Aos demais integrantes que estão ou que já passaram pela cabritolândia, obrigada pela amizade e carinho, e também pela companhia durante essa jornada, em especial aos companheiros de festa, churrascos e de muita diversão como o *Diogo, Amélia, Simone, Hugo, Rafael, Fernando e Rebeca*.

Aos funcionários, do laboratório de estudos em Capinocultura, *Juninho e Carlinhos* por toda a ajuda, bem como aos funcionários do laboratório de análises bromatológicas, em especial a *Ana Paula e o Seu Orlando*, pela ajuda e paciência com as infinitas análises da “gestação”.

A família da rep. “*Gaiola das Loucas*” que me acolheu aqui em Jaboticabal e com os quais passei momentos de muita alegria e que sempre cuidou de mim quando mais precisei. Muito obrigada pelo carinho, paciência e amizade, a *Andressa, Douglas, Liliana, Pablo, Sybelli e Taís*. Levarei a todos em meu coração como irmãos, para o resto de minha vida!

Ao casal *Mel e Faiado* pela amizade e carinho. Sinto-me muito feliz por ter amigos como vocês que são verdadeiros companheiros, tanto nos momentos de festa, nas jantãs, almoços, viagens, como também nos momentos difíceis. Muito obrigada por tudo!!!

Aos amigos gaúchos, *Giovani, Xanxe e Luciano*, obrigada pela amizade e pelos inúmeros churrascos oferecidos em sua casa e principalmente pela mesa de sinuca que me permite dar uma desenferrujada no braço!!!

Aos amigos de embora longe sempre estiveram perto, me acompanhando nessa jornada. Saibam que seu carinho foi fundamental em várias etapas do doutorado, inclusive naquelas horas em que a tristeza batia, em especial as minhas borboletinhas *Suka e Mariana*, que inclusive me deram uma mãozinha no experimento, nas análises laboratoriais, juntamente com a *Mariany* que veio dar uma força na moagem das amostras, sou muito grata a vocês e as levo com muito carinho dentro do meu coração! À *Julietinha*, sempre doidinha, mas de um coração

do tamanho do Rio Grande! Ao *Josué*, meu amigo de longa data, praticamente um irmão! À *Fernanda Hentz*, que em pouquíssimo tempo se tornou uma super amiga, e que embora mediante as dificuldades que vem passando é um exemplo de fé, alegria e força de vontade para qualquer um, me orgulho de ter uma amiga como você. À *Belkis*, minha amigona, companheira de todas as jornadas, e nos dias mais recentes minha dentista também, heheh, muito obrigada pelo carinho, por inúmeros conselhos, pelos puxões de orelha, pelos elogios, pelas rizadas né “poia”?!!, mas principalmente pelo companheirismo, à distância e o tempo não foram e não serão capazes de separar a nossa amizade! A *Andrea Ruggia*, muito atenciosa e querida, e que ainda depois de muitos anos pudemos compartilhar de momentos de muita alegria, em algumas viagens pela Europa, e que mesmo tão longe e tão ocupada lá no Uruguay, sempre encontra um tempinho para mandar um e-mail e conversar um pouquinho!

Ao professor *Gilberto Kozloski* que tem participação fundamental em minha formação e responsável pelo meu gosto pela área de nutrição de ruminantes. Tenho grande gratidão por todos os ensinamentos passados, pela confiança, amizade, pelo carinho e por toda a ajuda e suporte dado na formação de minha carreira profissional.

A *Forough*, *Gaby Steiger* e *Corina*, amigas que conheci em Zurique, durante o estágio sanduíche, que contribuíram com momentos de alegria, e amenizaram o sentimento de saudades e os momentos de solidão, obrigada pela ajuda, pelo carinho e companheirismo.

A professora *Annette Liesegang*, atualmente chefe do Instituto de Nutrição Animal do Hospital de Medicina Veterinária da Universidade de Zurique, pela oportunidade de realizar o estágio sanduíche em seu departamento.

Agradeço a FAPESP pelo financiamento do projeto de pesquisa dessa tese bem como da minha bolsa de doutorado (processo 2009/10125-0). Agradeço também a CAPES pela concessão da bolsa de estágio sanduíche (Processo 2400/11-1) realizado na Universidade de Zurique-Suíça.

A todos o meu muito obrigado!

SUMÁRIO

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE ABREVIATURAS.....	vi
CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	8
1. Introdução	8
2. Importância dos minerais na gestação.....	9
2.1 Desenvolvimento do feto.....	12
2.2 Digestão dos alimentos.....	14
2.3 Restrição alimentar na gestação.....	16
3. Exigências líquidas de minerais em cabras gestantes.....	18
3.1 Cálcio e fósforo	18
3.2 Magnésio	19
3.3 Sódio.....	20
3.4 Potássio	21
CAPÍTULO 2. Metabolismo mineral em cabras leiteiras com gestação simples e gemelar ¹	23
1. Resumo.....	24
2. Introdução	25
3. Material e Métodos.....	26
4. Resultados	33
5. Discussão.....	54
CAPÍTULO 3. Metabolismo mineral em cabras gestantes submetidas a restrição alimentar ¹	62
1. Resumo.....	63
2. Introdução	64
3. Material e Métodos.....	65
4. Resultados	73
5. Discussão.....	90
6. Conclusões	96
CAPÍTULO 4. Exigências líquidas em macro minerais para cabras gestantes ¹	97

1. Resumo.....	98
2. Introdução	99
3. Material e Métodos.....	100
4. Resultados	109
5. Discussão.....	126
6. Conclusões	131
IMPLICAÇÕES	132
REFERÊNCIAS	133
ANEXO 1.....	144


CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**CEBEA – COMISSÃO DE ÉTICA E BEM ESTAR ANIMAL****CERTIFICADO**

Certificamos que o Protocolo nº 010690-06 do trabalho de pesquisa intitulado **“Exigências nutricionais de cabras em gestação”**, sob a responsabilidade da Prof^a Dr^a Izabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira, está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal, adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação (COBEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA E BEM ESTAR ANIMAL (CEBEA), em reunião ordinária de 06 de julho de 2006.

Jaboticabal, 11 de julho de 2006.


Prof. Dr. Marcos Lânia de Araújo
Presidente - CEBEA


Med. Vet. Maria Alice de Campos
Secretária - CEBEA

METABOLISMO E EXIGÊNCIAS DE MINERAIS EM CABRAS GESTANTES

RESUMO - Foi avaliado o metabolismo e determinada as exigências de gestação de cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K) em cabras leiteiras com gestação simples e gemelar. Ao todo foram utilizadas 100 cabras (PC $49,5 \text{ kg} \pm 8,9$; ECC $=2,6 \pm 0,66$) sendo 59 cabras da raça Saanen e 55 da raça Alpina. Para os estudos de metabolismo e cálculos de exigências nutricionais foi determinada a retenção dos minerais no corpo materno, no útero gravídeo e na glândula mamária através do método de abate comparativo, sendo que cabras gestantes foram abatidas em diferentes idades gestacionais. Adicionalmente amostras de sangue foram tomadas ao longo da gestação e foram determinadas as concentrações séricas de Ca, P, Mg, Na, K, Ca iônico e atividade da fosfatase alcalina. Foram realizados quatro ensaios de digestibilidade (por volta dos 50, 80, 110 e 145 dias de gestação). Os dados foram analisados como modelos mistos e as exigências de gestação foram determinadas através da equação de Gompertz. O número de fetos não foi decisivo para as mudanças no metabolismo mineral materno. O ganho de peso corporal materno e as suas retenções de Ca, P e Mg (g/kg) diminuiram com o avanço da gestação ($P < 0,01$). A retenção de todos os macro minerais no corpo materno (g/kg) das cabras Alpina foram maiores ($P < 0,01$) e seus fetos apresentaram maior deposição (mg/g) de Ca, P e Mg ($P < 0,01$). Quando submetida à restrição alimentar, a mãe realizou ajustes fisiológicos para evitar a diminuição da deposição mineral nos fetos, sendo que esta não foi prejudicada pelo nível de 20% de restrição alimentar. Entretanto com 40% de restrição, o desenvolvimento fetal foi comprometido, pois a prioridade de certos minerais como P, Na e K passou a ser do corpo materno. As exigências de minerais para gestação foram diferentes entre as raças estudadas e os tipos de gestação ($P < 0,01$). Cabras Alpina tem maior exigências de gestação que cabras Saanen. As exigências de manutenção de cabras gestantes é diferente das exigências de manutenção preconizados para animais adultos em geral.

Palavras chave: corpo materno, fetos, manutenção, restrição alimentar.

MINERAL METABOLISM AND REQUIREMENTS OF PREGNANT GOATS

ABSTRACT -. The metabolism was evaluated and determined the requirements for pregnancy of calcium (Ca), phosphorus (P), magnesium (Mg), sodium (Na) and potassium (K) in dairy goats with twin gestation and simple. Altogether 100 goats were used (PC $49.5 \text{ kg} \pm 8.9$; ECC = 2.6 ± 0.66), 59 Saanen goats and 55 in Alpina. For studies of metabolism and nutritional requirements we determined the retention of minerals in the maternal body, uterus tissues, fetal fluid, fetuses and mammary gland by the method of comparative slaughter. The pregnant goats were slaughtered at different gestational ages. Further blood samples were taken throughout pregnancy and were determined serum concentrations of Ca, P, Mg, Na, K, Ca ionic and alkaline phosphatase activity. Four assays of digestibility were conducted (around 50, 80, 110 and 145 days of gestation). Data were analyzed as mixed models and the requirements for pregnancy was determined by Gompertz equation. The number of fetuses was not decisive for the changes in the mineral metabolism. The maternal body weight gain and its retention of Ca, Mg and P (g/kg) decreased with advancing gestation. The retention of all macrominerals in maternal body (g/kg) Alpina goats were higher and their fetuses showed higher deposition (mg/g) of Ca, Mg and P. When subjected to food restriction, the mother realized physiological adjustments to avoid the decrease of mineral deposition in the fetuses, and this was not affected by the level of 20% food restriction. However restriction with 40%, fetal development was compromised because the priority of certain minerals like P, Na and K became the maternal body. The mineral requirements for pregnancy were different between the breeds and types of gestation. Alpina goats have higher requirements of gestation Saanen goats. The maintenance requirements of pregnant goats is different from the recommended maintenance requirements for adult animals in general.

Keywords: maternal body, fetuses, maintenance, food restriction.

LISTA DE ABREVIATURAS

APHO	Fosfatase alcalina
b	Taxa máxima de crescimento (g/dia)
PC	Peso corporal
PC	Peso corporal.
Ca	Cálcio
Ca+	Cálcio iônico
Cai	Porcentagem de cálcio em dado componente, no início da gestação.
Cl	Cloro
CP	Proteína bruta
MS	Matéria seca
MSi	Porcentagem de matéria seca no início da gestação
DMO	densidade mineral óssea
PCV	Peso de corpo vazio
PCV ^{0,75}	Peso de corpo metabólico
PCVi	Peso de corpo vazio no início da gestação.
ECC	Escore de condição corporal
EE	Extrato etéreo
FWi	Peso do fêmur no início da gestação
GL	graus de liberdade
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
K	Potássio
Ki=	Porcentagem de potássio em dado componente, no início da gestação
MBi	Peso do corpo materno no início da gestação, descontados glândula mamária e útero
ME	Energia metabolizável
Mg	Magnésio
Mgi	Porcentagem de magnésio em dado componente no início da gestação
MGWi	Peso da glândula mamária no início da gestação.
N	Nitrogênio
Na	Sódio

NaCl	Cloreto de sódio
Nai	Porcentagem de sódio em dado componente, no início da gestação
FDN	Fibra em detergente neutro
P	Fósforo
Pi	Porcentagem de fósforo em dado componente, no início da gestação
Pin	Peso inicial
Pnasc	peso ao nascimento
UNAR	Estrutura de covariância autoregressiva desestruturada
UNCS	Estrutura de covariância de simetria composta desestruturada
UWi	Peso do útero no início da gestação.

CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

Com a expansão dos mercados interno e externo, nas últimas décadas o rebanho de ovinos e caprinos sofreram um aumento significativo, tornando o Brasil o oitavo maior criador mundial (RESENDE et al., 2008). Se observarmos isoladamente o rebanho caprino, entre os anos de 2000 a 2008, verifica-se que este se manteve praticamente o mesmo, girando em torno de 9,3 milhões de animais. No entanto nota-se mudanças dentro do país em relação à produção, de forma que a caprinocultura teve aumento significativo em regiões que alguns anos atrás tinham produção inexpressiva (RESENDE et al. 2010), isso se deve ao fortalecimento de cooperativas e associações, que facilitaram a comercialização. Além disso, nessas regiões os criatórios se caracterizam por explorar a atividade de maneira mais intensiva. Conseqüentemente, observa-se melhora de índices produtivos, o que demanda padrão alimentar adequado, que atenda as exigências nutricionais do rebanho.

No Brasil, as recomendações de exigências nutricionais utilizadas baseiam-se em dados obtidos de sistemas de alimentação de outros países, que provém de animais de outras espécies, submetidos a diferentes condições ambientais. Além disso, especialmente quanto às exigências de minerais, observa-se extrapolação de dados obtidos com ovinos e bovinos (GOMES et al. 2011), sobretudo na fase de gestação, onde se encontram as maiores lacunas (RESENDE et al., 1999; RESENDE et al., 2008).

Durante a gestação, o nível nutricional tem extrema importância. Atenção especial deve ser dada não somente nos últimos 50 dias, quando é observado maior desenvolvimento dos tecidos fetais (MOULIN, 1991), mas também no início da gestação. Essa é caracterizada pela preparação do corpo materno para suprir o aporte de nutrientes que será demandado pelo feto posteriormente (CARLIN & ALFIREVIC, 1998; ERHARDT & BELL, 1995). Para suprir as necessidades de nutrientes para o desenvolvimento do feto ocorrem ajustes metabólicos maternos.

Essas mudanças podem ser percebidas na composição corporal e no metabolismo materno, bem como, no seu consumo de nutrientes (HAFEZ & HAFEZ, 2004).

Muitos são os fatores que podem influenciar nas exigências minerais, incluindo nível de produção, idade, nível e forma química dos minerais nos ingredientes da dieta, inter-relações com outros minerais (CONRAD et al., 1985), grupo genético (ARC, 1980) e sexo (NRC, 2007). Os minerais desempenham papel importante na utilização da energia e da proteína, e na biossíntese de nutrientes essenciais, tornando-se importante durante todo o período produtivo do animal (THOMPSON & CAMPABADAL, 1978).

Tem sido observado, que em média, o incremento no ganho de peso de cabras durante a gestação é de aproximadamente 6 e 7 kg para as cabras com um e dois fetos, respectivamente (MELLADO et al., 2004). No entanto, o peso materno (não levando em consideração os pesos de úbere e útero grávido) diminui no período de 100 a 140 dias de gestação (LIMA, 2011). Dessa forma, mudanças no peso corporal de fêmeas gestantes ocorrem devido a ajustes no seu metabolismo para melhor adequação à nova condição fisiológica. Além disso, observa-se também mudança no uso de energia pelos tecidos viscerais devido ao aumento da massa dos tecidos e batimentos cardíacos, funções dos rins e do fígado (REEDS et al., 1999).

Nesse contexto, o conhecimento das alterações metabólicas que ocorrem nas fêmeas durante a gestação é de extrema importância quando se visa desempenho produtivo e reprodutivo satisfatórios. Assim, vários estudos têm sido desenvolvidos para o melhor entendimento do metabolismo destes animais, sendo que a maior parte destes abordou os metabolismos proteico, lipídico e energético. Pouca atenção tem sido dada ao metabolismo mineral, entretanto a carência desses elementos acarretam alterações nutricionais graves, mesmo em níveis subclínicos, levando o animal a apresentar problemas no desempenho produtivo e reprodutivo (SPEARS, 1999).

2. Importância dos minerais na gestação

De acordo com FTHENAKIS et al. (2012) e HAFEZ E HAFEZ (2004), fisiologicamente a gestação é dividida em 3 períodos:

i) Período de fertilização do óvulo refere-se ao início da união do blastocisto e termina com a implantação do embrião, antes do estabelecimento da circulação intra-embriônica;

ii) Período embrionário, sendo do 12º aos 34º dia na ovelha e do 15º ao 45º dia na vaca. Caracterizado pelo rápido crescimento e diferenciação celular dos principais tecidos, com início da formação da maioria dos órgãos;

iii) Período fetal, a partir do 34º dia nos ovinos e 45º dia em bovinos até o nascimento, caracterizado pelo crescimento e mudanças na forma do feto.

Para garantir o sucesso da gestação, ocorrem importantes modificações fisiológicas no corpo materno como o crescimento do útero, da glândula mamária, aumento da taxa cardíaca e respiratória, do volume sanguíneo, da absorção no intestino e diminuição da excreção renal dos nutrientes (BAUMAN & CURRIE, 1980; BELL & EHRHARDT, 2000; MATTISON et al., 1990; SCHEAFFER et al. 2001). Além disso, a gestação é caracterizada por mudanças endócrinas de forma que se destaca o elevado nível de progesterona, o principal hormônio mantenedor da gestação, estrógeno e insulina que é um dos principais mantenedores da nutrição energética do feto (HAFEZ & HAFEZ, 2004; MUNRO, et al., 1983).

Uma das maiores mudanças fisiológicas que ocorre na gestação envolve o sistema cardiovascular, sendo que já no primeiro terço da gestação algumas alterações são necessárias para estabelecer adequado fluxo de sangue uterino que servirá para nutrição e aquecimento do feto (HEIDEMANN & MCCLURE, 2003; MATTISON et al. 1990). Os músculos cardíacos se contraem de forma semelhante aos músculos esqueléticos, entretanto com duração muito mais longa, e necessitam da presença de Ca extracelular para realizar a contração. Além disso, os gradientes de concentração transmembrana de repouso são mantidos pelo bombeamento ativo de íons Na e K, de forma a manter a concentração de K muito maior dentro das células e Na maior fora da célula. Esse processo envolve gasto de ATP que é constituído de fósforo e a sua fosforilação é dependente da presença de Mg como ativador enzimático (LEHNINGER, 2002).

A progesterona e o estrogênio causam o aumento da taxa de reabsorção glomerular renal através de efeito mineralocorticoide, levando ao aumento do volume sanguíneo, correspondendo a 50 % em humanos, entretanto em animais essa quantidade parece ser menor (MATTISON et al. 1990). Isso se dá principalmente devido a o aumento na reabsorção renal de Na, aumentando conseqüentemente a retenção de água no corpo materno. Entretanto, a concentração das células vermelhas do sangue não acompanha o aumento do volume sanguíneo nas mesmas proporções, levando a mãe a estado anêmico. Por outro lado as concentrações de fibrinogênio e de todos os fatores de coagulação se elevam consideravelmente, levando a gestação para estado de hipercoagulação (CARLIN & ALFIREVIC, 2008). Nesse contexto, além do Na, o cálcio desempenha papel importante, principalmente por estar envolvido em funções de coagulação sanguínea, pois é o principal responsável pela ativação dos fatores de coagulação IX, X e II, e pela insolubilização da fibrina (SUTTLE, 2010; LARVOR, 1983).

Em cabras e ovelhas o fluxo sanguíneo aumenta consideravelmente à medida que avança a gestação, a fim de proporcionar o fornecimento adequado de O₂ ao feto, acompanhando o seu crescimento (METCALFE et al., 1959). A placenta, placentomas e o útero vazio representam menos de 20% do peso do útero grávido, no final da gestação. Entretanto, eles consomem 35 a 50% de oxigênio e pelo menos 65% de glicose em ovelhas e vacas (MESCHIA et al., 1980; REYNOLDS et al., 1986). O O₂ é utilizado principalmente nos processos de oxidação celulares, para obtenção de energia, esse processo envolve moléculas de P e Mg, devido sua importância na formação do ATP. Além disso, o Mg também é responsável pela a ativação de inúmeras outras enzimas e é vital para assegurar o transporte de nucleotídeos adenina, que por sua vez possui papel importante na respiração celular (OPIE, 2004). No processo respiratório, destaca-se também, o Na e o K que por sua vez estão envolvidos nos processos de trocas de cloro para a retirada do CO₂ das hemácias.

O período de gestação inclui não apenas o desenvolvimento fetal, mas também o crescimento do útero e de membranas fetais. O útero é o órgão que recebe o embrião dando suporte nutricional e endócrino para seu desenvolvimento na fase pré-natal, a qual finaliza com o parto. Dentro deste órgão é formada a

placenta e vasos sanguíneos que fornecem todas as condições para o desenvolvimento fetal. Assim, no momento em que o tecido fetal se funde com o tecido materno, ocorre a formação da placenta, que permite as trocas fisiológicas entre a mãe e o feto (GRUNERT & BIRGEL, 1982). A placenta tem como sua principal função transferir os nutrientes da mãe para o feto pelo cordão umbilical (HAFEZ & HAFEZ, 2004). Além de sua função endócrina, a placenta possui atividade na transferência de gases, hormônios, eletrólitos, anticorpos e produtos de excreção. Possui também função metabólica, principalmente no início da gestação, ao sintetizar glicogênio, colesterol e ácido graxos, importantes fontes de energia para o feto (MELLOR, 1987).

O estudo realizado por EHRHADT & BELL (1995) mostrou que em ovelhas o maior crescimento dos componentes uterinos se dá aproximadamente na metade da gestação, atingindo a maior taxa de crescimento até os 80 dias de prenhez, estabilizando após isso. Assim, a placenta utiliza até metade da gestação a maioria dos substratos enviados para útero grávido, mas com o avanço da gestação, a prioridade dos nutrientes passa a ser demandada pelo feto.

A transferência da maior parte dos nutrientes do corpo materno para o feto (aminoácidos, minerais e vitaminas solúveis em água) se dá por processo ativo, o que envolve gasto de energia, e atividade da bomba de sódio e potássio (STULC, 1997; McDONALD et al., 2001). Minerais como Ca, Mg e íons fosfato necessitam de transporte ativo, envolvendo gasto de ATP para atravessarem a placenta, enquanto que o potássio, sódio e cloro aparentemente não dependem de transporte ativo (MUNRO et al., 1983). Além disso, o Ca em especial, é transportado por mecanismo envolvendo íons Ca e enzima ATPase. Dessa forma, destaca-se a importância de adequada nutrição materna quanto aos minerais Ca, P, Na e K devido sua importância no processo de transferência de nutrientes para o feto. Também cabe ressaltar que todos os processos que envolvem a utilização de ATP necessitam da presença de Mg que tem papel essencial como ativador enzimático na fosforilação de ADP para ATP (LEHNINGER, 2002).

2.1 Desenvolvimento do feto

O crescimento animal ocorre pelo aumento da massa tecidual, e na fase embrionária esse crescimento é por hiperplasia (ALLEN et al., 1979), iniciando pelo tecido nervoso e seguido de forma ordenada pelo tecido ósseo, muscular e adiposo.

Nos ruminantes, a porcentagem de aumento de peso e tamanho do feto por unidade de tempo (crescimento relativo), é mais rápida nos estágios iniciais e diminui com o decorrer da gestação. O aumento absoluto por unidade de tempo (crescimento absoluto) aumenta exponencialmente chegando ao máximo no final da gestação (GREENWOOD & BELL, 2003; HAFEZ & HAFEZ, 2004), podendo variar devido às diferenças de tamanho do esqueleto, peso ao nascer e duração da gestação (GRANT & HELFERICH, 1991).

Devido a complexos fatores o crescimento dos mamíferos obedecem a uma curva de crescimento sigmoideal, podendo ser grosseiramente dividido em três fases, inicial, linear e final. A fase inicial é marcada pela aceleração do crescimento, a fase intermediária é considerada linear e na fase final ocorre a desaceleração do crescimento, estabilizando quando o animal atinge a sua maturidade (LAWRENCE & FOWLER, 2002). Na fase final da gestação é observado redução na taxa relativa de crescimento do feto (%/dia), possivelmente por o feto estar entrando na fase linear de crescimento.

O tamanho dos fetos é determinado pelo sexo do feto, raça e nutrição da mãe. Em geral fetos machos são maiores devido o efeito anabólico dos hormônios sexuais que estes secretam, o que os tornam mais hábeis em absorver mais nutrientes da mãe durante o desenvolvimento pré-natal (MARTINS et al. 1996). Assim como em humanos, a diferença de peso entre sexo deve-se ao maior desenvolvimento do feto no último terço da gestação (COOKE & LEVINE, 1970). Diferenças do tamanho fetal entre espécies e raças são devido a intima integração entre o suprimento alimentar para o feto (fator ambiental) e a taxa de divisão celular (fator genético) (HAFEZ & HAFEZ, 2004). Os fatores ambientais incluem número e peso do feto, dias de gestação, tamanho da placenta, estresse climático e a nutrição da mãe, a qual é considerada o fator mais importante. Portanto, sob o ponto de vista nutricional, seu peso ao nascer é geralmente proporcional ao plano de nutrição da

genitora, assim a restrição alimentar da mãe retardará o crescimento fetal (VERDE, 1996).

A maior fração de minerais exigidos na gestação é demandada pelo feto. Quase todo o Ca e grande parte do P e Mg é utilizado na formação do esqueleto, enquanto que a maior parte do Na e K ficam depositados nos órgãos e tecidos moles (GRACE et al., 1986). No início da gestação a concentração de Ca no sangue do feto excede as concentrações do sangue materno (KOVACKS, 2003). Ainda por razões não muito claras, esse processo parece ser importante para assegurar a adequada mineralização do feto.

As concentrações séricas de P do feto também são maiores do que os maternos, e isso é principalmente atribuído ao fato de que o fosfato é ativamente transportado pela placenta, mas os reguladores desse processo ainda são desconhecidos. Já quanto ao Mg, estudos em ovinos mostraram que o feto é capaz e de manter a concentração plasmática desse mineral, independente da concentração de Mg no sangue materno (KOVACS, 2003).

O início da atividade renal do feto nos últimos dias da gestação provoca absorção de 85 a 95% do Na ao aumento da concentração da enzima Na-KATPase que desempenha papel principal na reabsorção do sódio. Consequentemente diminui a concentração de Na e aumenta a concentração de K na urina do feto (ANNE PEARSON & MELLOR, 1977; TABATABAEI, 2011). Além disso, esses autores também sugerem que nesse período podem ocorrer mudanças na permeabilidade a esses íons ou até mesmo a uma diminuição da atividade das bombas de Na e K.

2.2 Digestão dos alimentos

Diferente de outras espécies, possivelmente devido ao menor número de fetos, os ruminantes parecem não aumentar o consumo de alimento no início da gestação em resposta da elevação dos níveis séricos de progesterona. No entanto a

eficiência de utilização dos nutrientes é aumentada durante a gestação (FORBES, 1971).

Uma das alterações hormonais mais importantes durante a gestação é o aumento da secreção de insulina e isso se dá principalmente devido a ação dos elevados níveis de estrogênio e progesterona (MUNRO, et al., 1983).

Nos últimos meses de gestação tem se observado uma queda significativa no consumo de matéria seca decorrente de dois fatores i) compressão do trato digestivo causado pelo crescimento do útero grávido, ii) aumento significativo do nível sérico de estrogênio na segunda metade da gestação em ruminantes, o qual possui ação negativa no consumo (FORBES 1971, VAN SOEST, 1994). Além disso, não existem relatos de mudanças na motilidade intestinal na gestação, de forma que têm sido sugerido diminuição da taxa de passagem dos alimentos durante esse período.

Com o menor consumo de alimento na segunda metade da gestação, acredita-se que os processos digestivos se intensificam ainda mais. Nutrientes como aminoácidos, glicose e os minerais atravessam a parede dos enterócitos por transporte ativo, envolvendo gasto de energia, e são dependentes da troca de íons Na e K. Esses processos se encontram intensificados com o avanço da gestação, dessa forma destaca-se a importância do fósforo por ser componente do ATP e dos íons Na e K por estarem diretamente envolvidos nesse processo absorptivo através da bomba de Na e K.

No início da gestação já é observado aumento na absorção de Ca, se comparado a animais não gestantes (KOVACS, 2001). BRAITHWAITE et al, (1970) em estudo realizado com ovelhas, encontrou aumento da absorção de Ca com o avanço da gestação. A absorção do cálcio possui sistema regulatório altamente eficiente e de forma que a menor quantidade de Ca que chega à dieta causa aumento no coeficiente de digestibilidade (LARVOR, 1983). Além disso, não só a vitamina D, mas também os níveis de estrogênio atuam na regulação da absorção de Ca na gestação (CHRISTAKOS et al, 2011). Dessa forma, o incremento na absorção de Ca, principalmente na segunda metade da gestação pode ser resultado da ação conjunta do elevado nível de estrogênio sérico e da menor disponibilidade de Ca na dieta.

Ainda são escassos os dados referentes à digestibilidade de Mg, principalmente ao que se refere ao estágio fisiológico produtivo. Sabe-se que o K pode interferir negativamente na absorção do Mg pela relação de antagonismo existente entre esses elementos (SUTTLE, 2010). Resultados envolvendo a ação negativa do K na digestibilidade do Mg foram encontrados por Weiss (2004) em estudo realizado com vacas em lactação. Entretanto, são praticamente inexistentes dados na literatura referentes às mudanças de digestibilidade do Mg durante a gestação.

Tanto o fósforo como o sódio são intensamente secretados via saliva e dessa forma a sua contribuição endógena é altíssima. Assim, muitas vezes é possível que se encontre valores negativos de digestibilidade desses minerais.

VALADARES et al, (1992) em trabalho realizado com cabras gestantes não observou diferenças entre a digestibilidade da matéria seca, entretanto mostra que a absorção de sódio é maior em animais gestantes, quando comparados com não gestantes, ainda observou que dietas com suplementação de NaCl melhoram a absorção de Ca na gestação.

Não tem sido relatada mudanças na digestibilidade do fósforo em consequência da gestação em ruminantes (VALADARES et al., 1992, NRC 2001; NRC, 2007). PFEFER et al, (2005) relatou que ocorrem perdas significativas de P do esqueleto após a metade da gestação em ovelhas, de forma que 71,6% do que é destinado ao feto provém da reabsorção óssea enquanto que somente 28,4 é proveniente da dieta. Em animais em crescimento a quantidade de P ingerida na dieta é diretamente proporcional à quantidade retida no corpo e a quantidade excretada nas fezes e urina (PFEFER et al., 2005).

2.3 Restrição alimentar na gestação

As mudanças no peso corporal das fêmeas durante a gestação dependem da constituição genética dos animais, da fase e do tipo de gestação, problemas

sanitários, fatores ambientais e principalmente do nível de alimentação (MEDEIROS et al., 2004).

Na literatura, há consenso que no primeiro período da gestação ocorre significativo aumento na ingestão de alimentos (FORBES, 1970; 1987). Esse maior consumo, conseqüentemente aumenta as reservas corporais, uma vez que a eficiência de deposição de gordura corporal é maior que a de crescimento fetal, favorecendo a melhora da condição corporal da mãe, para a manutenção da gestação (FORBES, 1970). Por outro lado, no terço final de gestação as cabras deixam de acumular tecido de reserva na carcaça em detrimento da gestação e o desenvolvimento da glândula mamária (GUESNET et al., 1991). Nesse caso, os tecidos são mobilizados na seguinte ordem: gordura, músculo e osso, ordem essa inversa à da deposição. Assim quando o animal se encontra em balanço energético negativo, há catabolismo do tecido muscular e adiposo, embora a mobilização deste último, em termos energéticos, seja mais importante, quantitativa e qualitativamente.

Diante do exposto, fica claro que a restrição alimentar durante a gestação pode causar mudanças consideráveis no metabolismo do animal.

A nutrição pré-natal interfere não só no neonato, mas, principalmente, sobre o desempenho produtivo e reprodutivo da gestante. Fêmeas sob restrição alimentar podem apresentar mortalidade embrionária, natimortos, crias fracas, redução de fertilidade, queda da resistência às infecções parasitárias e produção insuficiente de colostro e leite para garantir o desenvolvimento das crias. Em situações extrema de subnutrição pode causar distúrbios metabólicos capazes de intensificar estes efeitos, como reduzir muito a condição do escore corporal da gestante, provocando retardamento no aparecimento do primeiro estro pós-parto, ou até mesmo a morte da mãe (GUIMARÃES FILHO et al. 2000).

MACEDO JUNIOR (2008) em trabalho com cordeiros Santa Inês e observou que as restrições alimentares pré e pós-natal afetaram o tamanho, a taxa de crescimento e o tipo de desenvolvimento de vários órgãos internos, evidenciando a necessidade de suplementação adequada para fêmeas no terço final da gestação e para cordeiros durante a fase de crescimento. Além disso, tem sido relatado casos de obesidade, diabetes tipo II, hipertensão e doenças cardiovasculares, bem como problemas metabólicos e de comportamento na vida pós-natal de fetos que sofreram

elevada restrição de nutrientes durante a gestação (TRAHAIR et al., 1997; LONG et al., 2009; LAPORTE-BROUX et al., 2012).

Trabalhos voltados para a programação de crescimento fetal tem sido desenvolvidos no sentido de investigar as consequências da restrição alimentar tanto no início, como no terço final da gestação (BELL;EHRHARDT, 2000; BREIER, 2006; LONG et al., 2009; DEMIRTAS & OZCAN, 2012). Tais estudos tem como objetivo modular a transferência de nutrientes da mãe para os fetos de forma que esse processo pudesse se tornar mais eficiente.

Entretanto a maioria dos estudos têm chegado a resultados que evidenciam sérias consequências no desenvolvimento metabólico do feto, sob restrição de energia e proteína (JONES, 1976; BATTAGLIA & MESCHIA 1978; BATTAGLIA, 1992, BEL & EHRHARDT, 2000).

Em estudos realizados com ratos, em condições de subnutrição, tem sido relatado pequena diminuição dos minerais na placenta. Por exemplo, o Mg apresenta pequenas diminuições, entretanto as concentrações plasmáticas materna e do feto reduzem consideravelmente. A carência de K pode levar a mãe a hipocalcemia, enquanto que as concentrações da placenta e feto permanecem inalteradas. Devido a livre passagem de Na e Cl pela placenta, a redução desses nutrientes na nutrição materna resultará em proporcional redução de Na plasmático fetal (MUNRO et al. 1983).

3. Exigências líquidas de minerais em cabras gestantes

3.1 Cálcio e fósforo

Visto que as exigências de cálcio (Ca) e fósforo (P) são afetadas por diversos fatores, esses dois elementos são, geralmente, estudados conjuntamente em razão da existência de interdependência nutricional e metabolismo associado. Esses elementos têm grande importância no metabolismo animal. Os animais em

crescimento, fêmeas em gestação ou lactação destacam-se por necessitar desses elementos em maior quantidade.

Cálcio e fósforo são os minerais encontrados em maior abundância no ser vivo. Cerca de 98 % do cálcio e 80% do P está armazenado nos ossos exercendo função estrutural. O cálcio livre está distribuído nos tecidos e fluídos extracelulares, atuando como responsável pela contração muscular, coagulação sanguínea, regulação cardíaca, transmissão dos impulsos nervosos, cofator enzimático e na produção de leite (SUTTLE, 2010; AMMERMAN & GOODRICH, 1983). O fósforo por sua vez tem um papel importante no catabolismo de carboidratos através do ATP, na permeabilidade da célula como fosfolipídio, ajuda na transmissão nervosa por ser um componente da bainha de mielina. Além disso, coenzimas de vários complexos vitamínicos B exigem fosforilação para sua formação e o fósforo também é componente do DNA e RNA (AMMERMAN & GOODRICH, 1983; LARVOR, 1983).

As exigências de minerais para gestação correspondem principalmente à mineralização do feto, do útero gravídeo, produção de líquido placentário bem como do colostro, sendo que o maior desenvolvimento dos tecidos fetais é considerado nos últimos 45 dias de gestação (KADU & KAIKINI, 1987).

Os sistemas de alimentação CSIRO (2007) e AFRC (1991) não trazem exigências líquidas de gestação de Ca e P para caprinos, de forma que considera valores de exigência para caprinos iguais aos de ovinos. Para as exigências desses minerais o AFRC considera o peso da mãe e os dias de gestação nos dois últimos meses de gestação.

Entretanto o NRC (2007) traz valores de exigências de Ca e P para gestação em caprinos, levando em consideração o tamanho e o número de fetos nos últimos 50 dias de gestação. Este sistema considera que em média, a composição corporal do feto de Ca e P ao nascimento, são de 11,5 e 6,6 g/kg respectivamente.

3.2 Magnésio

O magnésio (Mg) é o terceiro mineral mais abundante no esqueleto, cerca de 60% do total presente no corpo. O Mg também é o cátion intracelular mais presente no organismo, atuando como cofator enzimático, ativando muitos sistemas de importância vital como rotas de transferências de fosfato (formação do ATP) e de descarboxilação. O Mg extracelular é importante para a manutenção de atividade neuromuscular e formação mineral dos ossos (AMMERMAN & GOODRICH, 1983, NRC 2001).

Durante a gestação o Mg é requerido para formação óssea do feto, atua como cofator enzimático e está principalmente envolvido na captura de energia proveniente do corpo materno pelo feto (GRACE et al., 1985; KOVACS, 2003; SUTTLE, 2010).

O Mg é absorvido principalmente no intestino delgado, e é atribuída a taxa de consumo de alimento. Sua absorção pode ser prejudicada pela ação antagônica do K na dieta e mediante um excesso de Mg, sua excreção se dá principalmente pela urina.

O ARC (1980), AFRC (1998) CSIRO (2007) e SUTTLE (2010) usam as mesmas recomendações de Mg na gestação, onde encontramos recomendações para ovelhas gestantes nas últimas 12 semanas de gestação, sendo considerado o peso vivo materno, o número de fetos, o consumo de MS e de potássio na dieta. O NRC (2007) traz como recomendação para cabras gestantes para os últimos 50 dias de gestação, calculada através de equação que leva em consideração o peso vivo da cabra e um coeficiente de absorção de 0,20 segundo Kessler (1991).

3.3 Sódio

O sódio (Na) juntamente com o cloro (Cl) desempenham funções de equilíbrio ácido-básico, mantém a pressão osmótica e controlam o metabolismo da água no organismo e as suas funções e exigências são diretamente proporcionais (SUTTLE, 2010). Por essa razão, em geral se convencionou determinar as exigências líquidas de somente um desses minerais.

Os ruminantes possuem reservas de Na nos ossos e no rúmen, o que os permite tolerar eventual restrição alimentar (SUTTLE, 2010). Dentre as funções do sódio destaca-se: regulação da pressão osmótica, do equilíbrio ácido-base, contração muscular, transmissão nervosa, transporte ativo de aminoácidos, carreamento da glicose para células, absorção e transporte de Ca. O cloro por sua vez faz parte do suco gástrico que é responsável pela ativação da amilase intestinal. É o ânion mais abundante do fluído extracelular. Ele é transferido entre o plasma e eritrócitos por um processo chamado de troca de cloro que por sua vez auxilia na respiração e na regulação do pH do sangue (AMMERMAN & GOODRICH, 1983; LARVOR, 1983).

A absorção de Na e Cl se dá principalmente no intestino delgado e intestino grosso. A excreção desses minerais se dá pelas fezes, suor e principalmente pela urina, sendo que nos rins ela é controlada pela aldosterona e hormônio antidiurético.

Devido à escassez de informações sobre as exigências de Na e Cl na gestação, bem como de valores de coeficientes de absorção, perdas fecais e urinárias desses elementos, o NRC (2007) traz estimativas das exigências que foram derivadas do ARC 1980, AFRC (1998) e de estudos realizados isoladamente. Além disso, grande parte dos dados provém de resultados obtidos com ovelhas gestantes. Estas estimativas baseiam-se no peso corporal materno, sendo divididas em duas fases, dos 105 aos 133 dias e dos 133 aos 147 dias de gestação.

3.4 Potássio

O potássio (K) é o terceiro mineral mais abundante no corpo e exerce papel fundamental no equilíbrio osmótico celular através da bomba de Na e K, sendo o K cátion do fluído intracelular, desempenha um papel importante na atividade de células nervosas e musculares. Ele também tem função de manter o equilíbrio ácido-base, bem como a retenção de água (SUTTLE, 2010). O K é importante para a ativação de vários sistemas enzimáticos incluindo aqueles envolvidos na síntese de proteínas e metabolismo de carboidratos (AMMERMAN & GOODRICH, 1983). Este

mineral entra no intestino delgado juntamente com fluidos digestivos e sua absorção ocorre por simples difusão. Elevado consumo de Na aumenta a excreção de K que ocorre pela urina. Deficiência de K pode ser causada por dietas deficientes em K, excesso de consumo de sal (NaCl), perdas gastrointestinais e condições de estresse.

As recomendações para cabras gestantes no NRC (2007) são para os últimos 50 dias de gestação, calculada através de equação que leva em consideração o peso vivo da cabra e coeficiente de absorção de 0,90.

Em geral, observa-se uma gama de estudos correlacionando mudanças que ocorrem na gestação com o metabolismo energético e proteico. Entretanto escassas são as informações de como os minerais atuam nesses processos fisiológicos, sobretudo mediante situação de subnutrição. Dessa forma, é justificável estudos com o objetivo de identificar a participação dos macro minerais nas mudanças fisiológicas mais relevantes que ocorrem na gestação.

Do ponto de vista de recomendações para atender as exigências nutricionais de minerais para cabras gestantes, constata-se que há enorme lacuna. Ainda são poucos os sistemas de alimentação que trazem valores de exigências de minerais diretamente obtidos com caprinos (NRC, 2007). Enquanto que a grande maioria adota extrapolações de dados obtidos com ovinos para aplicação em caprinos.

Portanto a tese tem como objetivo avaliar a composição corporal, estimar as exigências de macrominerais e estudar o metabolismo mineral em cabras gestantes, nas diferentes fases da gestação.

CAPÍTULO 2. Metabolismo mineral em cabras leiteiras com gestação simples e gemelar¹

Carla Joice Härter,* Douglas de Souza Castagnino,* Astrid Rivera Rivera,* Annette Liesegang, † Lisiane Dorneles de Lima, ‡ Kleber Tomas de Resende,* Alana Mendonça Nunes,* Normand St-Pierre § Izabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira,*²

* Department of Animal Sciences, University of State of São Paulo, Jaboticabal, SP, Brazil 14884-900;

† Institute of Animal Nutrition, University of Zurich, Zurich, CH-8057, Switzerland;

‡ Departament of Animal Science, Universidade do Norte do Paraná- UNOPAR, Londrina, PR, Brazil;

§ Department of Animal Sciences, The Ohio State University, Columbus, Ohio, United States, 44691;

¹ The authors are grateful to Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP processos: 2009/10125-0 e 2007/58239-8) for provision of financial support.

² Corresponding author: izabelle@fcav.unesp.br

1. Resumo

Importantes mudanças fisiológicas acontecem no corpo materno durante a gestação, e o presente estudo teve como objetivo averiguar os seus impactos no metabolismo do cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K) em cabras leiteiras com gestação simples e gemelar. Quarenta e duas cabras (49,5 kg \pm 7,6 PC) foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial incluindo duas raças (Alpina e Saanen), dois tipos de gestação (simples e gemelar) e três idades de gestação (80, 110 e 140 dias). Os animais foram alimentados à vontade e nas idades gestacionais pré determinadas foram abatidos. Também foram realizados quatro ensaios de disponibilidade (por volta dos 50, 80, 110 e 140 dias de gestação). Foi avaliada a retenção mineral durante a gestação no corpo materno, fêmur, útero, glândula mamária, fetos e líquido placentário. Amostras de sangue foram tomadas ao longo da gestação e foram determinadas as concentrações séricas de Ca, P, Mg, Na, K, Ca iônico e atividade da fosfatase alcalina. No fêmur direito foi determinada a densidade mineral óssea. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o procedimento MIXED do SAS. O número de fetos não foi decisivo para as mudanças no metabolismo mineral materno. As principais alterações metabólicas ocorreram devido ao avanço da gestação e entre as raças estudadas. O coeficiente de absorção aparente de Ca e P aumentaram até o final da gestação ($P < 0,05$), no entanto o balanço de Ca e P foi maior aos 80 dias de gestação, diminuindo nos dias seguintes ($P < 0,01$). O balanço de Mg e Na foi negativo, ocorrendo redução significativa destas perdas a partir dos 80 dias de gestação ($P < 0,01$). O ganho de peso corporal materno e as suas retenções de Ca, P e Mg (g/kg) diminuíram com o avanço da gestação ($P < 0,01$). A retenção de todos os macro minerais no corpo materno (g/kg) das cabras Alpina foram maiores ($P < 0,01$) e seus fetos apresentaram maior deposição (mg/g) de Ca, P e Mg ($P < 0,01$). A retenção (mg/g) de todos os minerais aumentaram nos fetos com o avanço da gestação ($P < 0,01$), não havendo diferenças entre gestação simples e gemelar. Foi observado aumento na retenção (mg/g) de P, Mg, Na e K no líquido placentário, à medida que a gestação avançou ($P < 0,05$). As retenções de todos os minerais (g) na glândula mamária aumentaram até o fim da gestação ($P < 0,05$).

2. Introdução

O sucesso da gestação é garantido por importantes mudanças fisiológicas no corpo materno, dentre as quais se destaca o crescimento do útero e glândula mamária, aumento do volume sanguíneo, melhora na absorção intestinal e reabsorção renal bem como adaptações nos sistemas respiratório e cardiovascular (Bauman e Currie, 1980; Bell e Ehrhardt, 2000; Mattison et al., 1990; Scheaffer et al., 2001).

Tais mudanças, principalmente referentes ao metabolismo proteico e energético, tem sido estudadas em grande parte nos últimos dias da gestação, quando são observadas as maiores taxas de crescimento fetal (Battaglia e Meschia, 1978; Bauman e Currie, 1980, Doepel et al., 2009).

Os minerais tem sido negligenciados em estudos na nutrição de ruminantes, entretanto eles desempenham funções essenciais no organismo (Ahmed et al., 2000; NRC, 2007; Suttle, 2010). No tocante a gestação, a nutrição mineral torna-se ainda mais importante, uma vez que esta é uma fase marcada pelo incremento das exigências de macro minerais, de forma que mediante insuficiência dietética desses elementos, a mãe irá mobilizar suas reservas corporais para suprir a demanda do feto (Yildiz et al. 2005; Kovacs, 2006). Apesar destas evidências, existem poucas informações referentes a dinâmica como esta mobilização acontece e até mesmo quando ela se inicia.

Poucos são os estudos envolvendo o metabolismo mineral durante a gestação, de forma que os existentes foram realizados em ovelhas e vacas (Braithwaite et al., 1970; House, 1993; Suttle, 2010), sendo que pesquisas realizadas com cabras, foram voltadas ao metabolismo de reabsorção óssea durante a gestação (Liesegang et al., 2007a,b, 2008).

Estudos prévios mostraram que as exigências de minerais durante a gestação estão diretamente relacionadas ao número de fetos e seu tamanho (NRC, 2007; Resende, et. al, 1999; Pfeffer e Keunecke, 1986). Dessa forma, é esperado diferença no metabolismo mineral entre gestações simples e gemelares. Estudos realizados com ovelhas mostraram menores níveis séricos de cálcio e fósforo nas fêmeas gestando dois fetos (Yildiz et al., 2005). Em humanos tem sido reportado

diferenças de metabolismo ósseo em mulheres com gestação gemelar (Okah et al., 1996; Nakayama et al., 2011). Dessa forma, o objetivo deste estudo foi de avaliar o metabolismo de Ca, P, Mg, Na e K em cabras Alpina e Saanen com gestação simples e gemelar.

3. Material e Métodos

Os procedimentos experimentais foram previamente aprovados pelo comitê de ética da Universidade Estadual Paulista, UNESP, Jaboticabal campus (protocolo número: 026167-07).

Foram utilizadas 42 cabras múltiparas, não lactantes e não gestantes das raças Alpina (21) e Saanen (21) com peso médio inicial de $49,5 \pm 7,6$ kg e condição de escore corporal de $2,6 \pm 0,66$ de acordo com Morand-Fehr et al. (1989).

No início do experimento 3 animais de cada raça foram abatidos para estimar a composição corporal (de cabras não gestantes), estes foram considerados referência.

O manejo reprodutivo adotado envolveu cio natural no período de não estacionalidade reprodutiva e cio induzido no período de anestro estacional, utilizando tratamento hormonal recomendado por Westhuysen (1979) e Ritar et al., (1984) para a indução de cio. Uma vez identificado o cio, a cobertura foi realizada com monta natural. O momento da cobertura foi acompanhado para realizar a contagem correta dos dias de gestação.

A partir da cobertura os animais foram alocados em baias individuais, com 1.0 m² de área, equipadas de cocho de alimentação individual e bebedouro. Na manhã seguinte à cobertura, antes da primeira alimentação, a cabra foi pesada e amostras de sangue foram colhidas.

As cabras foram alimentados a vontade com dieta balanceada para atender as exigências de cabras gestantes de acordo com o NRC (2007). A ração foi fornecida em duas refeições diárias, as 0730 e as 1700 h, e ajustadas para manter sobras em torno de 15% do consumido. A composição química dos alimentos está apresentada na tabela 1.

Aos 35 dias de gestação, foi realizado a confirmação da gestação e identificação do número de fetos com o uso de ultrassom. As fêmeas de cada raça

foram aleatoriamente distribuídas nos tratamentos de acordo com o número de fetos (1 e 2 fetos) e os dias de gestação (80, 110 e 140 dias), formando um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2x2x3.

Os animais foram pesados a cada 15 dias durante todo o período experimental. As fêmeas foram abatidas nas idades gestacionais pré-estabelecidas (80 110 e 140 dias de gestação). Imediatamente antes do abate o peso corporal das cabras foi obtido sem realização prévia de jejum de sólidos e líquidos.

Tabela 1. Composição bromatológica e química da ração experimental.

Ingrediente	% ¹	MS g/kg ²	EM ³	g/kg MS								
				PB	EE	FDN	CINZAS	Ca	P	Mg	Na	K
Milho grão	42,05	916	2,96	87,1	29,0	169	19,7	0,48	2,97	1,08	0,44	2,8
Farelo de soja	11,93	919	2,89	473	18,6	222	63,1	2,83	7,27	3,24	0,63	24,8
Feno da planta de milho	34,80	914	2,17	46,2	17,1	580	42,4	2,28	2,01	1,79	0,47	11,4
Tifton 65-feno	10,0	916	1,22	68,6	9,4	784	66,0	3,83	2,21	1,93	0,69	18,5
Mineral premix ⁴	0,37	990	-	-	-	-	999	184	73	58	49,4	1,0
NaCl	0,08	980	-	-	-	-	998	-	-	-	397	-
Calcário	0,58	950	-	-	-	-	999	501	-	0,3	0,22	0,06
Composição da ração final	100	908	2,47	116	21,3	321	47,4	5,30	3,30	1,89	1,00	9,97

¹ Proporção de cada ingrediente na ração.

² Matéria seca em g/ kg na ração como oferecida.

³Energia Metabolizável em Mcal/kg da MS; PB=proteína bruta; EE=extrato etéreo; FDN=fibra em detergente neutro; Ca=cálcio; P=fósforo; Mg=magnésio; Na=sódio; K=potássio.

⁴Premix contém 73 g de P/kg, 190 g de Ca/kg, 62 g de Na/kg, 90 g de Cl/kg, 44 g de Mg/kg, 30 g de S/kg, 1.35 mg de Zn/kg, 340 mg de Cu/kg, 940 mg de Mn/kg, 1.06

mg de Fe/kg, 3 mg de Co/kg, 16 mg de I/kg, 10 mg de Se/kg, máximo de 730 mg de F/kg.

O procedimento de abate envolveu insensibilização dos animais, seguido do abate, o qual foi realizado pelo corte das jugulares e carótidas. Todo o sangue das fêmeas foi colhido e armazenado para incorporação ao corpo das cabras para posterior análise. Após o abate, foram retirados primeiramente o útero gravídeo e a glândula mamária. Os componentes do útero gravídeo foram separados em útero (tecido uterino juntamente com placentas e placentomas), fetos e líquido placentário. Os componentes do útero gravídeo e glândula mamária foram pesados e logo em seguida congelados. O trato gastrintestinal (TGI) foi removido e a diferença de peso entre o TGI cheio (kg) e vazio (kg) foi considerado como sendo o peso do conteúdo trato gastrintestinal (kg). O peso de corpo vazio (PCV) dos animais foi calculado subtraindo os pesos do conteúdo do TGI, bexiga e vesícula biliar do peso corporal obtido imediatamente antes ao abate.

Adicionalmente no momento do abate, o fêmur da perna direita de cada animal foi retirado para a avaliação da densidade mineral óssea e determinação da composição química do fêmur. O corpo inteiro, incluindo carcaça, sangue, órgãos, vísceras, depósitos de gordura, cabeça, patas e pele foram congelados, e posteriormente moídos, homogeneizados e foi tomada uma amostra de aproximadamente 1 kg que foi congelada para a realização de posteriores análises.

Os úteros, fetos, glândulas mamárias e fêmures também foram moídos e homogeneizados e tomadas amostras para realização de posteriores análises. Antes da moagem e secagem dos fêmures, foram tomadas suas imagens de raios-X para determinar sua densidade mineral óssea.

De cada animal foram consideradas 6 partes: corpo materno (Eq.[1]), fêmur, fetos, líquido placentário, útero e glândula mamária.

$$\text{Corpo materno} = \text{Corpo vazio} + \text{fêmur} - (\text{útero gravídeo} + \text{glândula mamária}) \quad [1]$$

Todas as amostras colhidas foram liofilizadas por 72h. Após a liofilização, as amostras de corpo, glândula mamária e fêmur foram desengordurados antes de serem submetidas à análise de minerais.

As cabras sorteadas para serem abatidas aos 140 dias de gestação foram submetidas a quatro ensaios de digestibilidade ao longo do período experimental (cada um com início aos 45^o, 75^o, 105^o e 135^o dia de gestação) sendo alocadas em gaiolas de metabolismo por um período de cinco dias em cada ensaio. Nesse período foi realizado o controle do alimento oferecido e recusado, bem como a coleta total de fezes e urina. Foram colhidas amostras de fezes, correspondente a 20% do total excretado, formando uma amostra composta dos cinco dias. A urina foi coletada separadamente das fezes dentro de recipientes contendo 50 mL de H₂SO₄ à concentração de 7,2 N, desta foi colhida diariamente alíquota de 10% que foi congelada para realização de posteriores análises. A disponibilidade foi considerada como a fração do mineral ingerido que não foi excretada nas fezes. O balanço de cada mineral minerais foi calculado, descontando da ingestão, o que foi eliminado nas fezes e urina.

Nestes mesmos animais (140 dias de gestação) também foram realizadas coletas periódicas de sangue após os 35 dias de gestação. Tendo-se, portanto amostras de sangue ao 1^o, 35^o, 50^o, 65^o, 80^o, 95^o, 110^o, 125^o e 140^o dias de gestação. Nesses dias foram colhidas duas amostras de sangue, imediatamente anterior ao fornecimento da refeição da manhã e quatro horas após a primeira refeição diária (tempos 0 e 4, respectivamente). As amostras de sangue foram coletadas na veia jugular utilizando tubos à vácuo de 10 mL, sem adição de anticoagulante. O soro foi obtido após centrifugação das amostras de sangue por 20 minutos a 4°C, rotação de 1370 × g.

Análises

As análises de densidade mineral óssea (DMO) foram realizadas nas epífises proximal e distal e na diáfise do fêmur, a partir de imagens de raio-X escaneadas juntamente com uma escada de 12 níveis de concentração de Alumínio (aluminum alloy 6063, ABNT) utilizando metodologia descrita por Araújo et al. (2011).

As amostras de fezes, alimento e sobras foram pré-secas em estufa de ar forçado a 55°C durante 72h.

O teor de matéria seca, e gordura das amostras colhidas no experimento (ingredientes, sobras, fezes, corpo vazio, glândula mamária, fetos, fêmur, útero e líquido placentário) foram determinados como descrito no AOAC (1995 métodos números 930.15 e 920.39, respectivamente). Nas amostras de glândula mamária, corpo vazio e fêmur a análise de extrato etéreo foi adaptada para desengorduramento em sistema de refluxo de éter de petróleo por 8 horas, devido ao alto teor de gordura destas amostras. Nas amostras do alimento foram determinados os teores de cinzas totais, por combustão a 600°C por 3 horas (AOAC, 1990, method 942.05), proteína bruta (CP) por combustão de Dumas utilizando Nitrogen Analyzer (LECO FP-528 LC) seguindo o procedimento descrito por Etheridge et al. (1998). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) dos ingredientes da ração foram determinados pelo método descrito por Robertson e Van Soest (1981). A energia metabolizável dos alimentos foi estimada da seguinte forma: ME = ([kg de NDT segundo Valadares Filho et al. (2002)] x [4,409 kcal] x [0,82]).

Para determinação dos minerais, as amostras de corpo vazio, fêmur, fetos, útero, líquido placentário, glândula mamária, ingredientes, sobras, fezes e urina foram submetidas a digestão nitro-perclórica (AOAC, 1990; método número 935.13). Os teores de Ca e Mg foram determinados por absorção atômica (AOAC, 1990; método número 935.13), os de Na e K foram determinados por emissão atômica (Fritz e Schenk, 1979) e o de P foi determinado por colorimétrica (AOAC, 1990; método número 965.17).

As concentrações séricas de Ca, P, Mg e atividade da Fosfatase Alcalina (FA) foram determinadas por colorimetria, utilizando kits comerciais (LABTEST, Lagoa Santa MG, Brasil) com espectrofotômetro (modelo Bio 2000 LABQUEST da LABTEST). As concentrações séricas de K, Na e cálcio iônico foram determinadas utilizando analisador de eletrólitos modelo ROCHE 9180 Electrolyte Analyzer.

A estimativa da retenção de minerais foi obtida a partir da diferença entre a composição final (ao abate) em cada parte do corpo (corpo materno, glândula mamária, útero e fêmur) e a composição no início da gestação, estimada a partir dos

animais referência (Eq. [2] a [8]) A alteração da densidade mineral óssea foi estimada de maneira semelhante (eq. [9] a [13]). Para feto e líquido placentário foi adotado como composição inicial valor igual a zero. Maiores detalhes são apresentados no Anexo 1.

$$PCVi(kg) = -11.438 \pm 4.41 + 1.09 \pm 0.07 \times PC(kg) \text{ na cobertura} \quad [2]$$

Em que:

PCVi=Peso de corpo vazio inicial; PC=Peso Corporal; $R^2=0,96$; SEM=2,25;

$$CMi(kg) = 0.32 \pm 0.56 + 0.982 \pm 0.01 \times PCVi(kg) \quad [3]$$

Em que:

CMi=Corpo Materno inicial; $R^2=0,99$; SEM=0,26;

$$Glândula\ inicial\ (g) = -110.4 \pm 95.5 + 9.80 \pm 1.85 \times CMi(kg) \quad (Alpina) \quad [4]$$

$$Glândula\ inicial\ (g) = -110.4 \pm 95.5 + 10.2 \pm 2.29 \times CMi(kg) \quad (Saanen) \quad [5]$$

Em que:

$R^2=0,76$; SEM=80,27;

$$Útero\ inicial\ (g) = (PCVi(g) - CMi(g)) - Glândula\ inicial\ (g) \quad [6]$$

$$Femur\ inicial\ (g) = 0.72 \pm 0.06 - 0.0079 \pm 0.001 \times CMi(kg) \quad (Alpina) \quad [7]$$

$$Femur\ inicial\ (g) = 0.72 \pm 0.06 - 0,0084 \pm 0.001 \times CMi(kg) \quad (Saanen)[8]$$

Em que:

$R^2=0,83$; SEM=0,04;

$$DMO\ Diáfise\ inicial = 1.40 \pm 1.21 + 0.018 \pm 0.0003 \times CMi(kg) \quad (Oberhasli)[9]$$

$$DMO\ Diáfise\ inicial = 1.40 \pm 1.21 + 0.015 \pm 0.0004 \times CMi(kg) \quad (Saanen) \quad [10]$$

Em que:

$$R^2=0,79; SEM=0,75$$

Alpina:

$$DMO \text{ Epífise proximal inicial} = 12,8 \pm 2,09 - 0,045 \pm 0,01 \times FWi(g) \quad [11]$$

Saanen:

$$DMO \text{ Epífise proximal inicial} = 12,8 \pm 2,09 - 0,050 \pm 0,01 \times FWi(g) \quad [12]$$

Em que:

$$FWi = \text{Peso do fêmur inicial (equações 7 e 8); } R^2=0,61; SEM=0,65$$

$$DMO \text{ epífise distal inicial} = 7,24 \pm 2,07 + 0,002 \pm 0,0006 \times CMI(kg) \quad [13]$$

Em que:

$$R^2=0,40; SEM=1,38$$

Os dados de consumo, digestibilidade, disponibilidade e balanço foram analisados como delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. Utilizaram-se modelos mistos com efeitos fixos da raça (1 grau de liberdade, GL), tipo de gestação (1 GL), dias de gestação (3 GL, 50, 80, 110 e 140 dias) e suas interações (3 GL), e o animal e erro como efeito aleatório, utilizando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.2). Foi escolhida a matriz de covariância a que melhor se ajustou aos dados de acordo com o critério de informação bayesiano (BIC).

O modelo estatístico é:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + A_{i;j} + F_k + D_l + (B_i \times F_k) + (B_i \times D_l) + (F_k \times D_l) + (B_i \times F_k \times D_l) + \varepsilon_{ijkl}$$

onde μ = a média no intercepto, B = efeito da raça i, A = efeito do animal i;j, F = efeito do número de fetos k, D = efeito dos dias de gestação l, 2- e 3- formas de interações, e ε = erro associado a cada Y_{ijkl} .

Os dados de retenção foram analisados como modelos mistos com efeitos fixos da raça (1 grau de liberdade, GL), dias de gestação (2 GL), tipo de gestação (1 GL) e suas interações (2 GL) e o erro aleatório utilizando o procedimento MIXED do

SAS (versão 9.2). As variâncias residuais distintas para a subclasse número de fetos e dias de gestação foram modeladas utilizando-se a opção GROUP do comando REPEATED. Quando significativas as médias para os dias de gestação foram comparadas usando a diferença mínima significativa de Tukey (i.e., a opção PDIFF adjust=tukey do comando LSMEANS). Significância foi declarada a $P \leq 0.05$.

O modelo estatístico é:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + A_{i:j} + F_k + D_l + (B_i \times F_k) + (B_i \times D_l) + (F_k \times D_l) + (B_i \times F_k \times D_l) + \varepsilon_{ijkl}$$

onde μ = a média no intercepto, B=efeito da raça i, A= efeito do animal i:j, R= efeito do número de fetos k, D=efeito dos dias de gestação l, 2- e 3- formas de interações, e ε =erro associado a cada Y_{ijkl} .

Os minerais séricos sanguíneos foram analisados considerando delineamento inteiramente casualizado, com medidas repetidas no tempo. Utilizou-se modelos mistos com efeitos fixos de raça (1 grau de liberdade, GL), número de fetos (1GL), dias de gestação (8 GL; 1, 35, 50, 65, 80, 95, 110, 125 e 140), tempo de coleta (1 GL, T0 e T4) e suas interações (8 GL) e o erro aleatório utilizando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.2). Como temos duas covariáveis de tempo (0 e 4h), foram utilizadas as estruturas de erros UNAR e UNCS sendo escolhida sempre a que melhor se ajustava aos dados de acordo com o critério de informação bayesiano (BIC). Efeitos de interações de maior grau e não significativas foram sequencialmente retirados do modelo. Significância foi declarada a $P \leq 0.05$.

O modelo estatístico é:

$$Y_{ijklm} = \mu + B_i + A_{i:j} + F_k + D_l + T_m + (B_i \times F_k) + (B_i \times D_l) + (B_i \times T_m) + (F_k \times D_l) + (F_k \times T_m) + (D_l \times T_m) + (B_i \times F_k \times D_l) + ((B_i \times F_k \times T_m) + (F_k \times D_l \times T_m) + (B_i \times D_l \times T_m) + (B_i \times F_k \times D_l \times T_m) + \varepsilon_{ijklm}$$

onde μ = a média no intercepto, B=efeito da raça i, A= efeito do animal i:j, F= efeito do número de fetos k, D=efeito dos dias de gestação l, T=efeito do tempo de coleta de sangue m, 2-, 3- e 4 formas de interações, e ε =erro associado a cada Y_{ijkl} .

4. Resultados

Consumo de MS, disponibilidade e balanço de minerais.

Aos 140 dias de gestação houve diminuição da ingestão total de matéria seca e o consumo total de água aumentou com o avanço da gestação ($P < 0,05$; Tabela 2). Além disso, cabras da raça Saanen apresentaram maior consumo ($P < 0,05$), digestibilidade ($P < 0,01$) de MS. Cabras Saanen apresentaram maior absorção aparente de P ($P < 0,05$) e maior balanço de Ca, P e K ($P < 0,05$; Tabela 2), além disso, excretam menos Mg do que cabras Alpina ($P < 0,05$). Com o avanço da gestação aumentou a digestibilidade de MS ($P = 0,08$) e de cálcio ($P < 0,05$). Devido a elevada excreção de Mg e Na pelas fezes não foi possível calcular os seus coeficientes de disponibilidade de forma que se balanço foi negativo, entretanto a partir dos 80 dias os animais apresentaram redução significativa destas perdas ($P < 0,01$).

Tabela 2. Consumo de água e MS, digestibilidade de MS, digestibilidade aparente e balanço mineral (\pm erro padrão da média) em cabras Alpina e Saanen aos 50, 80, 110 e 140 dias de gestação simples (1feto) e gemelar (2 fetos)

Item	Tratamento										P ¹		
	Raça		Dias de gestação				Número de fetos						
	Alpina	Saanen	50	80	110	140	1	2	Raça	Dias	Fetos	Interação ²	
Consumo													
MS	41,93 ($\pm 3,77$)	58,84 ($\pm 3,92$)	54,06 ^b ($\pm 5,26$)	57,90 ^b ($\pm 5,89$)	54,62 ^b ($\pm 5,26$)	34,97 ^a ($\pm 5,26$)	51,37 ($\pm 3,55$)	49,40 ($\pm 4,16$)	*	*	ns	ns	
(g/dia/PCV ^{0,75})													
Água	171,85 ($\pm 17,2$)	177,57 ($\pm 19,3$)	148,01 ^a ($\pm 15,3$)	165,16 ^{ab} ($\pm 15,5$)	178,44 ^b ($\pm 15,1$)	207,24 ^c ($\pm 15,6$)	170,59 ($\pm 17,7$)	178,8 ($\pm 18,8$)	ns	*	ns	ns	
(mL/dia/PCV ^{0,75})													
Digestibilidade aparente total %³													
MS	69,9 ($\pm 1,58$)	77,11 ($\pm 1,63$)	69,96 ($\pm 2,11$)	71,33 ($\pm 2,22$)	74,60 ($\pm 2,22$)	78,13 ($\pm 2,49$)	72,67 ($\pm 1,46$)	74,33 ($\pm 1,76$)	*	0,08	ns	ns	
Disponibilidade %													
Cálcio	43,76 ($\pm 3,74$)	50,70 ($\pm 4,11$)	37,41 ^a ($\pm 5,28$)	41,73 ^a ($\pm 6,86$)	48,45 ^{ab} ($\pm 4,72$)	61,35 ^b ($\pm 5,28$)	47,94 ($\pm 3,57$)	46,53 ($\pm 4,20$)	ns	*	ns	ns	
Fósforo	68,50 ($\pm 1,83$)	78,17 ($\pm 2,05$)	68,40 ($\pm 2,56$)	74,75 ($\pm 3,52$)	74,58 ($\pm 2,43$)	75,60 ($\pm 2,43$)	73,57 ($\pm 1,77$)	73,10 ($\pm 2,08$)	**	ns	ns	ns	
Potássio	95,21 ($\pm 0,47$)	95,63 ($\pm 0,50$)	94,91 ($\pm 0,64$)	95,72 ($\pm 0,88$)	95,26 ($\pm 0,57$)	95,79 ($\pm 0,62$)	95,61 ($\pm 0,41$)	95,23 ($\pm 0,55$)	ns	ns	ns	Bx F*	
Balanço (mg/dia/PCV^{0,75})⁴													
Cálcio	102,65 ($\pm 14,8$)	162,10 ($\pm 18,3$)	110,86 ($\pm 22,7$)	134,63 ($\pm 27,2$)	134,46 ($\pm 21,1$)	149,53 ($\pm 19,9$)	153,61 ($\pm 13,9$)	111,14 ($\pm 18,8$)	*	ns	ns	ns	
Fósforo	105,9 ($\pm 9,24$)	143,9 ($\pm 12,8$)	111,9 ($\pm 15,7$)	155,6 ($\pm 18,03$)	122,3 ($\pm 14,4$)	109,9 ($\pm 12,3$)	148,04 ($\pm 9,09$)	101,81 ($\pm 13,1$)	*	ns	*	ns	
Magnésio	-83,44 ($\pm 10,8$)	-43,75 ($\pm 13,9$)	-130,7 ^b ($\pm 17,7$)	-61,23 ^a ($\pm 21,1$)	-51,42 ^a ($\pm 15,5$)	-11,03 ^a ($\pm 14,6$)	-67,0 ($\pm 11,0$)	-60,22 ($\pm 13,6$)	*	**	ns	ns	
Sódio	-73,70 ($\pm 11,1$)	-56,63 ($\pm 13,7$)	-130,9 ^b ($\pm 18,1$)	-41,05 ^a ($\pm 21,7$)	-61,32 ^a ($\pm 14,9$)	-27,47 ^a ($\pm 14,9$)	-72,2 ($\pm 11,3$)	-58,12 ($\pm 13,5$)	ns	**	ns	ns	
Potássio	177,7 ($\pm 33,6$)	301,5 ($\pm 36,6$)	253,25 ($\pm 48,4,7$)	248,56 ($\pm 68,4$)	241,09 ($\pm 43,7$)	215,64 ($\pm 39,8$)	287,63 ($\pm 29,3$)	191,65 ($\pm 48,4$)	*	ns	ns	D x F*	

¹ns = Não significativo ($P > 0,05$); * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

²B=Raça; D=Dias de gestação; F=Número de fetos; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$;

³ Digestibilidade % = digestibilidade aparente encontrada pela porcentagem da diferença entre o nutriente consumido e o excretado nas fezes.

⁴Balanço= diferença entre o consumo total do nutriente e o total excretado nas fezes e urina.

^{a-c}Médias dentro de mesma linha no tratamento de dias de gestação com diferentes sobrecritos são diferentes ($P < 0,05$).

Retenção de Minerais

O ganho de peso corporal materno diminuiu com o avanço da gestação, chegando a valores negativos aos 140 dias ($P < 0,01$, Tabela 3). As cabras Alpina apresentaram maiores ($P < 0,01$) retenções de todos os macro minerais no corpo materno (g/kg) . Com o avanço da gestação, as retenções de Ca, P e Mg (g/kg) diminuiram no corpo materno ($P < 0,01$). Não foram encontradas diferenças entre as retenções dos minerais estudados no corpo de cabras gestando um e dois fetos, com exceção do sódio, em que foi observado maior retenção no corpo das cabras gestando dois fetos ($P < 0,05$).

Os fetos da raça Alpina apresentaram maior retenção de cálcio, fósforo e magnésio (mg/g) ($P < 0,01$; Tabela 4). A retenção de todos os minerais nos fetos (mg/g), aumentaram com o avanço da gestação ($P < 0,01$), não havendo diferenças entre gestação simples e gemelar. Partindo da hipótese de que até os 30 dias de gestação a deposição de minerais no feto é praticamente nula, obtém-se taxa de acúmulo dos 30 aos 80 dias na ordem de 324, 222, 1,34, 1,44 e 1,04 mg/dia, dos 80 aos 110 400, 260, 13, 100 e 86 mg/dia e dos 110 a 140 dias de 980, 580, 30, 320 e 124 mg/dia, de Ca, P, Mg, Na e K respectivamente, de forma que a partir dos 80 dias de gestação é foi observado aumento significativo na retenção de minerais no feto. As interações triplas mostram o que aumento de peso dos fetos das cabras Alpina foi maior até o final da gestação ($P < 0,01$), sendo que para cabras com gestação simples variou de 246.8 g a 4266.3 g e para gestação gemelar variou de 533.8 g a 6366.2 g, dos 80 e 140 dias de gestação, respectivamente, enquanto que nas Saanen o peso total dos fetos variou de 243.2 g a 3653.1 g para gestação simples e de 456.4 g a 5717.4 g para gestação gemelar, dos 80 e 140 dias, respectivamente. Conseqüentemente aqueles fetos maiores, tiveram maior quantidade de Ca e P retidos, resultando nas interações encontradas.

Tabela 3. Retenção mineral no corpo materno (±erro padrão da média) de cabras Alpina e Saanen aos 80, 110 e 140 dias de gestação simples (1feto) e gemelar (2 fetos)

Item	Tratamentos												Interação ²			
	Raça			Dias de gestação			Número de fetos			P ¹						
	Alpina	Saanen	80	110	140	1	2	Raça	Dias	Fetos						
Corpo																
Peso retido (kg)	4,33 (±0,87)	3,81 (±0,83)	8,14 ^c (±0,42)	4,18 ^b (±1,44)	-0,11 ^a (±1,68)	3,35 (±0,85)	4,79 (±0,85)	ns	**	0,083	ns					
Peso seco retido (kg)	3,17 (±0,96)	2,11 (±0,84)	5,81 ^c (±1,01)	3,13 ^b (±0,82)	-1,02 ^a (±1,58)	2,40 (±0,98)	2,88 (±0,85)	ns	**	ns	ns					
g/kg PC ³																
Cálcio	2,33 (±0,56)	-1,03 (±0,49)	2,72 ^c (±0,48)	0,88 ^b (±0,73)	-1,65 ^a (±0,78)	0,34 (±0,48)	0,95 (±0,60)	**	**	ns	ns					
Fósforo	1,40 (±0,28)	-0,40 (±0,24)	1,39 ^b (±0,22)	0,62 ^b (±0,39)	-0,51 ^a (±0,39)	0,26 (±0,24)	0,74 (±0,29)	**	**	ns	ns					
Magnésio	0,117 (±0,017)	0,043 (±0,015)	0,137 ^b (±0,015)	0,079 ^a (±0,022)	0,024 ^a (±0,022)	0,069 (±0,016)	0,09 (±0,016)	**	**	ns	ns					
Sódio	0,54 (±0,06)	0,11 (±0,05)	0,43 (±0,04)	0,31 (±0,08)	0,24 (±0,08)	0,23 (±0,05)	0,42 (±0,06)	**	ns	*	ns					
Potássio	0,71 (±0,11)	0,08 (±0,09)	0,55 (±0,13)	0,38 (±0,11)	0,26 (±0,15)	0,31 (±0,10)	0,47 (±0,12)	**	ns	ns	ns					
gramas ⁴																
Cálcio	88,06 (±26,1)	-49,91 (±24,0)	112,82 ^c (±23,6)	33,14 ^b (±33,1)	-89,29 ^a (±38,2)	1,11 (±22,7)	37,70 (±28,6)	**	**	ns	ns					
Fósforo	53,60 (±13,1)	-21,40 (±11,5)	56,36 ^b (±10,2)	22,23 ^{ab} (±18,1)	-30,29 ^a (±19,0)	4,42 (±11,6)	27,784 (±13,4)	**	**	ns	ns					
Magnésio	4,50 (±0,77)	1,79 (±0,68)	5,71 ^b (±0,73)	2,98 ^a (±0,97)	0,75 ^a (±0,98)	2,71 (±0,73)	3,58 (±0,72)	*	**	ns	ns					
Sódio	22,87 (±1,94)	3,27 (±1,87)	15,79 (±0,99)	13,07 (±3,40)	10,35 (±3,49)	7,92 (±1,76)	18,21 (±2,06)	**	ns	**	ns					
Potássio	28,37 (±4,88)	3,31 (±4,32)	21,38 (±5,58)	16,44 (±4,82)	9,68 (±6,79)	12,13 (±4,40)	19,54 (±4,96)	**	ns	ns	ns					

¹ns = Não significativo ($P > 0,05$); * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

²B=Raça; D=Dias de gestação; F=Número de fetos; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$;

³ g/kg PC = gramas de mineral por peso médio de corpo materno no período da gestação.

⁴ na base de MS.

⁵Médias dentro de mesma linha no tratamento de dias de gestação com diferentes sobrescritos são diferentes ($P < 0,05$).

Tabela 4. Retenção mineral em fetos (±erro padrão da média) de cabras Alpina e Saanen aos 80, 110 e 140 dias de gestação simples (1feto) e gemelar (2 fetos)

Item	Tratamentos										P ¹													
	Raça			Dias de gestação			Número de fetos																	
	Alpina	Saanen	80	110	140	1	2	Raça	Dias	Fetos		Interação ²												
Fetos																								
Peso retido (g)	2496,0 (±97,8)	2262,7 (±84,1)	370,1 ^a (±12,2)	1767,2 ^b (±49,8)	5000,7 ^c (±186,6)	1835,5 (±84,9)	2923,2 (±97,1)														**	BxDxF **		
Peso seco retido (g)	396,69 (±29,7)	350,34 (±25,7)	38,53 ^a (±2,79)	238,54 ^b (±9,14)	843,47 ^c (±58,2)	308,57 (±32,4)	438,46 (±22,3)														**	BxDxF **		
mg/g de fetos ³																								
Cálcio	13,7 (±0,50)	11,72 (±0,47)	7,73 ^a (±0,61)	14,06 ^b (±0,62)	16,37 ^c (±0,76)	12,76 (±0,71)	12,67 (±0,46)														**	ns	ns	
Fósforo	9,29 (±0,31)	7,25 (±0,49)	5,84 ^a (±0,49)	9,35 ^b (±0,43)	9,63 ^b (±0,22)	8,37 (±0,32)	8,17 (±0,27)														**	ns	ns	
Magnésio	0,50 (±0,021)	0,41 (±0,019)	0,36 ^a (±0,024)	0,48 ^b (±0,029)	0,53 ^b (±0,024)	0,46 (±0,024)	0,46 (±0,019)														**	ns	ns	
Sódio	4,54 (±0,19)	4,23 (±0,16)	3,56 ^a (±0,29)	4,08 ^a (±0,21)	5,50 ^b (±0,21)	4,48 (±0,22)	4,29 (±0,18)														**	ns	ns	
Potássio	2,78 (±0,12)	2,77 (±0,10)	2,53 ^a (±0,19)	3,12 ^b (±0,08)	2,67 ^a (±0,14)	2,68 (±0,12)	2,86 (±0,09)														**	Ns	Ns	
gramas ⁴																								
Cálcio	22,94 (±1,64)	15,78 (±1,45)	1,62 ^a (±0,17)	13,57 ^b (±1,62)	42,90 ^c (±3,06)	15,78 (±1,51)	22,94 (±1,57)														**	**	BxDxF **	
Fósforo	14,66 (±0,89)	9,43 (±0,81)	1,11 ^a (±0,11)	8,86 ^b (±0,97)	26,16 ^c (±1,52)	9,45 (±0,78)	14,64 (±0,92)														**	**	BxDxF **	
Magnésio	0,74 (±0,06)	0,53 (±0,05)	0,067 ^a (±0,006)	0,47 ^b (±0,06)	1,38 ^c (±0,10)	0,50 (±0,05)	0,77 (±0,06)														*	**	BxDxF *	
Sódio	5,96 (±0,32)	5,91 (±0,32)	0,72 ^a (±0,07)	3,74 ^b (±0,38)	13,35 ^c (±0,88)	4,81 (±0,54)	7,06 (±0,34)														**	**	DxF *	
Potássio	3,45 (±0,23)	3,44 (±0,22)	0,52 ^a (±0,06)	3,10 ^b (±0,36)	6,82 ^c (±0,56)	2,32 (±0,25)	4,58 (±0,37)														**	**	DxF **	

¹ns = Não significativo ($P > 0,05$); * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

²B=Raça; D=Dias de gestação; F=Número de fetos; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$;

³ mg/g de fetos = miligramas de mineral por peso médio dos fetos no período da gestação. O peso inicial foi considerado igual a zero.

⁴ na base de MS.

°Médias dentro de mesma linha no tratamento de dias de gestação com diferentes sobrescritos são diferentes ($P < 0,05$).

A quantidade total de líquido placentário aumentou com o avanço da gestação, sendo observados valores maiores nas cabras Alpina com gestação gemelar ($P < 0,01$; Tabela 5). Foi observado aumento no acréscimo (mg/g) de P, Mg, Na e K no líquido placentário a medida que a gestação avançou ($P < 0,05$). Nas cabras Alpina foi observada maior quantidade total de Ca e Na no líquido placentário ($P < 0,01$).

A retenção de massa no útero aumentou com o avanço da gestação, sendo maior nas cabras Alpina e nas cabras gestantes de dois fetos ($P < 0,01$; Tabela 6). A retenção de Na (mg/g de útero) foram maiores nas cabras Alpina ($P < 0,05$). A retenção de Mg e K (mg/g de útero) aumentaram com o avanço da gestação ($P < 0,01$). Animais com gestação gemelar apresentaram maior retenção de Na e K no útero ($P < 0,01$).

A retenção de peso da glândula mamária (Tabela 7) aumentou com o avanço da gestação ($P < 0,01$) e foi maior nas cabras com gestação gemelar ($P < 0,05$). Até os 110 dias cabras com gestação gemelar apresentaram maior retenção (mg/g) de Ca e P na glândula mamária, entretanto aos 140 dias a maior concentração encontrada foi nas fêmeas com gestação simples ($P < 0,01$). A retenção de Mg, Na e K (mg/g de glândula mamária) aumentaram com o avanço da gestação. A retenção total (g), de todos os minerais na glândula mamária aumentou até o fim da gestação ($P < 0,05$).

Tabela 5. Retenção mineral no líquido placentário (±erro padrão da média) de cabras Alpina e Saanen aos 80, 110 e 140 dias de gestação simples (1feto) e gemelar (2 fetos)

Item	Tratamentos							Raça	Dias	Fetos	Interação ²
	Raça		Dias de gestação			Número de fetos					
	Alpina	Saanen	80	110	140	1	2				
Líquido placentário											
Peso retido (g)	1911,6 (±97,0)	1380,5 (±84,8)	1081,8 ^a (±51,8)	1703,4 ^b (±100,9)	2153,0 ^c (±156,5)	1242,5 (±68,5)	2049,6 (±109,1)	**	**	**	BxDxF **
Peso seco retido (g)	34,74 (±3,09)	28,63 (±2,79)	18,50 ^a (±2,19)	26,9 ^a (±3,75)	49,62 ^b (±5,41)	31,70 (±3,17)	31,67 (±2,71)	0,096	**	ns	ns
mg/g de líquido placentário ³											
Cálcio	0,227 (±0,015)	0,207 (±0,014)	0,205 (±0,013)	0,197 (±0,020)	0,249 (±0,030)	0,224 (±0,020)	0,211 (±0,015)	ns	ns	ns	ns
Fósforo	0,066 (±0,008)	0,082 (±0,006)	0,068 ^{ab} (±0,010)	0,059 ^a (±0,008)	0,094 ^b (±0,009)	0,070 (±0,007)	0,078 (±0,008)	ns	*	ns	ns
Magnésio	0,087 (±0,010)	0,077 (±0,009)	0,059 ^a (±0,008)	0,074 ^{ab} (±0,013)	0,115 ^b (±0,017)	0,090 (±0,013)	0,074 (±0,008)	ns	*	ns	ns
Sódio	2,89 (±0,22)	2,34 (±0,20)	3,43 ^c (±0,29)	1,80 ^a (±0,25)	2,62 ^b (±0,25)	2,63 (±0,22)	2,61 (±0,22)	0,075	**	ns	ns
Potássio	0,85 (±0,12)	0,99 (±0,11)	0,57 ^a (±0,13)	0,64 ^a (±0,11)	1,54 ^b (±0,19)	0,99 (±0,17)	0,84 (±0,08)	ns	**	ns	ns
Total ⁴											
Cálcio (g)	0,21 (±0,017)	0,17 (±0,016)	0,12 ^a (±0,008)	0,21 ^b (±0,03)	0,25 ^b (±0,03)	0,17 (±0,02)	0,22 (±0,016)	**	**	**	ns
Fósforo (mg)	60,48 (±6,72)	65,77 (±5,57)	37,47 ^a (±4,16)	71,28 ^b (±10,3)	80,63 ^b (±11,1)	58,54 (±6,43)	67,71 (±6,36)	ns	**	ns	ns
Magnésio (mg)	72,45 (±9,14)	67,36 (±8,65)	30,42 ^a (±4,38)	64,96 ^b (±11,4)	114,3 ^c (±20,6)	65,31 (±9,00)	74,49 (±8,92)	ns	**	ns	ns
Sódio (g)	2,23 (±0,17)	1,71 (±0,16)	1,84 ^a (±0,16)	1,44 ^a (±0,23)	2,64 ^b (±0,22)	1,46 (±0,12)	2,48 (±0,24)	**	**	**	ns
Potássio (g)	0,75 (±0,10)	0,91 (±0,09)	0,35 ^a (±0,07)	0,54 ^a (±0,08)	1,60 ^b (±0,22)	0,80 (±0,10)	0,86 (±0,09)	ns	**	ns	BxF *

¹ns = Não significativo ($P > 0,05$); * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

²B=Raça; D=Dias de gestação; F=Número de fetos; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$;

³mg/g de líquido placentário = miligramas de mineral por peso médio de líquido placentário no período da gestação. O peso inicial foi considerado igual a zero.

⁴ na base de MS.

⁵Médias dentro de mesma linha no tratamento de dias de gestação com diferentes sobrescritos são diferentes ($P < 0,05$).

Tabela 6. Retenção mineral no útero (±erro padrão da média) de cabras Alpina e Saanen aos 80, 110 e 140 dias de gestação simples (1feto) e gemelar (2 fetos)

Item	Tratamentos												Interação ²		
	Raça			Dias de gestação			Número de fetos			P ¹					
	Alpina	Saanen		80	110	140	1	2		Raça	Dias	Fetos			
Útero															
Peso retido (g)	1587,52 (±60,2)	1292,20 (±55,2)	1005,49 ^a (±77,8)	1538,66 ^b (±118,3)	1761,94 ^b (±123,4)	1128,51 (±80,9)	1742,21 (±103,0)	**	**	**	ns	**	**	ns	ns
Peso seco retido (g)	205,24 (±10,2)	161,14 (±9,8)	116,02 ^a (±3,5)	183,59 ^b (±10,7)	249,94 ^c (±26,7)	144,90 (±9,9)	221,47 (±10,5)	**	**	**	ns	**	**	ns	ns
mg/g de útero ³															
Cálcio	0,41 (±0,03)	0,42 (±0,03)	0,45 (±0,06)	0,40 (±0,01)	0,40 (±0,02)	0,42 (±0,04)	0,41 (±0,02)	ns	ns	ns	BxDxF **	ns	ns	BxDxF **	BxDxF **
Fósforo	2,23 (±0,12)	2,20 (±0,08)	2,19 (±0,10)	2,27 (±0,11)	2,19 (±0,18)	2,10 (±0,11)	2,33 (±0,10)	ns	ns	ns	BxD **	ns	ns	BxD **	BxD **
Magnésio	0,198 (±0,006)	0,200 (±0,006)	0,183 ^a (±0,009)	0,192 ^a (±0,007)	0,222 ^b (±0,007)	0,193 (±0,006)	0,205 (±0,005)	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns
Sódio	4,08 (±0,15)	3,53 (±0,15)	3,90 (±0,18)	3,82 (±0,18)	3,70 (±0,19)	3,47 (±0,14)	4,15 (±0,16)	*	ns	ns	BxDxF **	**	**	BxDxF **	BxDxF **
Potássio	3,18 (±0,17)	3,34 (±0,15)	2,64 ^a (±0,15)	3,13 ^b (±0,15)	4,01 ^c (±0,26)	2,79 (±0,15)	3,73 (±0,16)	ns	**	**	BxDxF *	**	**	BxDxF *	BxDxF *
gramas ⁴															
Cálcio	0,38 (±0,03)	0,33 (±0,03)	0,22 ^a (±0,02)	0,43 ^b (±0,07)	0,42 ^b (±0,03)	0,29 (±0,03)	0,42 (±0,04)	*	**	**	ns	*	*	ns	ns
Fósforo	2,43 (±0,21)	1,72 (±0,20)	1,38 ^a (±0,08)	2,69 ^b (±0,49)	2,16 ^b (±0,30)	1,63 (±0,21)	2,52 (±0,21)	**	**	**	ns	**	**	ns	ns
Magnésio	0,211 (±0,014)	0,165 (±0,014)	0,105 ^a (±0,004)	0,223 ^b (±0,038)	0,235 ^b (±0,011)	0,145 (±0,013)	0,231 (±0,014)	**	**	**	ns	**	**	ns	ns
Sódio	4,09 (±0,31)	3,06 (±0,29)	2,35 ^a (±0,17)	4,48 ^b (±0,75)	3,89 ^b (±0,27)	2,82 (±0,28)	4,33 (±0,37)	**	**	**	ns	**	**	ns	ns
Potássio	3,30 (±0,29)	2,63 (±0,25)	1,89 ^a (±0,22)	3,66 ^b (±0,56)	3,34 ^b (±0,31)	2,54 (±0,27)	3,38 (±0,32)	*	**	**	ns	*	*	ns	ns

¹ns = Não significativo ($P > 0,05$); * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

²B=Raça; D=Dias de gestação; F=Número de fetos; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$;

³mg/g de útero = miligramas de mineral por peso médio do útero no período da gestação.

⁴ na base de MS.

⁵Médias dentro de mesma linha no tratamento de dias de gestação com diferentes sobrescritos são diferentes ($P < 0,05$).

Tabela 7. Retenção mineral na glândula mamária (±erro padrão da média) de cabras Alpina e Saanen aos 80, 110 e 140 dias de gestação simples (1feto) e gemelar (2 fetos)

Item	Tratamentos										Interação ²
	Raça			Dias de gestação			Número de fetos			P ¹	
	Alpina	Saanen	80	110	140	1	2	Raça	Dias		
Glândula mamária											
Peso retido (g)	1236,18 (±123,6)	1229,01 (±113,5)	474,69 ^a (±105,5)	973,98 ^b (±144,0)	2249,12 ^c (±198,2)	1072,58 (±117,4)	1392,61 (±120,2)	ns	**	*	ns
Peso seco retido (g)	393,69 (±34,7)	375,15 (±31,5)	125,52 ^a (±25,8)	333,26 ^b (±43,7)	694,49 ^c (±57,5)	329,72 (±29,4)	439,13 (±37,6)	ns	**	*	ns
mg/g de glândula mamária ³											
Cálcio	3,32 (±0,81)	3,78 (±0,74)	4,85 (±1,55)	2,90 (±1,18)	2,89 (±0,59)	1,89 (±0,49)	5,21 (±1,26)	ns	ns	*	DxF **
Fósforo	3,16 (±0,45)	2,99 (±0,42)	3,37 (±0,77)	2,75 (±0,56)	3,10 (±0,37)	2,70 (±0,40)	3,44 (±0,55)	ns	ns	ns	DxF *
Magnésio	0,33 (±0,04)	0,27 (±0,04)	0,22 ^a (±0,06)	0,26 ^a (±0,03)	0,42 ^b (±0,05)	0,32 (±0,04)	0,28 (±0,04)	ns	*	ns	ns
Sódio	2,29 (±0,25)	2,14 (±0,22)	1,48 ^a (±0,30)	3,07 ^b (±0,33)	2,11 ^a (±0,27)	2,06 (±0,26)	2,38 (±0,23)	ns	**	ns	ns
Potássio	1,33 (±0,10)	1,29 (±0,08)	0,98 ^a (±0,10)	1,50 ^b (±0,14)	1,47 ^b (±0,09)	1,28 (±0,07)	1,35 (±0,13)	ns	**	ns	ns
gramas ⁴											
Cálcio	2,76 (±0,63)	2,71 (±0,61)	1,33 ^a (±0,62)	1,33 ^a (±0,43)	5,54 ^b (±1,38)	2,13 (±0,54)	3,34 (±0,78)	ns	*	ns	ns
Fósforo	2,33 (±0,30)	2,35 (±0,29)	1,23 ^a (±0,39)	1,97 ^a (±0,30)	3,82 ^b (±0,45)	2,33 (±0,35)	2,35 (±0,27)	ns	**	ns	ns
Magnésio	0,31 (±0,04)	0,31 (±0,04)	0,14 ^a (±0,04)	0,21 ^a (±0,03)	0,59 ^b (±0,07)	0,30 (±0,04)	0,32 (±0,04)	ns	**	ns	ns
Sódio	2,23 (±0,26)	1,73 (±0,23)	0,76 ^a (±0,19)	2,32 ^b (±0,27)	2,88 ^b (±0,45)	1,63 (±0,19)	2,34 (±0,31)	0,089	**	*	ns
Potássio	1,35 (±0,10)	1,14 (±0,09)	0,46 ^a (±0,08)	1,48 ^b (±0,24)	1,80 ^b (±0,11)	1,27 (±0,13)	1,22 (±0,10)	**	**	ns	ns

¹ns = Não significativo ($P > 0,05$); * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

²B=Raça; D=Dias de gestação; F=Número de fetos; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$;

³ mg/g de glândula mamária = miligramas de mineral por peso médio do glândula mamária no período da gestação.

⁴ na base de MS.

⁵Médias dentro de mesma linha no tratamento de dias de gestação com diferentes sobrescritos são diferentes ($P < 0,05$).

Foram observadas maiores retenções (mg/g) de Ca, P e Mg no fêmur das cabras Saanen (Tabela 8). Com exceção do Ca, a retenção (mg/g) dos minerais aumentaram até os 110 dias de gestação e não foi detectado efeito do número de fetos na retenção mineral do fêmur. A densidade mineral óssea da diáfise do fêmur foi maior aos 110 dias de gestação e menor aos 80 dias, indicando reabsorção óssea nessa fase inicial da gestação ($P < 0,01$; Figura 1).

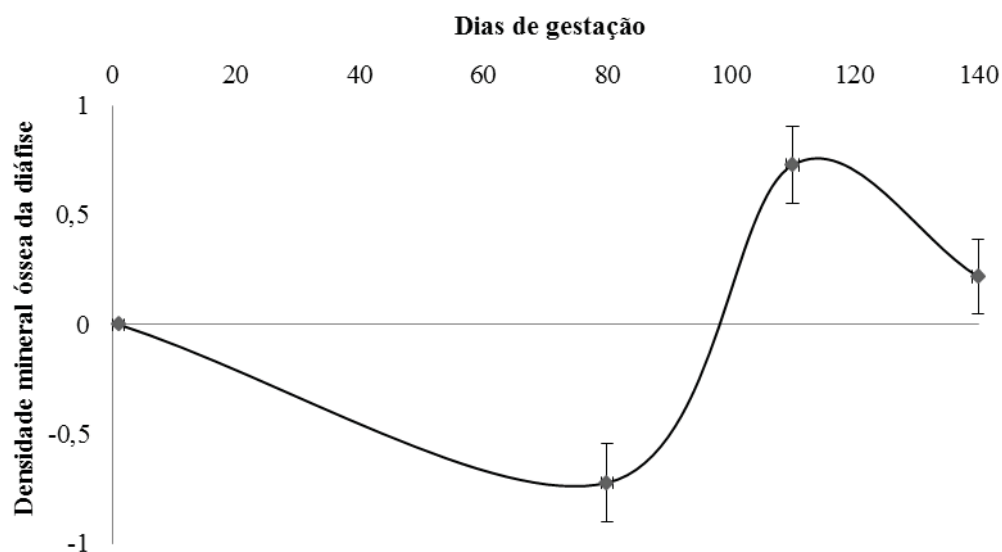


Figura 1. Densidade mineral óssea (mm Al) da diáfise do fêmur (\pm SEM) de cabras ao longo da gestação.

Metabolitos sanguíneos

As concentrações séricas de Ca, K e Ca^+ foram maiores antes da alimentação (Tabela 9), enquanto que as concentrações de P, Mg e Na foram maiores quatro horas após a alimentação ($P < 0,01$). Quatro horas após a alimentação, as cabras Alpina apresentaram maiores concentrações séricas de K ($P < 0,05$) do que as cabras Saanen (Figura 2).

Tabela 9. Concentração sérica de Ca, P, Mg, K, Na, Ca⁺ e APHO (\pm SEM), nos tempos 0 e 4 de coleta de sangue

Item	Tempo		P-value	Interação ¹
	0	4		
Ca (mg/dl)	7,54 (\pm 0,17)	7,39 (\pm 0,17)	0,054	ns
P (mg/dl)	6,20 (\pm 0,33)	6,40 (\pm 0,33)	0,0023	ns
Mg (mg/dl)	2,20 (\pm 0,08)	2,28 (\pm 0,07)	<0,0001	ns
K (mmol/L)	4,37 (\pm 0,08)	4,24 (\pm 0,07)	<0,0001	BxT *
Na (mmol/L)	141,12 (\pm 0,6)	142,40 (\pm 0,6)	0,0010	ns
Ca ⁺ (mmol/L)	0,641 (\pm 0,02)	0,615 (\pm 0,02)	0,0054	ns
APHO (U/L)	41,18 (\pm 4,26)	41,11(\pm 4,26)	0,7312	ns

¹ns = Non significant ($P>0,05$); B=Breed; T=time; * $P<0,05$; ** $P<0,01$;

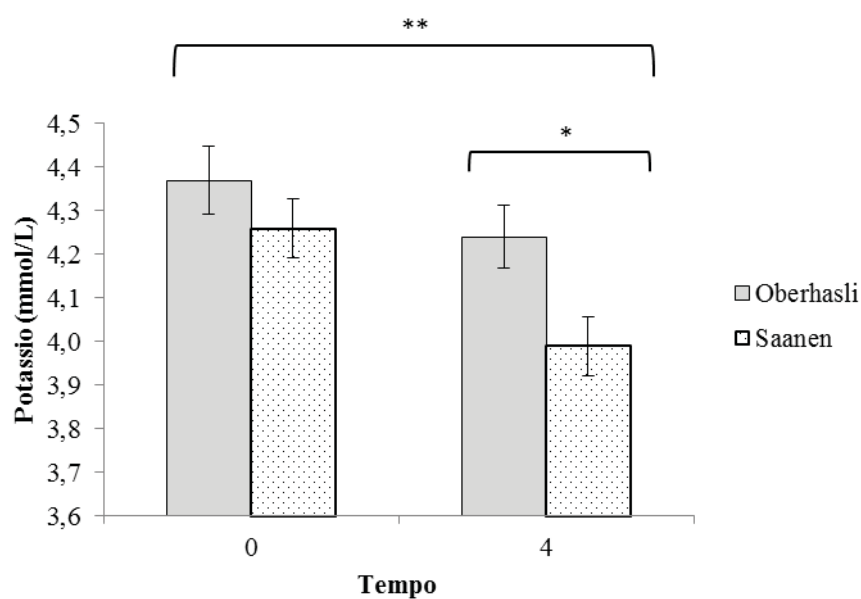


Figura 2. Concentração sérica de potássio (mmol/L) em cabras Saanen e Alpina (Oberhasli) gestantes nos tempos 0 e 4 de coleta de sangue (\pm SEM). *= $P<0,05$; ** $P<0,01$.

As concentrações séricas de Ca variaram com o avanço da gestação, apresentando aumento de 0,5 mg/dl até os 80 dias, diminuindo após os 110 dias ($P < 0,05$; Figura 3). As concentrações séricas de K diminuíram com o avanço gestação e a atividade da fosfatase alcalina apresentou maiores concentrações aos 80 dias de gestação ($P < 0,05$).

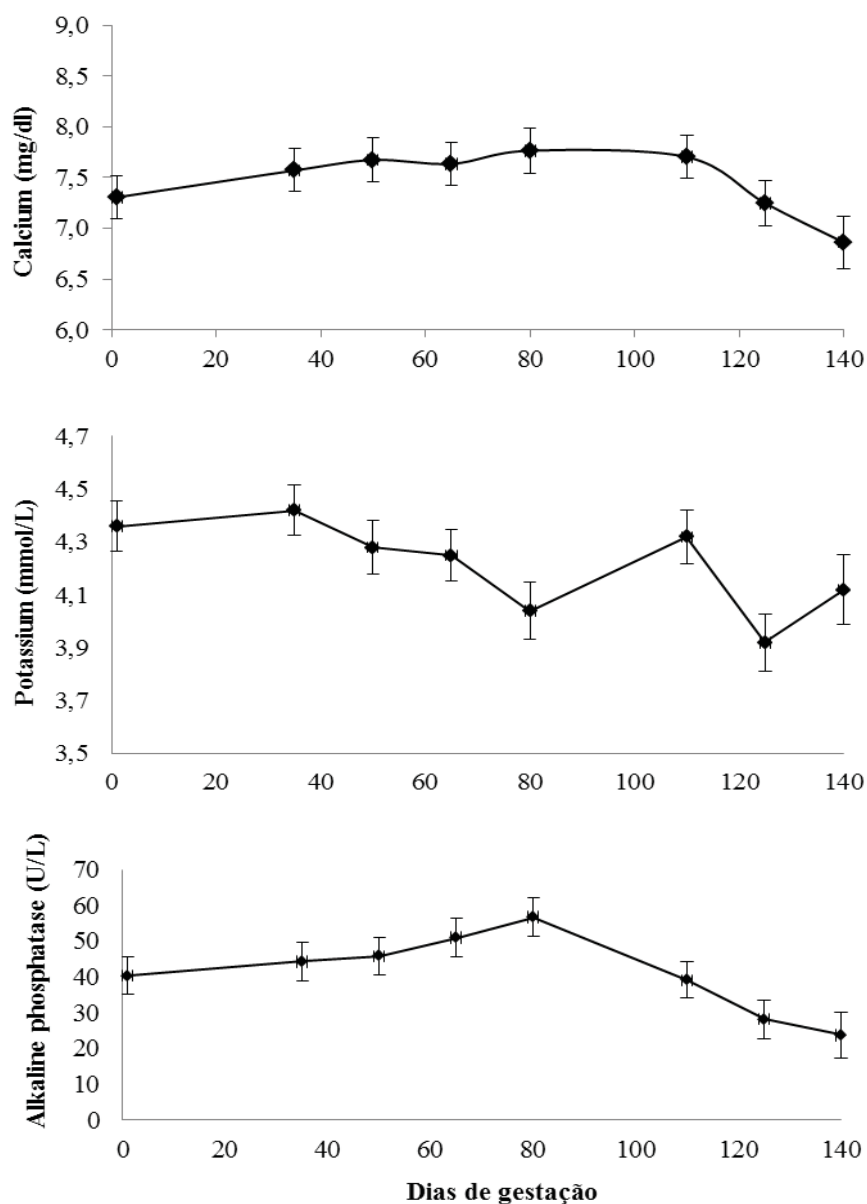


Figura 3. Concentração sérica de cálcio (mg/dl), potássio (mmol/L) e atividade da fosfatase alcalina (U/L) em cabras ao longo da gestação (\pm SEM).

5. Discussão

Ao verificarmos as mudanças que ocorrem no corpo materno, percebe-se que o número de fetos não foi decisivo para as perdas de minerais do corpo. As principais alterações ocorreram principalmente com o avanço da gestação, sendo diferente entre as raças estudadas.

Até os 80 dias de gestação as cabras realizaram estocagem de Ca, Mg e P para dar suporte as primeiras mudanças corporais fisiológicas e principalmente para atender as demandas futuras de crescimento dos produtos da gestação.

No início da gestação o corpo materno sofre grandes mudanças fisiológicas para adaptar-se ao embrião e a placenta em desenvolvimento. Nesse período o útero começa a aumentar de tamanho, de forma muito rápida. Nessa fase inicial também ocorre aumento do volume sanguíneo, das células do sangue (hemoglobinas e plaquetas), enquanto que a elevação do estrogênio e progesterona provoca aumento da taxa cardíaca e aumento do volume sistólico, aumentando o débito cardíaco em 30 a 40% (Chapman et al., 1998; Scheaffer et al., 2001; Carlin e Alfievic, 2008). Nesse contexto, o Ca está envolvido como responsável pela contração muscular, coagulação sanguínea e regulação cardíaca, além disso, esses processos envolvem gasto de energético, de forma que o P juntamente com o Mg desempenham um papel importante na formação do ATP (Suttle, 2010; Lehninger, 2002; Ammerman e Goodrich, 1983). Para a realização de tais eventos fisiológicos observamos que o corpo materno buscou o Ca, P e Mg no maior aproveitamento do alimento ingerido, sem alterar suas perdas via fezes e urina bem como pelo incremento na reabsorção óssea, tornando esses elementos prontamente disponíveis. Isso pode ser comprovado pela pequena elevação das concentrações séricas de Ca observada entre o primeiro e o 80º dia de gestação. Essa elevação pode não parecer significativa, mas se associarmos isso o fato de que durante a gestação, muitos minerais sofrem diluição nas suas concentrações em consequência do aumento do volume sanguíneo (Picciano, 2003; Chapman et al., 1998), possivelmente houve aumento nas concentrações séricas de Ca maiores do que realmente podemos visualizar. Além disso, embora com uma alta variabilidade, os resultados encontrados de composição mineral do fêmur (concentrações de Ca, P e Mg) são coerentes com os resultados de densitometria da diáfise, indicando que até

os 80 dias da gestação ocorreu reabsorção óssea. Portanto, contrariando a teoria de Kovacs (2003) que afirma que há deposição de minerais no esqueleto materno na fase inicial da gestação, a fim de dar suporte as demandas futuras, nossos resultados sugerem que o Ca, P e Mg ficaram estocados nos tecidos moles e /ou na corrente sanguínea do corpo materno, mas não na forma de tecido ósseo, o que possivelmente os torna mais rapidamente disponíveis.

De acordo com a literatura, partir dos 80 dias de gestação foi observado um crescimento mineral mais expressivo nos fetos e glândula mamária, os quais representam a maior fração dos minerais requeridos durante a gestação (ARC 1980; Bell et al. 2005; NRC, 2007). A deposição de Ca, P e Mg nesses tecidos foi sustentada principalmente pelas reservas corporais maternas, que passaram a diminuir após os 80 dias de gestação. Entretanto os resultados de densitometria e composição mineral do fêmur sugerem que uma fração desses minerais que estavam livres no corpo também foram destinados para formação de reserva mineral óssea materna entre os 80 e 110 dias de gestação. Isso possivelmente está ligado ao aumento mais expressivo dos níveis séricos de estrogênio em cabras gestantes que se dá a partir dos 80 dias de gestação (Challis e Linzell, 1971). Pesquisas apontam que o estrogênio está diretamente relacionado com a remodelação óssea, estimulando a atividade osteoblástica (Amadei et al., 2006). Entretanto, os resultados de atividade da fosfatase alcalina total não evidenciam esta tendência, possivelmente pelo fato desta enzima sofrer alterações durante o período da gestação. A atividade da fosfatase alcalina total é o somatório da fosfatase alcalina do fígado, intestino, placenta, ossos, rins e células brancas do sangue, e com o avanço da gestação a secreção desta enzima pela placenta acumula significativamente, dificultando o seu uso como um indicador de reabsorção óssea (Lehmann 1975; Kovacs, 2001; Gol et al., 2006).

De acordo com a teoria sustentada por Liesegang et al. (2006) e Braithwaite et al. (1970) a quantidade de Ca absorvida no final da gestação é insuficiente para atender as demandas nessa fase, pois o corpo materno continua reduzindo sua composição de Ca, P juntamente com maiores perdas endógenas desses minerais. O maior coeficiente de absorção de Ca no final da gestação pode ser devido ao menor consumo de MS e assim conseqüentemente menor quantidade de Ca

ingerido, provocando aumento da sua absorção (Larvor, 1983). Além disso, as concentrações séricas de Ca no final da gestação, resultados de DMO e da composição corporal materna entre os 110 e 140 dias de gestação, indicam mobilização mais intensa de Ca, P e Mg de suas reservas para a formação do feto e do colostro. A não alteração das concentrações séricas de P e Ca^+ com o avanço da gestação eram esperadas (Kovacs, 2001), entretanto ao contrário do que ocorre em humanos, as concentrações séricas de Mg não diminuíram no final da gestação (Hosking, 1996).

Como não foram observadas diferenças nas retenções no corpo materno de Na, acredita-se que todo o seu suprimento para crescimento dos produtos da gestação foi proveniente da dieta juntamente com a diminuição de sua excreção endógena. De acordo com estudos realizados com humanos, a progesterona na gestação provoca aumento na taxa de reabsorção glomerular renal através do efeito mineralcorticóide. Com isso, aumenta a reabsorção de Na, aumentando consequentemente a retenção de água no corpo materno (Mattison et al., 1990). Embora ainda não relatado em animais, essa tendência de maior retenção do Na foi observada em nosso experimento, mesmo com seu balanço negativo. Esse balanço negativo, por sua vez, ocorre principalmente devido a perda de grandes quantidades de Na provenientes da saliva nas fezes. Segundo McDougal (1975) a concentração média de sódio na saliva de ovinos é de 370 a 462 mg/dL de saliva.

Os resultados de K nos permitem afirmar que o suprimento deste mineral para sustentar o crescimento dos produtos da gestação foi obtido principalmente da absorção de K dietético. Devido a alta concentração de K nos alimentos, não se observou diminuição na ingestão de K com o avanço da gestação. Naturalmente os alimentos possuem altas quantidades de K (Ammerman e Goodrich, 1983), o que dificulta inclusive evitar o seu excesso na formulação da ração. Devido a isso se acredita que o balanço negativo de Mg pode estar relacionado ao efeito antagônico que o K exerce sobre a sua absorção. Segundo Suttle (2010), essa relação de antagonismo é mais acentuada em ovinos do que em bovinos, sendo dependente também do tipo de alimento. Entretanto, pode-se verificar que com o avanço da gestação os animais tenderam a perder menos Mg pelas fezes e urina. Dessa forma,

os resultados de nosso experimento sugerem que os caprinos também sofrem perdas na absorção do Mg com a presença de altas quantidades de K na dieta.

Nossos resultados de composição mineral dos fetos aos 140 dias de gestação estão de acordo com os reportados no NRC (2007). Ao analisarmos a distribuição de minerais entre os fetos da gestação simples e gemelar, conclui-se que corpo materno trabalha para a manutenção da gestação de forma igual, independente do número de fetos. Na gestação gemelar não é observado uma espécie de competição entre os fetos pela quantidade de minerais, de forma que seu crescimento ocorre em proporções iguais as de um feto de gestação simples.

As concentrações dos minerais encontradas no líquido placentário podem ser provenientes tanto da circulação materna, que está diretamente e quantitativamente proporcional ao crescimento do feto, bem como da excreção do feto. O líquido placentário é formado pelo líquido amniótico e alantoideano. O fluido amniótico é o meio ambiente do feto dentro do útero. Seu papel é tanto fisiológico quanto mecânico, porém o mais importante é de ordem nutritiva, formando parte integrante do sistema circulatório fetal. O fluido alantoideano é responsável pela manutenção da pressão osmótica do plasma fetal e também serve de depósito de excretas fetais que não podem ser rapidamente transferidos para a mãe (Hafez e Hafez, 2004). Quanto maior o número de fetos e maior o seu tamanho, maior é a demanda de nutrientes, o que conseqüentemente eleva o metabolismo de troca entre a mãe e os fetos, e a concentração de certos nutrientes nos fluídos fetais. Tudo isso está relacionado ao aumento do fluxo sanguíneo uterino e umbilical, que chega a aumentar em cerca de três a quatro vezes no decorrer da gestação (Metcalf et al., 1959; Rosenfeld et al., 1974; Reynolds et al., 1986).

No final da gestação, o aumento de certos nutrientes no líquido placentário pode estar refletindo a atividade metabólica do feto (Tabatabaei, 2011). De acordo com os achados de Anne Pearson e Mellor (1977) e Tabatabaei (2011), em estudo realizado com cabras, no final da gestação encontramos maiores concentrações de K e menores de concentrações de Na no líquido placentário. Esses mesmos autores explicaram que nessa fase, 85 a 95% do Na é absorvido nos rins do feto devido ao aumento da concentração da enzima Na-KATPase que desempenha papel principal na reabsorção do sódio, e, conseqüentemente diminui a concentração de Na e

aumenta a concentração de K na urina do feto. Além disso, esses autores também sugerem que nesse período podem ocorrer mudanças na permeabilidade a esses íons ou até mesmo a diminuição da atividade das bombas de Na e K. Por outro lado, no início da gestação o Na é o maior constituinte do líquido placentário e está relacionado à formação do líquido amniótico devido a função que exerce na retenção e aumento do volume desses líquidos, bem como no equilíbrio da pressão osmótica (McDwell, 1992).

O útero vazio é composto de placenta, placentomas e vasos sanguíneos que estão envolvidos na transferência de nutrientes da mãe para o feto através do cordão umbilical (Hafez e Hafez, 2004). Em nosso estudo observou-se que quanto maior o tamanho do concepto, maior foi o tamanho do útero e sua composição de Na e K. Segundo Bell et al. (2005) a massa placentária está diretamente relacionada com a variação do peso fetal. A maior parte dos nutrientes (aminoácidos, K, Ca^{+2} , Mg^{+2} e fosfato) passam pela placenta por transporte ativo e o transporte de nutrientes através da placenta é proporcional a taxa de crescimento fetal (Stulc, 1997). O Na está diretamente ligado as funções, transporte ativo de aminoácidos, carregamento da glicose para células, absorção e transporte de Ca e juntamente com o K, realizam o transporte ativo através da bomba de sódio-potássio (Suttle, 2010; Bell et al, 2005; Ammerman e Goodrich, 1983). Com isso, possivelmente o maior número de fetos está demandando maior entrada de nutrientes pela placenta, e isso interfere diretamente nas concentrações destes minerais no útero, devido as funções que desempenham. Da mesma forma, essa teoria se aplica as menores concentrações de Na encontradas no corpo das cabras com gestação gemelar. Além de estarem mobilizando mais Na de suas reservas para formação dos tecidos uterinos na gestação gemelar, o corpo materno também destina maior aporte desse mineral para a formação do líquido placentário, devido a sua função junto a retenção de líquidos, que por sua vez é maior nesse tipo de gestação.

Uma vez que as quantidades totais de Ca na glândula mamária não foram diferentes, e ao final da gestação já se tem iniciada a produção de colostro, a interação obtida, sugere que a menor concentração de Ca na glândula de gestação gemelar possivelmente é em decorrência de um aumento de outros componentes na glândula, como proteínas totais ou gorduras. Segundo Csapó et al. (1994) em

estudo conduzido com cabras, ovelhas e vacas, o colostro do primeiro dia dos animais que tiveram gestação gemelar conteve mais sólidos totais, proteínas totais e imunoglobulinas-G do que as de gestação simples. Dessa forma sugerimos que cabras com gestação gemelar também podem produzir colostro com composição de Ca diferente das cabras com gestação simples.

As concentrações séricas dos minerais ficaram dentro das médias normais esperadas para animais nesse estado fisiológico. Como esperado, no estado alimentado encontram-se maiores concentrações plasmáticas de Na e menores concentrações de K. O K é um íon que atua no equilíbrio osmótico dentro das células, ao passo que o Na é um íon extracelular. Esses dois minerais estão diretamente envolvidos no controle do equilíbrio ácido-base das células. Juntos formam a bomba de sódio e potássio que é de importância vital para as células mantendo as diferenças de gradiente elétrico através da membrana e controle da entrada de glicose através da ação de uma ATPase dependente de íons sódio e potássio (McDwell, 1992). Após a alimentação ocorre aumento na concentração de insulina no organismo, que tem a função de auxiliar os tecidos na captura dos nutrientes da corrente sanguínea para dentro das células (Kozloski, 2011). Além disso, a insulina é responsável por provocar, a curto prazo, ajustes no fluxo líquido de K nas células (Suttle, 2010). No entanto, cabe ressaltar que existem muitos mecanismos de transporte do K para dentro das células, mostrando a eficiência com que o organismo trabalha para a manutenção de elevadas concentrações intracelulares de potássio. Isso diz respeito diretamente aos processos que ocorrem no estado absorptivo, quando está ocorrendo entrada de nutrientes nas células através de processos que envolvem direta ou indiretamente o íon K. A diferença de concentração sérica de K no estado alimentado encontrada entre as raças estudadas pode ser em consequência da menor retenção de K no corpo materno das cabras Saanen. Esses animais possivelmente realizavam o sequestro desse mineral para dentro das células mais rapidamente, após a absorção, o que também deve ser relacionado ao maior balanço de K que as cabras dessa raça apresentaram.

A presença do magnésio e fósforo são essenciais para as reações de fosforilação oxidativa para a formação de ATP (Lehninguer, 2002). A maior parte da

energia disponível no organismo é consumida pelo sistema gastrointestinal, e posteriormente o fígado e demais tecidos, os quais também envolvem gasto de energia para metabolizar os nutrientes (Kosloski et al., 2009; Lima et al., 2008). Como a maior parte dos nutrientes é absorvido de forma ativa, envolvendo gasto de energia no enterócito isso explica as maiores concentrações de P e Mg no segundo tempo de coleta, que devem de estar disponíveis em elevadas quantidades para garantir os processos absorptivos que estão acontecendo no estado alimentado do animal.

A porção de cálcio livre no corpo é encontrada na forma ionizada (cálcio ionizado), ligado a proteínas plasmáticas e ligado a ácidos orgânicos e inorgânicos. A diminuição da concentração total de Ca no estado alimentado foi diretamente proporcional a diminuição de Ca ionizado. Como o Ca ionizado é essencial na contração muscular e na sinalização celular (Larvor, 1983; Suttle, 2010), possivelmente mais íons de Ca foram capturados para dentro das células no estado alimentado a fim de atender a demanda da atividade muscular envolvida no processo de digestão, absorção e peristaltismo.

Fatores como a idade, estágio fisiológico e genótipo influenciam nas exigências minerais dos animais. Animais de diferentes genótipos são conhecidos por possuírem diferentes composições corporais e apresentarem diferenças no metabolismo (Oddy e Sainz, 2002; Morand-Fehr, 2005; Wiseman e Mahan, 2010). Tal diferença entre os genótipos tem sido raramente considerados em estudos de exigências nutricionais, tão pouco em pesquisas com exigências de minerais em pequenos ruminantes (ARC, 1980; NRC, 2007; CSIRO, 2007). Nossos resultados mostram que fetos das cabras Alpina tiveram maiores retenções de Ca, P e Mg, pois possivelmente receberam de suas mães maior oferta destes minerais uma vez que elas possuíram maior habilidade em retê-los em seu corpo. Por outro lado, cabras Saanen por terem um menor conteúdo desses minerais no corpo tenderam a fazer maiores reservas destes nos ossos e diminuir as suas perdas via fezes e urina. Alpina e Saanen são duas principais raças selecionadas para alta produção leiteira e ambas são originárias do Cantão de Berna na Suíça, entretanto diferenciam-se na produção. Nas mesmas condições de ambiente cabras da raça Saanen tem maior produção de leite, entretanto com menor concentração de sólidos totais do que

cabras da raça Alpina (Biochard et al. 1989), o que lhes confere diferenças em seu metabolismo. As maiores diferenças estão reportadas na literatura referentes a produção de proteína e gordura no leite (Pulina et al., 2008). Estudos comparando o metabolismo de minerais entre essas duas espécies são praticamente inexistentes. Os nossos resultados nos permitem afirmar que existem diferenças entre os genótipos em relação ao metabolismo mineral. Isso pode ser em consequência tanto da diferença existente entre os genótipos mediante a pressão de seleção, como também pode ser resposta das raças as condições de ambiente encontrados no Brasil.

Em resumo, o metabolismo do Ca, P e Mg na gestação pode ser dividido em duas fases, a primeira até 80 dias, sendo esta caracterizada pela preparação do corpo materno às demandas futuras. Nesse momento, esses minerais ficam retidos no corpo a fim de dar suporte aos importantes ajustes fisiológicos e metabólicos que o corpo materno sofre e para suprir a demanda futura dos produtos da gestação. Já a segunda fase, a partir dos 80 dias é caracterizada pela transferência destas reservas do corpo materno para a formação do feto e colostro. O suprimento de Na e K é realizado por ajustes na excreção endógena e ou aumento da absorção intestinal desses minerais. Além disso, o metabolismo mineral é diferente entre diferentes genótipos estudados e com exceção do Na, não é influenciado pelo número de fetos.

CAPÍTULO 3. Metabolismo mineral em cabras gestantes submetidas a restrição alimentar¹

**Carla Joice Härter,^{*2} Lisiane Dorneles de Lima, † Douglas Sousa Castagnino,*
Astrid Rivera Rivera,* Annette Liesegang,‡ Herymá Oliveira Silva, § Kleber
Tomas de Resende, * Alana Mendonça Nunes, * Izabelle Auxiliadora Molina de
Almeida Teixeira,***

* Department of Animal Science, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP,
Brazil 14884-900;

† Department of Animal Sciences, Universidade do Norte do Paraná- UNOPAR,
Londrina, PR, 86041-120;

‡ Institute of Animal Nutrition, University of Zurich, Zurich, Switzerland;

§ Department of Rural and Animal Technology, Universidade Estadual do Sudoeste
da Bahia, Itapetinga, BA, 45.700-000;

¹ The authors are grateful to Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP proc.2009/10125-0 e 2007/58239-8) for provision of financial support.

² Corresponding author: izabelle@fcav.unesp.br

1. Resumo

A nutrição desempenha um importante papel no sucesso da gestação e fêmeas gestantes subalimentadas podem apresentar comprometimento do seu metabolismo, assim como no desenvolvimento de seus fetos. Entretanto poucos são os estudos envolvendo metabolismo mineral mediante restrição alimentar na gestação. Desta forma, teve-se como objetivo, estudar o efeito da restrição alimentar no metabolismo de cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K) em cabras da raça Alpina e Saanen ao longo da gestação. Foram utilizadas 63 cabras multíparas (PC $49.0 \text{ kg} \pm 8.9$), sendo 31 Alpina e 32 Saanen, destas 6 cabras (3 Alpina e 3 Saanen) foram abatidas no início do experimento para estimativa da composição corporal de cabras não gestantes. As demais foram distribuídas em três níveis de restrição alimentar (ad libitum - 0, 20 e 40% de restrição alimentar) e foram abatidas em diferentes dias de gestação (80, 110 e 140 dias), distribuídas em delineamento de blocos ao acaso, num arranjo fatorial $2 \times 3 \times 3$. Foi mensurado o balanço de minerais em torno dos 50, 80, 110 e 140 dias de gestação. Ao longo da gestação foram determinadas as concentrações séricas de Ca, P, Mg, Na, K, Ca iônico e atividade da fosfatase alcalina. Foi calculada a retenção mineral durante a gestação no corpo materno, fêmur, útero, glândula mamária, fetos e líquido placentário. No fêmur direito foi determinada a densidade mineral óssea. Os dados foram analisados como modelos mistos, considerando como efeitos fixos dias de gestação, níveis de restrição, raças e suas interações, e como efeito aleatório blocos. Quando submetida a restrição alimentar, a mãe realizou ajustes fisiológicos para evitar a diminuição da deposição mineral nos fetos, sendo que esta não foi prejudicada pelo nível de 20% de restrição alimentar. Entretanto com restrição mais severa, o desenvolvimento fetal foi comprometido, pois a prioridade de certos minerais como P, Na e K passou a ser do corpo materno, de forma que somente a deposição de Ca e Mg nos fetos manteve-se inalterada. A restrição alimentar provocou perda de matéria seca do corpo materno ($P < 0,01$). O nível de 40% de restrição alimentar provocou redução da retenção (g/kg PC) de todos os minerais no corpo materno ($P < 0,06$) e induziu a fetos menores do que os não submetidos a restrição ($P < 0,05$). Esse mesmo nível alimentar provocou diminuição na deposição de P, Na e K (mg/g) nos fetos ($P < 0,06$).

Palavras chave: corpo materno; crescimento mineral fetal; retenção mineral.

2. Introdução

A nutrição materna é um dos fatores mais importantes para assegurar o adequado desenvolvimento do feto, o qual pode ser deprimido caso mãe seja submetida a prolongado e elevado nível de subalimentação, sobretudo durante o final da gestação quando é observado o maior crescimento fetal (McDonald et al., 2001; Breier, 2006). Desenvolvimento de obesidade, diabetes tipo II, hipertensão e doenças cardiovasculares, bem como problemas metabólicos, de comportamento, crescimento deficiente do trato gastrintestinal e baixo consumo de alimento tem sido relatados na vida pós-natal de fetos que sofreram elevado nível de restrição de nutrientes durante o período de gestação (Trahair, et al, 1997; Long et al., 2009; Laporte-Broux et al., 2012).

Na maior parte das vezes quem mais sofre com os efeitos da subnutrição na gestação é a mãe. Estudos apontam que o feto possui grande prioridade pelos nutrientes e dessa forma o corpo materno mobiliza de suas reservas os nutrientes necessários para manter o crescimento fetal, refletindo, conseqüentemente na perda de peso da mãe e diminuição do consumo de energia pelo útero (Bell e Ehrhardt, 2000; McDonald et al., 2001; Greenwood e Bell, 2003). Trabalhos voltados para a programação de crescimento fetal tem sido desenvolvidos no sentido de investigar as conseqüências da restrição alimentar tanto no início, como no terço final da gestação (Bell e Ehrhardt, 2000; Breier, 2006; Long et al, 2009; Demirtas e Ozcan, 2012). Entretanto a maioria dos estudos tem focado o efeito da restrição alimentar no metabolismo energético e proteico materno e suas conseqüências no metabolismo fetal (Jones, 1976; Battaglia e Meschia 1978; Battaglia; 1992; Bell e Ehrhardt, 2000). Por outro lado o efeito da restrição alimentar no metabolismo mineral não tem sido levado em consideração em tais estudos, e são escassas as informações de como o metabolismo mineral materno e fetal reagem mediante a prolongado período de restrição alimentar.

O crescimento animal se inicia pelo tecido nervoso e seguido de forma ordenada pelo tecido ósseo, muscular e adiposo (Lawrence e Fowler, 2002). O

tecido ósseo apresenta as maiores taxas de crescimento ainda no período da gestação, dessa forma, a carência severa de Ca e P durante essa fase podem levar a inadequada formação óssea fetal e distúrbios nas funções da glândula paratireoide do feto e sua a adequada liberação de minerais para a circulação sanguínea (Kovacs, 2003). Além disso, estudos realizados em ratos revelaram que a condição de subnutrição materna em Mg, Na e K, causam a diminuição conjunta da composição placentária e fetal desses minerais (Murno et al. 1983).

Com isso, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da restrição alimentar no metabolismo materno de Ca, P, Mg, Na e K bem como a deposição destes minerais nos fetos de cabras da raça Alpina e Saanen, ao longo da gestação.

3. Material e Métodos

Os procedimentos experimentais foram previamente aprovados pelo comitê de ética da Universidade Estadual Paulista, UNESP, Campus de Jaboticabal (protocolo número: 026167-07).

Foram utilizadas 63 cabras multíparas, não lactantes e não gestantes da raça Alpina e Saanen com peso médio inicial de 49,0 kg \pm 8,9 e condição de escore corporal entre 2,65 \pm 0,78 de acordo com Morand-Fehr et al. (1989).

No início do experimento três animais de cada raça foram abatidos para estimar a composição corporal inicial de cabras não gestantes, estes foram considerados referência.

O manejo reprodutivo adotado envolveu cio natural no período de não estacionalidade reprodutiva e cio induzido no período de anestro estacional, utilizando tratamento hormonal recomendado por Westhuysen (1979) e Ritar et al., (1984) para a indução de cio. Uma vez identificado o cio a cobertura foi realizada com monta natural. O momento da cobertura foi acompanhado para realizar a contagem correta dos dias de gestação.

A partir da cobertura os animais foram alocados em baias individuais, com 1,0 m² de área, equipadas de cocho de alimentação individual e bebedouro. Na manhã seguinte a cobertura, antes da primeira alimentação, a cabra foi pesada e amostras de sangue foram colhidas.

A partir da cobertura as cabras foram alimentados a vontade até os 35 dias de gestação com dieta balanceada para atender as exigências de cabras gestantes de acordo com o NRC (2007). A ração foi fornecida em duas refeições diárias, às 0730 e as 1700 h, e ajustadas diariamente para manter sobras em torno de 15% do consumido. A composição química dos alimentos está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição bromatológica e química da ração experimental.

Ingrediente	% ¹	MS g/kg ²	EM ³	g/kg MS								
				PB	EE	FDN	CINZAS	Ca	P	Mg	Na	K
Milho grão	42,05	916	2,96	87,1	29,0	169	19,7	0,48	2,97	1,08	0,44	2,8
Farelo de soja	11,93	919	2,89	473	18,6	222	63,1	2,83	7,27	3,24	0,63	24,8
Feno da planta de milho	34,80	914	2,17	46,2	17,1	580	42,4	2,28	2,01	1,79	0,47	11,4
Tifton 65-feno	10,0	916	1,22	68,6	9,4	784	66,0	3,83	2,21	1,93	0,69	18,5
Mineral premix ⁴	0,37	990	-	-	-	-	999	184	73	58	49,4	1,0
NaCl	0,08	980	-	-	-	-	998	-	-	-	397	-
Calcário	0,58	950	-	-	-	-	999	501	-	0,3	0,22	0,06
Composição da ração final	100	908	2,47	116	21,3	321	47,4	5,30	3,30	1,89	1,00	9,97

¹ Proporção de cada ingrediente na ração.

² Matéria seca em g/ kg na ração como oferecida.

³Energia Metabolizável em Mcal/kg da MS; PB=proteína bruta; EE=extrato etéreo; FDN=fibra em detergente neutro; Ca=cálcio; P=fósforo; Mg=magnésio; Na=sódio; K=potássio.

⁴Premix contém 73 g de P/kg, 190 g de Ca/kg, 62 g de Na/kg, 90 g de Cl/kg, 44 g de Mg/kg, 30 g de S/kg, 1,35 mg de Zn/kg, 340 mg de Cu/kg, 940 mg de Mn/kg, 1,06 mg de Fe/kg, 3 mg de Co/kg, 16 mg de I/kg, 10 mg de Se/kg, máximo de 730 mg de F/kg.

Aos 35 dias de gestação, foi realizada a confirmação da gestação e identificação do número de fetos com o uso de ultrassom. As fêmeas de cada raça identificadas com gestação gemelar foram aleatoriamente distribuídas nos tratamentos de acordo com os dias de gestação (80, 110 e 140 dias) e nível de restrição alimentar (0, 20 e 40% de restrição). Dentre os animais sorteados para cada dia de gestação, foram formados blocos compostos de três animais, um para cada nível de restrição (0, 20 e 40 % de restrição), em que o tratamento de 0% correspondia aos animais alimentados a vontade, aos animais submetidos a 20% e 40% de restrição foi oferecido 80% e 60%, respectivamente, do total consumido pelos animais alimentados a vontade do mesmo bloco. Deste modo, o experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial 3x3x2.

Durante o experimento os animais foram pesados a cada 15 dias desde a cobertura. As fêmeas foram abatidas nas idades gestacionais pré-estabelecidas (80, 110 e 140 dias de gestação). Imediatamente antes do abate o peso corporal das cabras foi obtido sem realização prévia de jejum de sólidos e líquidos.

Imediatamente antes do abate os animais foram insensibilizados, todo o sangue das fêmeas foi colhido e armazenado para incorporação ao corpo das cabras para posterior análise. Após a morte, foram retirados primeiramente o útero gravídeo e a glândula mamária. Os componentes do útero gravídeo foram separados em útero (tecido uterino juntamente com placentas e placentomas), fetos e líquido placentário. O líquido placentário foi considerado como o total de líquidos presentes dentro do útero gravídeo, sendo a mistura do líquido amniótico e alantóideo. Os componentes do útero gravídeo e glândula mamária foram pesados e logo em seguida congelados. O trato gastrintestinal (TGI) foi removido e a diferença de peso entre o TGI cheio (kg) e vazio (kg) foi considerado como sendo o peso do conteúdo do TGI (kg). O peso de corpo vazio (PCV) dos animais foi calculado subtraindo os pesos do conteúdo do TGI, bexiga e vesícula biliar do peso corporal obtido imediatamente antes ao abate.

Adicionalmente no momento do abate, o fêmur da perna direita de cada animal foi retirado para a avaliação da densidade mineral óssea e determinação da composição química do fêmur. O corpo inteiro, incluindo carcaça, sangue, órgãos, vísceras, depósitos de gordura, cabeça, patas e pele foram congelados, e

posteriormente moídos, homogeneizados e foi tomado uma amostra de aproximadamente 1 kg que foi congelado para a realização de posteriores análises.

Os úteros, fetos, glândulas mamárias e fêmures também foram moídos e homogeneizados e tomadas amostras para realização de posteriores análises. Antes da moagem e secagem dos fêmures, foram tomadas suas imagens de raios-X para determinar sua densidade mineral óssea.

Todas as amostras colhidas foram liofilizadas por 72h. Após a liofilização, as amostras de corpo, glândula mamária e fêmur foram desengorduradas antes de serem submetidas a análise de minerais.

As cabras sorteadas para serem abatidas aos 140 dias de gestação foram submetidas à 4 ensaios de digestibilidade ao longo da gestação. Para isso estes animais foram alocados em gaiolas de metabolismo e foi realizada a coleta total de fezes e urina, alimento oferecido e recusado pelo período de 5 dias, os quais iniciaram aos 45, 75, 105 e 135 dias de gestação. Foram colhidas amostras de fezes, correspondente a 20% do total excretado, formando uma amostra composta dos 5 dias. A urina foi coletada separadamente das fezes dentro de recipientes contendo 50 mL de H_2SO_4 à concentração de 7,2 N, desta foi colhida diariamente alíquota de 10% que foi congelada para realização de posteriores análises. O balanço de minerais foi calculado descontando da ingestão de cada mineral, o que foi eliminado nas fezes e urina.

Nestes mesmos animais (140 dias de gestação) também foram realizadas coletas periódicas de sangue após os 35 dias de gestação. Tendo-se portanto amostras de sangue ao 1º, 35º, 50º, 65º, 80º, 95º, 110º, 125º e 140º dias de gestação. Nesses dias foi coletada amostra de sangue, momentos antes do fornecimento da refeição da manhã. As amostras de sangue foram coletadas na veia jugular dentro de tubos à vácuo de 10 mL, sem adição de anticoagulante. O soro foi obtido após centrifugação das amostras de sangue por 20 minutos a 4°C, rotação de $1370 \times g$.

Análises

As análises de densidade mineral óssea (DMO) foram realizadas nas epífises proximal e distal e na diáfise do fêmur, a partir de imagens de raio-X escaneadas

juntamente com uma escada de 12 níveis de concentração de Alumínio (aluminum alloy 6063, ABNT) utilizando metodologia descrita por Araújo et al., (2011).

As amostras de fezes, alimento e sobras foram pré-secas em estufa de circulação de ar forçado a 55° C durante 72h.

O teor de matéria seca, e gordura das amostras colhidas no experimento (ingredientes, sobras, fezes, corpo vazio, glândula mamária, fetos, fêmur, útero e líquido placentário) foi determinado como descrito na AOAC (1995, métodos números 930.15 e 920.39, respectivamente). Entretanto, nas amostras de glândula mamária, corpo vazio e fêmur a análise de extrato etéreo foi adaptada para desengorduramento em sistema de refluxo de éter de petróleo por 8 horas, devido ao alto teor de gordura destas amostras. Nas amostras do alimento foram determinados os teores de cinzas totais, por combustão a 600°C por 3 horas (AOAC, 1990, method 942.05), proteína bruta (CP) por combustão de Dumas utilizando Nitrogen Analyzer (LECO FP-528 LC) seguindo o procedimento descrito por Etheridge et al. (1998). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) dos ingredientes da ração foram determinados pelo método descrito por Robertson e Van Soest (1981). A energia metabolizável dos alimentos foi estimada da seguinte forma: ME = ([kg de NDT segundo Valadares Filho et al. (2002)] x [4,409 kcal] x [0,82]).

Para determinação dos minerais, as amostras de corpo vazio, fêmur, fetos, útero, líquido placentário, glândula mamária, ingredientes, sobras, fezes e urina foram submetidas a digestão nitro-perclórica (AOAC, 1990; método número 935.13). Os teores de Ca e Mg foram determinados por absorção atômica (AOAC, 1990; método número 935.13), os de Na e K foram determinados por emissão atômica (Fritz e Schenk, 1979) e o de P foi determinado por colorimetria (AOAC, 1990; método número 965.17).

As concentrações séricas de Ca, P, Mg e atividade da Fosfatase Alcalina (FA) foram determinadas por colorimetria, utilizando kits comerciais (LABTEST, Lagoa Santa MG, Brazil) com espectrofotômetro (modelo Bio 2000 LABQUEST to TABTEST). As concentrações séricas de K, Na e cálcio iônico foram determinadas utilizando analisador de eletrólitos modelo ROCHE 9180 Electrolyte Analyzer.

A estimativa da retenção de minerais foi obtida a partir da diferença entre a composição final (ao abate) em cada parte do corpo (corpo materno-Eq. [1], glândula mamária, útero e fêmur) e a composição no início da gestação, estimada a partir dos animais referência (Eq. [2] a [8]) A alteração da densidade mineral óssea foi estimada de maneira semelhante (eq. [9] a [13]). Para feto e líquido placentário foi adotado como composição inicial valor igual a zero.

$$\text{Corpo materno} = \text{Corpo vazio} + \text{fêmur} - (\text{útero gravídeo} + \text{glândula mamária}) \quad [1]$$

$$PCVi(kg) = -11.438 \pm 4.41 + 1.09 \pm 0.07 \times PC(kg) \text{ na cobertura} \quad [2]$$

Em que:

PCVi=Peso de corpo vazio inicial; PC=Peso Corporal; $R^2=0,96$; SEM=2,25;

$$CMi(kg) = 0.32 \pm 0.56 + 0.982 \pm 0.01 \times PCVi(kg) \quad [3]$$

Em que:

CMi=Corpo Materno inicial; $R^2=0,99$; SEM=0,26;

$$\text{Glândula inicial (g)} = -110.4 \pm 95.5 + 9.80 \pm 1.85 \times CMi(kg) \quad (\text{Alpina}) \quad [4]$$

$$\text{Glândula inicial (g)} = -110.4 \pm 95.5 + 10.2 \pm 2.29 \times CMi(kg) \quad (\text{Saanen}) \quad [5]$$

Em que:

$R^2=0,76$; SEM=80,27;

$$\text{Útero inicial (g)} = (PCVi(g) - CMi(g)) - \text{Glândula inicial (g)} \quad [6]$$

$$\text{Femur inicial (g)} = 0.72 \pm 0.06 - 0.0079 \pm 0.001 \times CMi(kg) \quad (\text{Alpina}) \quad [7]$$

$$\text{Femur inicial (g)} = 0.72 \pm 0.06 - 0,0084 \pm 0.001 \times CMi(kg) \quad (\text{Saanen}) \quad [8]$$

Em que:

$R^2=0,83$; SEM=0,04;

$$DMO \text{ Diáfise inicial} = 1.40 \pm 1.21 + 0.018 \pm 0.0003 \times CMI(kg) \quad (\text{Oberhasli})[9]$$

$$DMO \text{ Diáfise inicial} = 1.40 \pm 1.21 + 0.015 \pm 0.0004 \times CMI(kg) \quad (\text{Saanen}) [10]$$

Em que:

$R^2=0,79$; SEM=0,75

Alpina:

$$DMO \text{ Epífise proximal inicial} = 12.8 \pm 2.09 - 0.045 \pm 0.01 \times FWi(g) \quad [11]$$

Saanen:

$$DMO \text{ Epífise proximal inicial} = 12.8 \pm 2.09 - 0.050 \pm 0.01 \times FWi(g) \quad [12]$$

Em que:

FWi= Peso do fêmur inicial (equações 7 e 8); $R^2=0,61$; SEM=0,65

$$DMO \text{ epífise distal inicial} = 7.24 \pm 2.07 + 0.002 \pm 0.0006 \times CMI(kg) \quad [13]$$

Em que:

$R^2=0,40$; SEM=1,38

Os dados de consumo e balanço de minerais foram analisados como delineamento de blocos inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. Utilizou-se modelos mistos com efeitos fixos da raça (1 grau de liberdade, GL), nível de restrição alimentar (2 GL), dias de gestação (3 GL, 50, 80, 110 e 140 dias) e suas interações (6 GL) e o como efeito aleatório os blocos (2 GL) e o erro, utilizando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.2). Foi escolhida a matriz de covariância a que melhor se ajustou aos dados de acordo com o critério de informação baysiano (BIC).

O modelo estatístico é:

$$Y_{ijklm} = \mu + B_i + A_j + R_k + D_l + (B_i \times R_k) + (B_i \times D_l) + (R_k \times D_l) + (B_i \times R_k \times D_l) + \varepsilon_{ijkl}$$

onde μ = a média no intercepto, B=efeito da raça i, A= efeito do bloco j, R= efeito do nível de restrição k, D=efeito dos dias de gestação l, 2- e 3- formas de interações, e ε =erro associado a cada Y_{ijkl} .

Os dados de retenção foram analisados como modelos mistos com efeitos fixos da raça (1 grau de liberdade, GL), dos dias de gestação (2 GL), nível de restrição alimentar (2 GL) e suas interações (4 GL), além do efeito aleatório de dos blocos (2 GL) e do erro, utilizando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.2). As variâncias residuais distintas para a subclasse nível de restrição e dias de gestação foi modelada utilizando-se a opção GROUP do comando REPEATED.

O modelo estatístico é:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + A_j + R_k + D_l + (B_i \times R_k) + (B_i \times D_l) + (R_k \times D_l) + (B_i \times R_k \times D_l) + \varepsilon_{ijkl}$$

onde μ = a média no intercepto, B=efeito da raça i, A= efeito do bloco j, R= efeito do nível de restrição k, D=efeito dos dias de gestação l, 2- e 3- formas de interações, e ε =erro associado a cada Y_{ijkl} .

Os metabólitos sanguíneos foram analisados em delineamento de blocos inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. Utilizou-se modelos mistos com efeitos fixos da raça (1 grau de liberdade, GL), nível de restrição alimentar (2 GL), dias de gestação (8 GL) e suas interações (16 GL) e o como efeito aleatório os blocos (2 GL) e o erro, utilizando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.2). Foi escolhida a matriz de covariância a que melhor se ajustou aos dados de acordo com o critério de informação baysiano (BIC).

O modelo estatístico é:

$$Y_{ijklm} = \mu + B_i + A_j + R_k + D_l + (B_i \times R_k) + (B_i \times D_l) + (R_k \times D_l) + (B_i \times R_k \times D_l) + \varepsilon_{ijklm}$$

onde μ = a média no intercepto, B=efeito da raça i, A= efeito do bloco j, R= efeito do nível de restrição k, D=efeito dos dias de gestação l, 2- e 3- formas de interações, e ε =erro associado a cada Y_{ijkl} .

Para todos os resultados, efeitos de interações de maior grau e não significativas foram sequencialmente retiradas quando detectada a não significância. Quando significativas as médias para os dias de gestação e níveis de restrição foram comparadas usando a diferença mínima significativa de Tukey (i.e., a opção PDIFF adjust=tukey do comando LSMEANS). Gráficos e análise de resíduo

mostraram que as considerações do modelo e os testes aplicados foram consideravelmente corretos. Significância foi declarada a $P \leq 0.05$.

4. Resultados

Os tratamentos de 20 e 40 % de restrição alimentar proporcionaram redução de 14,8 e 31,4% no consumo de Ca, 15 e 28,3% no consumo de P, 12,4 e 25,8% no consumo de Mg, 10,2 e 24,5% no consumo de sódio e 13,4 e 26,4% no consumo de potássio, respectivamente (Tabela 2).

O balanço de Ca ($P < 0,05$), P e K ($P < 0,01$) diminuíram com o aumento da restrição alimentar (Tabela 2), bem como diminuíram as perdas de Na ($P < 0,01$). Também foi observado diminuição no balanço de P, Mg ($P < 0,01$) e K ($P < 0,05$) com o avanço da gestação.

Tabela 2. Consumo e balanço de minerais (\pm erro padrão da média) em cabras Alpina e Saanen sob restrição alimentar aos 50, 80, 110 e 140 dias de gestação

Item	Tratamentos											Raça	Dias	Restrição	P ¹		
	Raça		Dias de gestação				Restrição										
	Alpina	Saanen	50	80	110	140	0	20	40								
Consumo (g/dia/PCV ^{0,75})																	
MS	43,97 ($\pm 2,64$)	48,93 ($\pm 3,02$)	62,27 ($\pm 3,94$)	46,58 ($\pm 3,94$)	43,94 ($\pm 3,94$)	33,01 ($\pm 3,94$)	53,88 ($\pm 3,15$)	46,33 ($\pm 3,74$)	39,14 ($\pm 3,46$)						Ns	**	*
Cálcio ³	0,228 ($\pm 0,014$)	0,251 ($\pm 0,016$)	0,320 ($\pm 0,021$)	0,239 ($\pm 0,021$)	0,229 ($\pm 0,021$)	0,170 ($\pm 0,021$)	0,283 ($\pm 0,017$)	0,241 ($\pm 0,020$)	0,194 ($\pm 0,019$)						Ns	**	**
Fósforo	0,144 ($\pm 0,008$)	0,163 ($\pm 0,01$)	0,205 ($\pm 0,013$)	0,155 ($\pm 0,013$)	0,146 ($\pm 0,013$)	0,109 ($\pm 0,013$)	0,180 ($\pm 0,01$)	0,153 ($\pm 0,01$)	0,129 ($\pm 0,01$)						Ns	**	**
Magnésio	0,081 ($\pm 0,005$)	0,089 ($\pm 0,005$)	0,113 ($\pm 0,007$)	0,085 ($\pm 0,007$)	0,081 ($\pm 0,007$)	0,061 ($\pm 0,007$)	0,097 ($\pm 0,006$)	0,085 ($\pm 0,007$)	0,072 ($\pm 0,006$)						Ns	**	*
Sódio	0,042 ($\pm 0,002$)	0,045 ($\pm 0,003$)	0,057 ($\pm 0,004$)	0,044 ($\pm 0,004$)	0,042 ($\pm 0,004$)	0,031 ($\pm 0,004$)	0,049 ($\pm 0,003$)	0,044 ($\pm 0,003$)	0,037 ($\pm 0,003$)						Ns	**	*
Potássio	0,429 ($\pm 0,024$)	0,476 ($\pm 0,027$)	0,606 ($\pm 0,036$)	0,452 ($\pm 0,036$)	0,430 ($\pm 0,036$)	0,323 ($\pm 0,036$)	0,522 ($\pm 0,029$)	0,452 ($\pm 0,034$)	0,384 ($\pm 0,038$)						Ns	**	*
Balanço (mg/dia/PCV ^{0,75}) ²																	
Cálcio	66,5 ($\pm 14,6$)	78,1 ($\pm 12,6$)	95,8 ($\pm 17,7$)	84,9 ($\pm 21,3$)	51,7 ($\pm 16,1$)	56,8 ($\pm 15,1$)	101,1 ^a ($\pm 15,3$)	74,7 ^{ab} ($\pm 16,1$)	41,2 ^b ($\pm 7,04$)						ns	ns	*
Fósforo	85,2 ($\pm 10,6$)	100,1 ($\pm 9,15$)	122,7 ^a ($\pm 12,8$)	107,8 ^{ab} ($\pm 15,4$)	71,9 ^{bc} ($\pm 11,7$)	68,1 ^c ($\pm 10,9$)	123,3 ^a ($\pm 11,0$)	86,9 ^b ($\pm 11,7$)	67,7 ^b ($\pm 10,5$)						Ns	**	**
Magnésio	-47,3 ($\pm 13,2$)	-45,8 ($\pm 12,4$)	-79,6 ^a ($\pm 14,0$)	-54,4 ^{ab} ($\pm 16,4$)	-36,1 ^b ($\pm 12,9$)	-16,0 ^c ($\pm 12,4$)	-64,0 ($\pm 12,5$)	-37,2 ($\pm 13,0$)	-38,4 ($\pm 12,0$)						ns	**	ns
Sódio	-64,8 ($\pm 18,2$)	-86,6 ($\pm 14,7$)	-119,1 ($\pm 23,7$)	-61,1 ($\pm 28,5$)	-78,1 ($\pm 20,8$)	-44,5 ($\pm 20,0$)	-154,2 ^a ($\pm 19,6$)	-47,1 ^b ($\pm 21,3$)	-25,8 ^b ($\pm 19,1$)						ns	ns	**
Potássio	177,6 ($\pm 42,6$)	238,7 ($\pm 36,1$)	297,9 ^a ($\pm 45,1$)	240,8 ^a ($\pm 57,6$)	182,5 ^{ab} (± 43)	111,4 ^b ($\pm 39,1$)	314,0 ^a ($\pm 25,9$)	143,4 ^b ($\pm 25,3$)	115,0 ^b ($\pm 25,1$)						ns	*	**

¹ns = Não significativo ($P > 0,05$); * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

²Balanço= diferença entre o consumo total do nutriente e o total excretado nas fezes e urina.

^{a-c}Médias dentro de mesma linha no tratamento de dias de gestação e nível de restrição com diferentes sobrescritos são diferentes ($P < 0,05$).

³Interação entre raça e restrição ($P < 0,05$)

Os níveis de 20 e 40% de restrição alimentar provocaram perda de 2.25 kg e de 5.34 kg no peso do corpo materno livre de umidade respectivamente ($P < 0,01$; Tabela 3). Da mesma forma, o nível de 40% de restrição alimentar provocou redução da retenção (g/kgPC) de todos os minerais no corpo materno ($P < 0,06$). Já como o avanço da gestação, as retenções de Ca, P e Mg no corpo materno (g/kg) diminuiram ($P < 0,05$). Por outro lado, o corpo materno das cabras Saanen apresentaram retenção (g/kg) negativa de Ca e P ($P < 0,01$). A interação encontrada na retenção de Na no corpo materno correspondeu a 0,72, 0,72, e 0,63 g/kg PC e 0,42, 0,37 e -0,27 g/kgPC aos 0, 20 e 40% de restrição nas cabras Alpina e Saanen, respectivamente. Dessa forma, cabras Saanen quando submetidas a 40% de restrição alimentar apresentaram maiores perdas de Na do corpo ($P < 0,05$).

A restrição de 40% induziu a formação de fetos 16,5 g (peso seco) menores do que os não submetidos a restrição, o que corresponde a redução de 8,25g por feto ($P < 0,05$; Tabela 4). Da mesma forma esse mesmo nível de restrição alimentar provocou diminuição na deposição (mg/g) de P, Na e K no feto ($P < 0,06$). Já com o avanço da gestação a deposição de todos os minerais no feto aumentou ($P < 0,01$).

²B=Raça; R= Nível de restrição; D=Dias de gestação; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$;

³ g/kg PC = gramas de mineral por peso médio do corpo materno no período da gestação

⁴ na base de MS.

^{a-c}Médias dentro de mesma linha no tratamento de dias de gestação e nível de restrição com diferentes sobrescritos são diferentes ($P < 0,05$).

Tabela 4. Retenção mineral em dois fetos (±erro padrão da média) em cabras Alpina e Saanen sob restrição alimentar aos 80, 110 e 140 dias de gestação

Item	Tratamento										P ¹	
	Raça		Restrição			Dias de gestação						
	Alpina	Saanen	0	20	40	80	110	140	Raça	Restrição		Dias
Fetos												
Peso retido (g)	3104,9 (±109)	2883,4 (±105)	2990,0 (±97,5)	3148,6 (±151)	2843,8 (±148)	477,4 ^c (±115)	2453,2 ^b (101)	6051,7 ^a (±183)	ns	ns	**	Ns
Peso seco retido (g)	458,5 (±35,2)	452,4 (±30,9)	461,9 ^a (±24,9)	459,0 ^a (±25,0)	445,4 ^b (±20,0)	45,1 ^b (±29,5)	353,7 ^b (±40,2)	967,5 ^a (±54,3)	ns	*	**	Ns
mg/g de fetos ³												
Cálcio	13,5 (±0,67)	13,26 (±0,67)	13,27 (±0,82)	14,7 (±1,12)	12,24 (±0,89)	8,24 ^c (±0,65)	14,11 ^b (±0,92)	17,85 ^a (±1,31)	Ns	Ns	**	Ns
Fósforo	8,33 (±0,46)	8,52 (±0,47)	8,43 ^a (±0,37)	9,76 ^a (±0,78)	7,09 ^b (±0,33)	5,64 ^b (±0,39)	9,27 ^a (±0,68)	10,4 ^a (±0,60)	Ns	**	**	BxRxD**
Magnésio	0,42 (±0,02)	0,45 (±0,02)	0,44 (±0,03)	0,46 (±0,02)	0,40 (±0,02)	0,33 ^b (±0,02)	0,45 ^a (±0,03)	0,52 ^a (±0,02)	Ns	ns	**	Ns
Sódio	3,96 (±0,27)	4,32 (±0,26)	4,37 (±0,29)	4,46 (±0,35)	3,59 (±0,28)	3,48 ^b (±0,25)	4,37 ^{ab} (±0,39)	4,56 ^a (±0,36)	Ns	0,06	*	Ns
Potássio	2,83 (±0,13)	2,91 (±0,13)	2,99 ^{ab} (±0,19)	3,18 ^a (±0,13)	2,44 ^b (±0,23)	2,28 ^b (±0,15)	3,33 ^a (±0,25)	3,00 ^a (±0,15)	Ns	*	**	Ns
gramas ⁴												
Cálcio	22,4 (±0,98)	22,3 (±0,98)	22,6 (±1,0)	22,6 (±1,0)	21,8 (±0,99)	1,96 ^c (±0,17)	17,9 ^b (±1,70)	47,1 ^a (±2,35)	Ns	0,07	**	Ns
Fósforo	15,7 (±1,22)	14,9 (±1,37)	14,6 (±0,92)	18,4 (±2,39)	12,9 (±1,01)	1,33 ^c (±0,09)	12,7 ^b (±1,51)	31,9 ^a (±2,30)	Ns	Ns	**	BxRxD**
Magnésio	0,76 (±0,07)	0,81 (±0,07)	0,74 (±0,08)	0,88 (±0,10)	0,73 (±0,06)	0,08 ^c (±0,006)	0,69 ^b (±0,10)	1,59 ^a (±0,10)	Ns	ns	**	BxRxD*
Sódio	6,67 (±0,50)	6,68 (±0,50)	6,86 ^a (±0,49)	6,71 ^a (±0,49)	6,44 ^b (±0,49)	0,81 ^c (±0,07)	4,97 ^b (±0,47)	14,2 ^a (±1,38)	Ns	*	**	Ns
Potássio	4,50 (±0,30)	4,38 (±0,30)	4,58 (±0,30)	4,47 (±0,30)	4,26 (±0,30)	0,60 ^c (±0,06)	4,26 ^b (±0,55)	8,46 ^a (±0,67)	Ns	0,05	**	Ns

¹ns = Não significativo ($P > 0,05$); * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

²B=Raça; R= Nível de restrição; D=Dias de gestação; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$;

³ mg/g de fetos = miligramas de mineral por peso médio dos fetos no período da gestação. O peso inicial foi considerado igual a zero.

⁴ na base de MS.

^{a-c}Médias dentro de mesma linha no tratamento de dias de gestação e nível de restrição com diferentes sobrescritos são diferentes ($P < 0,05$).

O nível de 40% restrição alimentar provocou maior acúmulo de sólidos (g) no líquido placentário ($P < 0,01$; Tabela 5). Esse mesmo tratamento resultou em maior retenção (m/g) de Na no líquido placentário ($P=0.06$). Cabras Alpina tiveram maior volume de líquido placentário ($P < 0,01$) e menor concentração de fósforo (mg/g) no líquido placentário ($P < 0,05$). Com o avanço da gestação aumentou a quantidade de líquido placentário ($P < 0,01$), bem como as suas concentrações de P, Mg e K ($P<0,01$).

A restrição alimentar não interferiu na retenção (mg/g) de minerais no útero (Tabela 6). O peso do útero e as suas concentrações (mg/g) de Mg e K aumentaram com o avanço da gestação ($P < 0,05$).

Tanto o peso (g), quanto a retenção de minerais (g) na glândula mamária aumentaram com o avanço da gestação ($P < 0,01$; Tabela 7). A interação encontrada na retenção (g) de P na glândula mamária mostra que aos 80 dias de gestação os dois níveis de restrição alimentar causaram redução nas retenções de P, enquanto que com o avanço da gestação isso não ocorreu, de forma que as médias encontradas não diferiram entre os diferentes níveis de alimentação ($P < 0,01$). Por outro lado, o peso seco da glândula foi menor com as restrições ($p<0,01$) e a deposição de K na glândula mamária (g) diminuiu com o aumento da restrição alimentar ($P < 0,01$).

As cabras Saanen apresentaram maior retenção (mg/g) de Ca, P, Mg e Na no fêmur ($P<0.06$; Tabela 8). A deposição de P (mg/g) no fêmur variou ao longo da gestação de forma que aos 110 dias foi observada a maior retenção ($P < 0,01$).

³mg/g de líquido placentário = miligramas de mineral por peso médio de líquido placentário no período da gestação. O peso inicial foi considerado igual a zero.

⁴ na base de MS.

^{a-c}Médias dentro de mesma linha no tratamento de dias de gestação e nível de restrição com diferentes sobrescritos são diferentes ($P < 0,05$).

Tabela 6. Retenção mineral no útero (±erro padrão da média) em cabras Alpina e Saanen sob restrição alimentar aos 80, 110 e 140 dias de gestação

Item	Tratamento											P ¹				
	Raça			Restrição			Dias de gestação			Raça	Restrição		Dias	Interação ²		
	Alpina	Saanen	0	20	40	80	110	140								
Útero																
Peso retido (g)	1714 (±85,4)	1626 (±83,6)	1810 (±163)	1615 (±65,6)	1585 (±107)	1362 ^b (±96,1)	1890 ^a (±105)	1757 ^a (±120)		Ns	Ns	**	Ns			
Peso seco retido (g)	219,1 (±15,9)	219,8 (±15,6)	227,0 (±22,2)	231,2 (±17,7)	200,3 (±19,5)	173,5 ^b (±18,7)	230,92 ^a (±17,6)	254,0 ^a (±23,3)		Ns	Ns	*	Ns			
mg/g de útero ³																
Cálcio	0,38 (±0,03)	0,42 (±0,03)	0,39 (±0,02)	0,46 (±0,05)	0,35 (±0,03)	0,40 (±0,04)	0,35 (±0,01)	0,45 (±0,04)		Ns	Ns	0,08	BxRxD**			
Fósforo	2,30 (±0,09)	2,23 (±0,09)	2,41 (±0,11)	2,21 (±0,15)	2,17 (±0,12)	2,09 (±0,10)	2,27 (±0,14)	2,44 (±0,14)		Ns	Ns	Ns	Ns			
Magnésio	0,21 (±0,01)	0,20 (±0,01)	0,20 (0,01)	0,20 (±0,01)	0,20 (±0,01)	0,18 ^b (±0,01)	0,20 ^{ab} (±0,01)	0,23 ^a (±0,01)		Ns	Ns	*	Ns			
Sódio	4,06 (±0,18)	3,48 (±0,19)	3,93 (±0,26)	3,84 (±0,20)	3,55 (±0,26)	3,68 (±0,23)	3,78 (±0,26)	3,86 (±0,23)		*	Ns	Ns	Ns			
Potássio	3,49 (±0,17)	3,03 (±0,17)	3,55 (±0,24)	3,30 (±0,23)	2,94 (±0,15)	2,82 ^b (±0,16)	3,02 ^b (±0,18)	3,93 ^a (±0,28)		0,07	ns	*	BxRxD*			
gramas ⁴																
Cálcio	0,39 (±0,03)	0,43 (±0,03)	0,43 (±0,04)	0,45 (±0,04)	0,35 (±0,03)	0,35 (±0,04)	0,40 (±0,03)	0,47 (±0,05)		Ns	Ns	0,056	BxRxD*			
Fósforo	2,11 (±0,22)	2,47 (±0,22)	2,40 (±0,32)	2,25 (±0,24)	2,23 (±0,23)	1,88 (±0,22)	2,44 (±0,32)	2,56 (±0,28)		Ns	Ns	Ns	Ns			
Magnésio	0,22 (±0,02)	0,21 (±0,18)	0,22 (±0,02)	0,22 (±0,02)	0,20 (±0,02)	0,17 ^b (±0,02)	0,23 ^a (±0,02)	0,24 ^a (±0,02)		Ns	Ns	*	Ns			
Sódio	4,12 (±0,37)	3,81 (±0,37)	4,18 (±0,51)	4,10 (±0,41)	3,60 (±0,45)	3,56 (±0,48)	4,20 (±0,48)	4,13 (±0,40)		Ns	Ns	Ns	Ns			
Potássio	3,62 (±0,31)	3,22 (±0,31)	3,60 (±0,39)	3,49 (±0,35)	3,17 (±0,37)	2,56 ^b (±0,30)	3,58 ^a (±0,38)	4,12 ^a (±0,47)		Ns	Ns	*	Ns			

¹ns = Não significativo ($P > 0,05$); * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

²B=Raça; R= Nível de restrição; D=Dias de gestação; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$;

³mg/g de útero = miligramas de mineral por peso médio do útero no período da gestação.

⁴ na base de MS.

^{a-c}Médias dentro de mesma linha no tratamento de dias de gestação e nível de restrição com diferentes sobrescritos são diferentes ($P < 0,05$).

Tabela 7. Retenção mineral na glândula mamária (±erro padrão da média) em cabras Alpina e Saanen sob restrição alimentar aos 80, 110 e 140 dias de gestação

Item	Tratamento												P ¹	
	Raça			Restrição			Dias de gestação			Raça	Restrição	Dias		Interação ²
	Alpina	Saanen	0	20	40	80	110	140						
Glândula mamária														
Peso retido (g)	1272 (±135)	1258 (±133)	1476 (±153)	1183 (±165)	1136 (±152)	295 ^c (±96,5)	1127 ^b (±156)	2373 ^a (±274)	Ns	ns	**	Ns		
Peso seco retido (g)	361 (±41,9)	400 (±40,6)	469 ^a (±50,1)	329 ^b (±44,8)	343 ^b (±45,6)	77,9 ^c (±24,9)	327 ^b (±50,8)	737 ^a (±89,7)	Ns	*	**	Ns		
mg/g de glândula mamária ³														
Cálcio	1,88 (±0,48)	2,08 (±0,48)	1,88 (±0,64)	1,24 (±0,34)	2,83 (±0,75)	1,77 (±0,73)	1,84 (±0,54)	2,33 (±0,48)	Ns	Ns	Ns	Ns		
Fósforo	2,70 (±0,33)	2,38 (±0,33)	3,52 ^a (±0,40)	1,72 ^b (±0,45)	2,38 ^{ab} (±0,44)	2,20 (±0,57)	2,69 (±0,45)	2,73 (±0,26)	Ns	*	Ns	RxD**		
Magnésio	0,31 (±0,04)	0,27 (±0,03)	0,34 (±0,06)	0,26 (±0,03)	0,27 (±0,03)	0,12 ^c (±0,04)	0,27 ^b (±0,05)	0,47 ^a (±0,04)	ns	Ns	**	Ns		
Sódio	2,93 (±0,19)	2,25 (±0,19)	2,67 (±0,25)	2,57 (±0,22)	2,53 (±0,25)	2,12 (±0,26)	2,86 (±0,25)	2,78 (±0,22)	*	Ns	ns	Ns		
Potássio	1,42 (±0,11)	1,16 (±0,11)	1,61 ^a (±0,15)	1,36 ^a (±0,12)	0,90 ^b (±0,13)	0,63 ^b (±0,12)	1,55 ^a (±0,14)	1,70 ^a (±0,14)	Ns	**	**	Ns		
gramas ⁴														
Cálcio	1,95 (±0,37)	1,68 (±0,36)	2,08 (±0,50)	1,47 (±0,32)	1,89 (±0,41)	0,74 ^b (±0,39)	1,43 ^b (±0,43)	3,27 ^a (±0,62)	Ns	Ns	**	Ns		
Fósforo	2,48 (±0,33)	2,46 (±0,32)	3,00 (±0,37)	1,93 (±0,40)	2,48 (±0,38)	1,28 ^b (±0,36)	2,22 ^b (±0,41)	3,90 ^a (±0,43)	Ns	ns	**	RxD**		
Magnésio	0,27 (±0,03)	0,27 (±0,03)	0,33 (±0,04)	0,25 (±0,03)	0,24 (±0,03)	0,06 ^c (±0,02)	0,19 ^b (±0,04)	0,57 ^a (±0,07)	Ns	Ns	**	Ns		
Sódio	2,71 (±0,28)	2,51 (±0,27)	2,98 (±0,36)	2,45 (±0,29)	2,39 (±0,31)	0,94 ^c (±0,17)	2,72 ^b (±0,41)	4,17 ^a (±0,56)	Ns	Ns	**	Ns		
Potássio	1,46 (±0,17)	1,41 (±0,17)	1,83 ^a (±0,21)	1,32 ^b (±0,17)	1,16 ^c (±0,18)	0,31 ^c (±0,07)	1,44 ^b (±0,22)	2,55 ^a (±0,41)	Ns	**	**	BxR*		

¹ns = Não significativo ($P > 0,05$); * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

²B=Raça; R=Nível de restrição; D=Dias de gestação; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$;

³ mg/g de glândula mamária = miligramas de mineral por peso médio do glândula mamária no período da gestação.
⁴ na base de MS.

^{a-c}Médias dentro de mesma linha no tratamento de dias de gestação e nível de restrição com diferentes sobrescritos são diferentes ($P < 0,05$).

Tabela 8. Retenção mineral no fêmur (\pm erro padrão da média) em cabras Alpina e Saanen sob restrição alimentar aos 80, 110 e 140 dias de gestação

Item	P ¹																									
	Raça						Tratamento																			
	Alpina		Saanen		0		20		40		80		110		140		Raça		Restrição		Dias		Interação ²			
mg/g of fêmur ³																										
Cálcio		-3,50 (\pm 4,60)	9,51 (\pm 4,22)	0,27 (\pm 5,01)	7,85 (\pm 4,72)	0,89 (\pm 4,96)	0,58 (\pm 5,09)	11,2 (\pm 6,52)	-2,76 (\pm 4,33)	*	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
Fósforo		-0,32 (\pm 1,60)	6,00 (\pm 1,47)	0,76 (\pm 2,42)	4,48 (\pm 2,77)	3,28 (\pm 1,45)	-0,58 ^b (\pm 2,63)	8,40 ^a (\pm 1,65)	0,70 ^b (\pm 2,14)	**	Ns	**	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
Magnésio		-0,03 (\pm 0,12)	0,46 (\pm 0,11)	0,23 (\pm 0,13)	0,27 (\pm 0,12)	0,15 (\pm 0,12)	0,11 (\pm 0,15)	0,38 (\pm 0,11)	0,16 (\pm 0,15)	**	Ns	Ns	Ns	Ns	**	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns		
Sódio		1,40 (\pm 0,17)	1,83 (\pm 0,14)	1,62 (\pm 0,20)	1,64 (\pm 0,19)	1,58 (\pm 0,18)	1,37 (\pm 0,19)	1,82 (\pm 0,23)	1,65 (\pm 0,16)	0,06	Ns	Ns	Ns	Ns	0,06	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns		
Potássio		0,04 (\pm 0,05)	0,03 (\pm 0,03)	0,03 ^{ab} (\pm 0,09)	0,005 ^b (\pm 0,02)	0,07 ^a (\pm 0,01)	-0,02 (\pm 0,03)	0,14 (\pm 0,08)	-0,01 (\pm 0,02)	Ns	*	Ns	Ns	Ns	Ns	*	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	BxRxD**	
Total ⁴																										
Cálcio (g)		-0,38 (\pm 0,70)	1,39 (\pm 0,64)	0,12 (\pm 0,76)	1,22 (\pm 0,72)	0,16 (\pm 0,75)	0,19 (\pm 0,76)	1,67 (\pm 1,00)	-0,35 (\pm 0,66)	*	Ns	ns	ns	ns	*	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
Fósforo (g)		0,02 (\pm 0,35)	0,91 (\pm 0,31)	0,37 (\pm 0,41)	0,64 (\pm 0,37)	0,40 (\pm 0,40)	-0,09 (\pm 0,42)	1,15 (\pm 0,44)	0,35 (\pm 0,34)	0,06	Ns	Ns	Ns	Ns	0,06	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	
Magnésio (mg)		-1,27 (\pm 17,9)	68,9 (\pm 16,6)	36,2 (\pm 19,3)	41,5 (\pm 18,2)	23,8 (\pm 19,1)	19,2 (\pm 21,9)	56,4 (\pm 16,6)	25,9 (\pm 22,5)	**	Ns	ns	ns	ns	**	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
Sódio (g)		0,22 (\pm 0,03)	0,27 (\pm 0,02)	0,24 (\pm 0,03)	0,25 (\pm 0,03)	0,23 (\pm 0,03)	0,21 (\pm 0,03)	0,27 (\pm 0,03)	0,25 (\pm 0,03)	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	
Potássio (mg)		6,27 (\pm 8,22)	4,83 (\pm 4,83)	4,97 ^{ab} (\pm 13,9)	0,71 ^b (\pm 2,73)	10,9 ^a (\pm 2,08)	-3,00 (\pm 5,20)	21,2 (\pm 13,0)	-1,54 (\pm 2,90)	Ns	*	Ns	Ns	Ns	Ns	*	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	BxRxD**

¹ns = Não significativo ($P > 0,05$); * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

²B=Raça; R= Nível de restrição; D=Dias de gestação; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$;

³ mg/g de fêmur = miligramas de mineral por peso médio do fêmur no período da gestação.

⁴ na base de MS.

^{a-c}Médias dentro de mesma linha no tratamento de dias de gestação e nível de restrição com diferentes sobrescritos são diferentes ($P < 0,05$).

A densitometria mineral óssea das epífises e da diáfise não sofreram efeito de nenhum dos tratamentos.

As concentrações séricas de Ca foram maiores nas cabras Saanen com 7.92 (± 0.17) mg/dl comparado com 7.25 (± 0.18) mg/dl encontrado nas cabras Alpina ($P < 0,05$). Além disso, independente da raça, após os 60 dias de gestação as concentrações séricas de Ca diminuíram ($P < 0,01$; Figura 1). A atividade da fosfatase alcalina diminuiu após os 50 dias da gestação ($P < 0,01$; Figura 1).

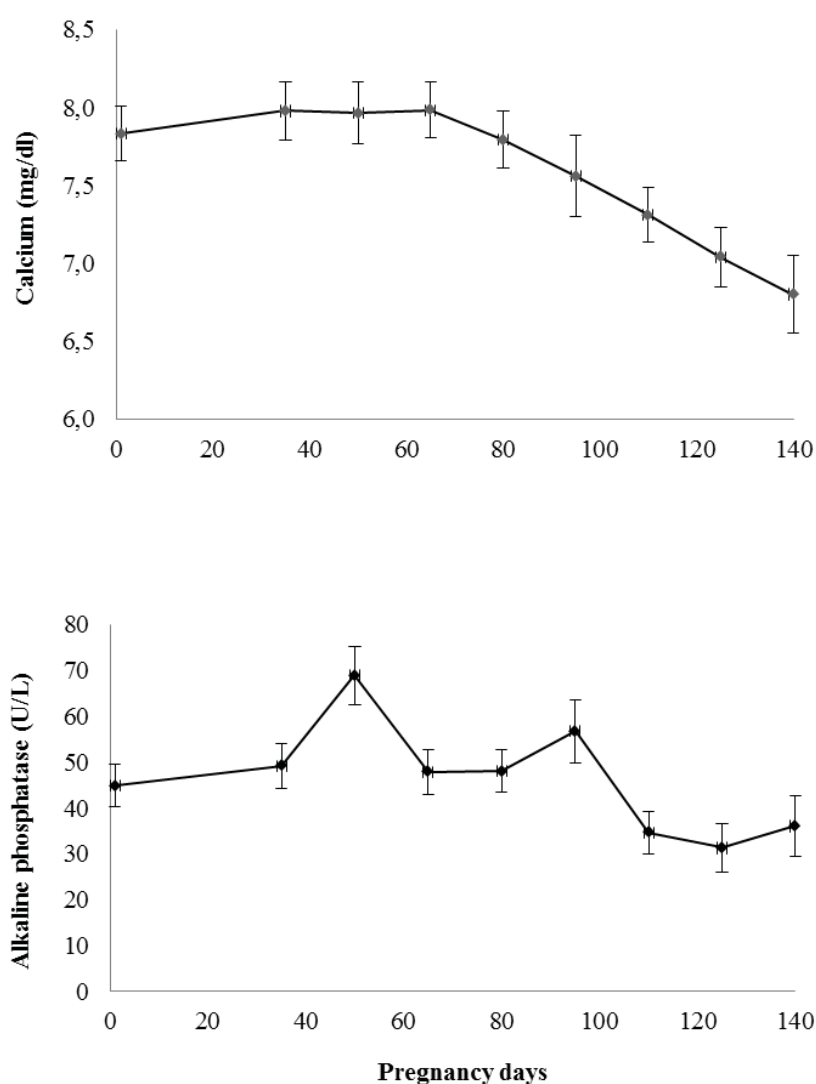


Figura 1. Concentração sérica de cálcio (\pm SEM) e fosfatase alcalina em cabras leiteiras ao longo da gestação.

As concentrações séricas de Mg foram maiores nas cabras Saanen aos 140 dias de gestação ($P < 0,01$; Figura 2). A restrição alimentar não provocou mudanças nas concentrações séricas dos metabólitos estudados, com exceção do K (Figura 3), que foi maior nas cabras Alpina quando alimentadas a vontade ($P < 0,05$).

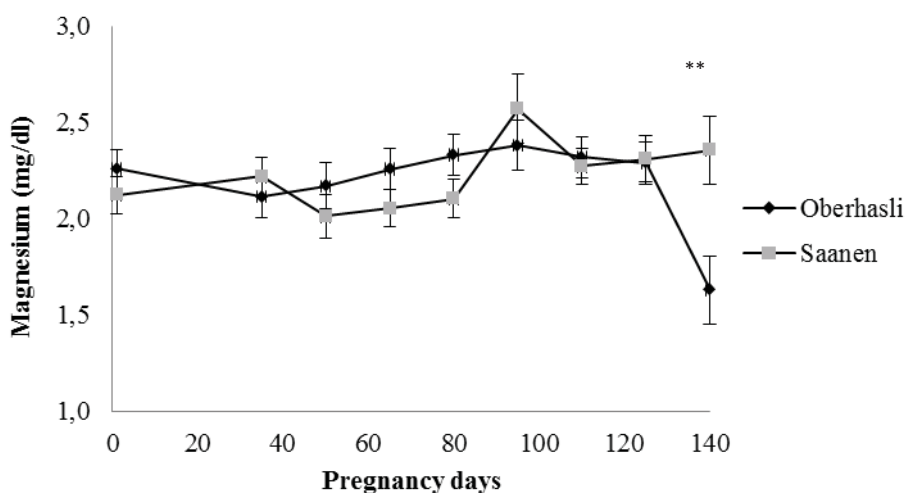


Figura 2. Concentração sérica de magnésio (\pm SEM) em cabras da raça Alpina e saanen ao longo da gestação. **= $P < 0,01$.

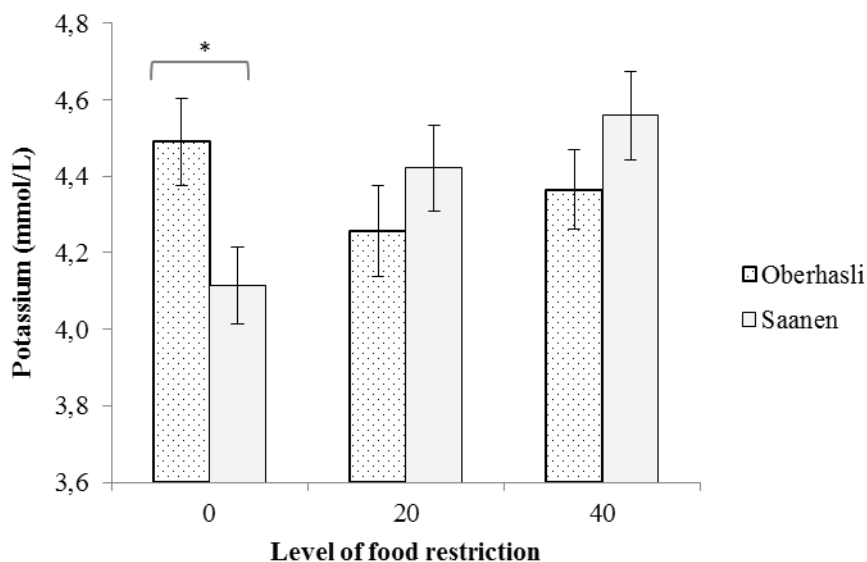


Figura 3. Concentração sérica de potássio (\pm SEM) em cabras gestantes da raça Alpina e saanen, submetidas a diferentes níveis de restrição alimentar (0, 20 e 40%). *= $P < 0,05$.

5. Discussão

Independente do nível de restrição que as cabas foram submetidas, ficou claro a busca da mãe em atender a demanda proveniente do acúmulo de Ca, P e Mg no útero, líquido placentário, glândula mamária e em especial no feto mediante mobilização das reservas corporais acumuladas no início da gestação. Os resultados de composição corporal materna e de concentrações séricas de Ca indicam a mobilização das reservas materna para atender a demanda do crescimento dos produtos da gestação. Embora um pouco mais tarde, em torno dos 100 dias de gestação, Yldiz et al, (2005) também encontraram quedas nas concentrações séricas de Ca em cabras gestantes. Ao mesmo tempo, a diminuição da atividade da fosfatase alcalina encontrada após os 95 dias de gestação pode estar indicando a redução da atividade osteoblástica e possível reabsorção óssea no corpo materno. Estudos realizados com cabras Saanen gestantes revelam que a atividade da fosfatase alcalina óssea específica diminui com o avanço da gestação; e a densidade mineral óssea apresenta decréscimos a partir do último mês de gestação (Liesegang et al., 2006; Liesegang et al., 2007).

Os resultados deste estudo mostraram que também houve mobilização do Ca do corpo materno com a restrição alimentar, correspondendo em média a redução de 31,8 g de Ca com a restrição de 40%, o que assegurou a deposição de Ca nos fetos. Em ovinos, a partir do 35 dias de gestação já é detectado nível de cálcio sanguíneo nos fetos maior do que o materno, de forma que a transferência de Ca para o feto acontece contra o gradiente de concentração. Devido a isso, mediante a hipocalcemia materna o feto não necessariamente é afetado, de forma que este, juntamente com a placenta desenvolvem mecanismos para conseguir retirar Ca da baixa concentração na circulação sanguínea materna (Kovacs, 2003). Entretanto essa habilidade do feto pode ser prejudicada mediante carência prolongada de Ca principalmente no terço final da gestação quando ocorre o máximo crescimento ósseo fetal. Dessa forma, em acordo com os resultados encontrados por Estêvão et al., (2010) percebe-se claramente que o corpo materno sofre ajustes fisiológicos para evitar a penalização da formação óssea fetal. A eficiência de crescimento fetal também está diretamente relacionada a massa placentária, sendo o útero o principal

mediador da transferência dos nutrientes da mãe para o feto (Hafez e Hafez, 2004; Bell et al., 2005). Corroborando com essa teoria, as retenções de minerais e de massa no útero encontradas mantiveram-se inalteradas, mostrando que mesmo sob restrição alimentar houve esforço materno em não comprometer a nutrição do feto.

Ao contrário do que se esperava, os resultados de retenção e densidade mineral óssea no fêmur não evidenciaram reabsorção óssea com o aumento da restrição. Benzie et al., (1955, 1956), em estudo realizado com ovelhas gestantes, relatam que a mobilização óssea ocorre segundo a gravidade da restrição, sendo que quando mais severa, a reabsorção ocorre primeiro nas vértebras cervicais, ossos pélvicos, crânio e mandíbula. Dessa forma sugere-se que o fêmur não é o osso mais adequado para investigação do efeito da restrição alimentar na reabsorção óssea.

Apesar do esforço materno, o crescimento fetal é deprimido com a restrição mais severa. Embora sendo pequena quantidade, os 16.5g que o feto deixou de crescer quando submetidos a restrição de 40%, correspondem a 1,54g a menos de minerais, e restando ainda 14,96 g se devem a não deposição de proteína, gordura e vitaminas. Nossas avaliações foram somente até os 140 dias, sendo que esse valor pode aumentar ainda mais até o nascimento do feto. A taxa de crescimento do feto depende da nutrição materna, e mediante situações de subnutrição pode ocorrer retardamento no seu desenvolvimento, tanto pré quanto pós-natal (Jones, 1976; Breier, 2006; Laporte-Broux et al., 2012). Nos últimos anos inúmeros estudos tem mostrado que o corpo materno não consegue garantir o completo desenvolvimento do feto, sendo este comprometido pela restrição alimentar (Osgerby et al. 2002; Greenwood e Bell, 2003; Scheaffer et al., 2004; Long et al. 2009).

A restrição aplicada nesse experimento está limitando não somente o consumo de minerais, mas também de todos os demais nutrientes. A gestação é uma fase caracterizada por elevada demanda energética, e mediante carência alimentar a mãe vai mobilizar de suas reservas de tecido adiposo e muscular para sustentar as exigências do útero grávido (Bell e Ehrhardt, 2000; Scheaffer et al., 2004). Em estado de jejum ou alto nível de subnutrição o metabolismo materno começará a realizar neoglicogênese a partir de aminoácidos proveniente do tecido

muscular e do glicerol proveniente do tecido adiposo (Attaix et al., 2005; Bell et al., 2005; Pethick et al., 2005; Kozloski et al., 2009). Esse processo de neoglicogênese é energeticamente caro, para cada molécula de glicose formada a partir do piruvato, seis grupos fosfato de alta energia são consumidos (4 ATP e 2 GTP) (Lehninger, 2002). Como na restrição alimentar esses processos estão mais intensos no corpo da fêmea gestante e o P por ser elemento base para a formação do ATP, deve de estar sendo primordialmente requerido pelo corpo materno no processo de neoglicogênese, e conseqüentemente menos P acaba sendo disponibilizado para o feto. Essa mesma explicação pode ser atribuída a menor retenção de P na glândula mamária mediante a restrição alimentar. Entretanto, fêmeas submetidas a 20% de restrição alimentar já apresentaram retenção de P na glândula mamária diminuída, enquanto que no feto essa diminuição só foi observada com o nível mais severo de restrição, o que reforça os esforços que a mãe realiza para priorizar o crescimento do feto.

Ao contrário do que acontece com o Ca, P e Mg, os animais geralmente não possuem reservas corporais de K, pois este é encontrado em abundância nos alimentos que geralmente compõem a ração (Ammerman e Goodrich, 1983; Suttle, 2010). Portanto, possivelmente mediante diminuição severa do suprimento desse mineral na dieta, o corpo materno sem reservas para suprir a carência imposta pela restrição não pode evitar a privação de K gerada ao feto e a glândula mamária. Os resultados de retenção de K no corpo materno indicam que houve mobilização, entretanto acredita-se que grande parte desse K foi destinado principalmente para atender as demandas de manutenção da própria mãe. Durante a gestação o K está diretamente ligado a funções como processos absorptivos de nutrientes, tanto no trato digestivo e na placenta, bem como na manutenção do equilíbrio ácido básico do organismo. Com a restrição alimentar, o organismo materno obtém energia através da mobilização de suas reservas de gordura (Sibanda et al., 1999). Nessas condições, a glicose é obtida a partir do glicerol e nesse processo ocorre a liberação de corpos cetônicos para a corrente sanguínea. Esses corpos cetônicos possuem grupo funcional ácido e liberam íons de H em solução aquosa, o que pode causar queda do pH sanguíneo, e levar o animal a uma condição de acidose metabólica. Nessas condições o organismo reage em busca da compensação do equilíbrio ácido

básico através da neutralização dos ácidos pelas bases do sistema tampão sanguíneo, eliminação do ácido carbônico pelos pulmões sob a forma de dióxido de carbono e aumento da reabsorção renal de bicarbonato para a eliminação do hidrogênio mediadas por trocas de Na e K. A acidez metabólica tem sido associada com o aumento de K sérico, entretanto os mecanismos pelos quais acontecem ainda não estão bem estabelecidos (Oster et al. 1978). Assim, associa-se esta teoria a manutenção dos níveis séricos de K inalterados com a restrição alimentar, sendo que cabras Saanen inclusive tiveram seus níveis séricos de K aumentados nessa condição, reforçando a hipótese de que o K está sendo altamente demandado pelo metabolismo materno.

O Na, por sua vez, não chega a apresentar mudanças nas concentrações séricas devido ao suprimento proveniente das reservas do corpo materno. Juntamente com o K, realizam o transporte ativo nas células através da bomba de sódio-potássio e são responsáveis pelo equilíbrio ácido básico das células (Suttle, 2010; Ammerman e Goodrich, 1983). Como a transferência da maior parte dos nutrientes (aminoácidos, minerais e vitaminas solúveis em água) do corpo materno para o feto se dá por processo ativo, envolvendo gasto de energia, o papel da bomba de sódio e potássio é de fundamental importância nesse processo (Stulc, 1997; McDonald et al., 2001). Além disso, o envolvimento do K no controle do equilíbrio ácido-básico anteriormente explicado, se aplica ao Na. Portanto a falta de Na para a formação do feto indica que as exigências de manutenção materna deste mineral foram priorizadas.

Do ponto de vista das consequências que a falta de P, Na e K podem ter acarretado ao feto, sugere-se que com a elevada restrição o metabolismo materno busca prover a oferta dos nutrientes (proteínas, gorduras, minerais e vitaminas). No entanto, o organismo do feto parece não conseguir incorporar algum desses nutrientes devido ao possível comprometimento de processos metabólicos dependentes desses três minerais. Estudos conduzidos com ovinos, revelam que a menor taxa de crescimento pós-natal de fetos que sofreram restrição na vida intrauterina se deve pelo crescimento muscular em consequência da redução na formação do número de miofibrilas e menor concentração intramuscular de DNA (Greenwood, 2000; Estêvão et al., 2010; Demitras e Özcan, 2012). O P é

componente do DNA e RNA, os quais são essenciais para o crescimento e diferenciação das células (Suttle, 2010). Além de fazer parte do DNA, o P também é necessário para a formação de enzimas ATPases que são fundamentais componentes das fibras musculares e responsáveis pela sua contração (Sivla et al 2007). Dessa forma, sugere-se que a redução de P no feto pode ser a principal causadora do retardamento no crescimento fetal por possível comprometimento no desenvolvimento muscular. Comprovando essa hipótese, a maior retenção de sólidos no líquido placentário encontrada nos animais com 40% de restrição alimentar podem ser resultantes de um ineficiente aproveitamento de nutrientes pelo feto. Os sólidos do líquido placentário são formados de nutrientes de origem materna que estão no fluido amniótico e excreções fetais depositadas no líquido alantoide (Hafez e Hafez, 2004). Dentre os componentes dos sólidos aqueles encontrados em maior concentração são proteínas e lipídeos, de forma que as concentrações de glicose e minerais são em geral muito baixas (Tabatabaei, 2011). Pesquisas desenvolvidas com suínos mostram que a subnutrição materna não diminui a deposição de lipídios nos fetos, pelo contrário, ativa a lipogênese no metabolismo fetal, resultando em trocas no tamanho e distribuição dos lipídios, mas sem modificar a expressão do gene lipogênico (Nguryen, 2010). Tendo em vista que nossos resultados de retenção de minerais no líquido placentário, com exceção do Na, não mudaram com a restrição; que as concentrações de glicose no líquido placentário são desprezíveis; e que possivelmente o feto não tenha diminuído seu crescimento de gorduras; Sugere-se que o feto possa estar desperdiçando aminoácidos, possivelmente sendo esses os principais constituintes das 12,2 g de sólidos do líquido placentário que aumentaram com a restrição alimentar. O que poderia estar relacionado com a carência de K, o qual é importante constituinte do músculo. Além disso, em condições normais, as concentrações de Na no líquido placentário são tidas como indicativos do metabolismo fetal. O início da atividade renal do feto provoca maior retenção de Na no feto e conseqüente redução na concentração de Na no líquido placentário (Anne Pearson e Mellor, 1977; Tabatabaei, 2011). Dessa forma, o aumento de Na no líquido placentário com a restrição, pode ser um indício de que as funções metabólicas do feto foram comprometidas.

O nível intermediário de restrição alimentar já foi suficiente para prejudicar a deposição de sólidos na glândula mamária, bem como dos minerais P e K. A literatura é contraditória com respeito aos efeitos da restrição no desenvolvimento da glândula mamária. Norgaard et al. (2008) em estudo realizado com ovelhas ao final da gestação, verificaram que não houve efeito da restrição alimentar sobre o tecido da glândula mamária, muito menos alteração do epitélio e do peso do parênquima mamário uma semana antes do parto. Por outro lado, Charismiadou et al. (1999), observaram que a restrição no último terço da gestação reduziu o desenvolvimento do úbere, o acúmulo de colostro e a lactogênese. Dessa forma, acredita-se que a restrição provavelmente influenciará negativamente a produção de leite na lactação subsequente, o que pode comprometer a viabilidade do neonato.

Possivelmente devido a maior mobilização que as cabras Alpina realizaram de Ca e P em seu fêmur é se que observou menor concentração sérica de Mg nesses animais. O Mg é responsável pela formação do paratormônio (PTH), bem como pela resposta do tecido ósseo ao PTH (Kronqvist et al., 2011). O PTH é o principal hormônio responsável pela reabsorção de Ca nos ossos. Dessa forma, é possível que maior quantidade de Mg foi demandada por esses animais para a formação do PHT, em especial no fim da gestação quando se tem a maior demanda de Ca para formação óssea do feto e produção de colostro. Corroborando com esses resultados, diferenças no metabolismo do Mg foram comprovados por Greene et al. (1989) que encontraram diferenças na eficiência de absorção de Mg entre diferentes raças bovinas e Field et al. (1969) que observou diferenças nas concentrações sérias de Mg entre diferentes raças de ovelhas.

Diferenças no metabolismo do Na entre as raças também foram evidentes em nosso experimento. A concentração de Na no corpo das cabras Alpina pode estar ligado a maior concentração de água retida no corpo materno durante a gestação. O Na atua no controle do metabolismo da água no organismo, estando diretamente relacionado a reabsorção renal de água (Sutlle, 2010). Ao traçarmos um paralelo entre o peso acumulado, as cabras Alpina retiveram 54% do peso em água, enquanto que cabras Saanen corresponderam a 42% do peso retido. Devido a isso, as cabras Alpina tiveram melhores condições de produzir mais líquido placentário no interior de seus úteros gávidos. Resultados que indicam diferenças entre o

metabolismo de minerais entre animais dessas raças também foram relatados por Härter, 2012 (dados ainda não publicados), o que indica que estas devem ser consideradas separadamente no planejamento alimentar.

6. Conclusões

Mediante a redução do consumo de minerais, a mãe busca em suas reservas corporais todos os minerais para manutenção da gestação, de forma que mediante restrição alimentar de 20% o crescimento fetal é assegurado. Entretanto com restrição de 40% o desenvolvimento fetal pode ser comprometido, pois a prioridade de certos nutrientes como P, Na e K passa a ser do corpo materno.

CAPÍTULO 4. Exigências líquidas em macro minerais para cabras gestantes¹

Carla Joice Härter,* ² Astrid Rivera Rivera,* Douglas Sousa Castagnino,* Alana Nunes,* Herymá Oliveira Silva, † Kleber Tomaz de Resende,* Izabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira,* Normand St-Pierre §

* Department of Animal Sciences, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, Brazil 14884-900;

† Department of Rural and Animal Technology, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, BA;

§ Department of Animal Sciences, The Ohio State University, Columbus, Ohio, United States, 44691;

¹ The authors are grateful to Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP proc.2009/10125-0, 2007/58239-8 e 2006/60480-2) for provision of financial support.

² Corresponding author: harter.carla@gmail.com

1. Resumo

O período de gestação é marcado por importantes mudanças fisiológicas, entretanto nessa fase é que temos as maiores lacunas quanto as informações de exigências de minerais. Com isso o objetivo desse estudo foi determinar as exigências de cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K) para cabras com gestação simples e gemelar, bem como a exigência de manutenção desses minerais para cabras leiteiras durante a gestação. Foram utilizadas 85 cabras multíparas, das raças Alpina e Saanen, divididas em 2 experimentos. Em ambos experimentos foi utilizado o método do abate comparativo. No experimento 1 foram utilizados 51 animais (PC $49,5 \text{ kg} \pm 7,8$) para determinar as exigências de gestação, no início do experimento 6 cabras (3 Alpina e 3 Saanen) foram abatidas para estimativa da composição do útero e glândula mamária em cabras não gestantes. Após confirmação da gestação, as demais foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, em um arranjo fatorial $2 \times 2 \times 4$, sendo, duas raças, dois tipos de gestação (simples e gemelar) e idade gestacional em que as cabras foram abatidas (50, 80, 110 e 140 dias). Foi mensurada a retenção de minerais no útero gravídeo e glândula mamária durante a gestação. As exigências foram obtidas a partir do ajuste dos dados ao modelo não linear de crescimento de Gompertz. No experimento 2, foram determinadas as exigências de manutenção de minerais em cabras, no qual foram utilizados 63 cabras Alpina e Saanen, com gestação dupla (PC $49,0 \text{ kg} \pm 8,9$). Foram abatidas 6 cabras (3 Alpina e 3 Saanen) no início do experimento para estimar a composição corporal de cabras não gestantes. As demais foram distribuídas em três níveis de restrição alimentar (0, 20 e 40% de restrição) e foram abatidas em diferentes dias de gestação (80, 110 e 140 dias), compondo um delineamento de blocos ao acaso, em arranjo fatorial $2 \times 3 \times 3$ (2 raças, 3 níveis de restrição, 3 idades gestacionais). As exigências de manutenção foram estimadas a partir de regressões obtidas a partir da retenção do mineral no corpo materno \times ingestão do mineral. Fetos Oberhasli foram maiores do que os Saanen. As exigências para gestação aumentaram com o avanço da gestação, sendo diferentes entre as raças estudadas e os tipos de gestação. As exigências de manutenção de Ca, P, Mg, e Na aumentam com o avanço da gestação e são

menores em cabras Oberhasli, de forma que dietas devem de ser elaboradas separadamente para cabras Oberhasli e Saanen.

2. Introdução

Os minerais desempenham papel fundamental no metabolismo de energia e proteína, bem como na biossíntese de nutrientes essenciais tornando-se importante durante todo o período produtivo do animal (Ammerman e Goodrich, 1983; McDonald et al., 2001). Suas exigências são influenciadas por vários fatores como nível de produção, idade, relações de sinergismo e antagonismo com outros minerais, grupo genético, sexo e peso dos animais (Suttle, 2010; Gomes et al., 2011, Teixeira et al., 2013).

Por razões de semelhanças biológicas entre os ruminantes, muitos dos dados de exigências minerais encontrados na literatura para caprinos são extrapolados de bovinos e ovinos (AFRC, 1998). Na fase de gestação, há consenso entre os sistemas de alimentação que as exigências de minerais são dependentes do número de fetos e do tempo de gestação, e as recomendações existentes destinam-se somente para os dois últimos meses de gestação, quando o feto apresenta a maior taxa de crescimento (NRC, 2007; AFRC, 1998; CSIRO 2007).

Até o momento não existe na literatura dados de exigências de manutenção tanto de minerais, como também proteína e energia específicas para a fase de gestação, sendo que as atuais recomendações consideram mesma exigência de manança para todos animais adultos, independente da fase produtiva em que se encontram. Entretanto mudanças no metabolismo materno durante o período da gestação são evidentes e isso possivelmente pode interferir na sua exigência de manança (Braithwaite et al., 1970; Mattison, et al., 1990; Yildiz et al., 2005).

Adicionalmente, as exigências de minerais para gestação de cabras são separadas entre a aptidão produtiva (AFRC, 1998; NRC, 2007), entretanto não se tem relatos de diferenças entre raças dentro de mesma aptidão produtiva. Aspectos como a adaptação as condições de meio ambiente e ou ao plano nutricional podem refletir em diferenças entre o metabolismo e conseqüentemente entre as exigências de raças dentro de mesma aptidão produtiva (NRC, 2007; Wiseman e Mahan, 2010). Assim, esse estudo teve como objetivo, determinar as exigências de cálcio (Ca),

fósforo (P), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio(K) de cabras com gestação simples e gemelar e a exigência destes minerais para manutenção na gestação, bem como avaliar o efeito das raças Alpina e Saanen nestas exigências.

3. Material e Métodos

Foram utilizadas 85 cabras multíparas, não lactantes da raça Alpina e Saanen.

Os procedimentos experimentais foram previamente aprovados pelo comitê de ética da Universidade Estadual Paulista, UNESP, Jaboticabal campus (protocolo número: 026167-07).

Inicialmente as cabras não gestantes foram submetidas ao manejo reprodutivo que envolveu cobertura de cabras com cio natural no período de não estacionalidade reprodutiva e cio induzido no período de anestro estacional, utilizando tratamento hormonal recomendado por Westhuysen (1979) e Ritar et al. (1984). Uma vez identificado o cio a cobertura foi realizada com monta natural. O momento da cobertura foi acompanhado para realizar a contagem correta dos dias de gestação.

A partir da cobertura os animais foram alocados em baias individuais, com 1.0 m² de área, equipadas de cocho de alimentação individual e bebedouro. Aos 35 dias de gestação, foi realizada a confirmação da gestação e contagem do número de fetos, com auxílio do ultrassom. Foram conduzidos dois experimentos, sendo adotado em ambos, o mesmo manejo reprodutivo. Uma vez confirmada a gestação e identificado o número de fetos os animais foram sorteadas para os diferentes tratamentos de acordo com o estudo a que iriam participar.

Experimento 1. Exigências de minerais para gestação.

Foram utilizados 59 animais com peso médio inicial de 49,5 kg \pm 7,8 e condição de escore corporal de 2,6 \pm 0,66 de acordo com Morand-Fehr et al. (1989). No início do experimento três animais de cada raça foram abatidos para estimar a composição de útero e glândula mamária de cabras não gestantes, estes foram considerados referência.

Após confirmação do número de fetos, as cabras de cada raça (32 Saanen 50,65 ± 1,11 kg e 27 Alpina 44,01 ± 1,28 kg) e os dias de gestação (50, 80, 110 e 140 dias), formando um arranjo fatorial 2x2x4 (2 raças, 2 tipos de gestação, 4 idades gestacionais). Devido a dificuldade de obtenção de gestação simples, não foram obtidos dados para o tratamento de 50 dias de gestação em ambas as raças com um feto, de forma que nesse tempo de idade de gestação somente foi possível completar os tratamentos de gestação dupla.

A partir da cobertura as cabras foram alimentadas à vontade com dieta balanceada para atender as exigências de cabras gestantes de acordo com o NRC (2007). A ração experimental (Tabela 1) foi fornecida em duas refeições diárias, em torno das 0730 h e as 1700, e ajustadas para manter sobras em torno de 15% do consumido.

Tabela 1. Composição bromatológica e química da ração experimental.

Ingrediente	% ¹	MS g/kg ²	EM ³	g/kg MS								
				PB	EE	FDN	CINZAS	Ca	P	Mg	Na	K
Milho grão	42,05	916	2,96	87,1	29,0	169	19,7	0,48	2,97	1,08	0,44	2,8
Farelo de soja	11,93	919	2,89	473	18,6	222	63,1	2,83	7,27	3,24	0,63	24,8
Feno da planta de milho	34,80	914	2,17	46,2	17,1	580	42,4	2,28	2,01	1,79	0,47	11,4
Tifton 65-feno	10,0	916	1,22	68,6	9,4	784	66,0	3,83	2,21	1,93	0,69	18,5
Mineral premix ⁴	0,37	990	-	-	-	-	999	184	73	58	49,4	1,0
NaCl	0,08	980	-	-	-	-	998	-	-	-	397	-
Calcário	0,58	950	-	-	-	-	999	501	-	0,3	0,22	0,06
Composição da ração final	100	908	2,47	116	21,3	321	47,4	5,30	3,30	1,89	1,00	9,97

¹ Proporção de cada ingrediente na ração.

² Matéria seca em g/ kg na ração como oferecida.

³Energia Metabolizável em Mcal/kg da MS; PB=proteína bruta; EE=extrato etéreo; FDN=fibra em detergente neutro; Ca=cálcio; P=fósforo; Mg=magnésio; Na=sódio; K=potássio.

⁴Premix contém 73 g de P/kg, 190 g de Ca/kg, 62 g de Na/kg, 90 g de Cl/kg, 44 g de Mg/kg, 30 g de S/kg, 1,35 mg de Zn/kg, 340 mg de Cu/kg, 940 mg de Mn/kg, 1,06 mg de Fe/kg, 3 mg de Co/kg, 16 mg de I/kg, 10 mg de Se/kg, máximo de 730 mg de F/kg.

Aos 50, 80, 110 e 140 dias de gestação os animais foram abatidos. O peso corporal ao abate das cabras foi obtido por pesagem momentos antes do abate, sem jejum prévio.

O procedimento do abate envolveu insensibilização dos animais prévia a sangria, que foi realizada pelo corte das jugulares e carótidas. Após a morte, foram retirados primeiramente o útero gravídeo e a glândula mamária. Os componentes do útero gravídeo foram separados em útero (tecido uterino juntamente com placentas e placentomas), fetos e líquido placentário. Os componentes do útero gravídeo e glândula mamária foram pesados e logo em seguida congelados. O trato gastrintestinal (TGI) foi removido e a diferença de peso entre o TGI cheio e vazio foi considerado como sendo o conteúdo trato gastrintestinal. O peso de corpo vazio (PCV) dos animais foi calculado subtraindo os pesos do conteúdo do TGI, bexiga e vesícula biliar do peso corporal obtido imediatamente antes ao abate.

O útero, fetos e glândula mamária foram moídos e homogeneizados e tomadas amostras para realização das análises laboratoriais. Todas as amostras colhidas foram liofilizadas por 72h. Após a liofilização, as amostras de glândula mamária foram desengorduradas antes de serem submetidas à análise de minerais.

As cabras abatidas aos 140 dias de gestação foram submetidas a 4 ensaios de digestibilidade ao longo do período experimental (cada um com início aos 45^o, 75^o, 105^o e 135^o dia de gestação) sendo alocadas em gaiolas de metabolismo por um período de 5 dias em cada ensaio. Foi realizado o controle do alimento oferecido e recusado, bem como a coleta total de fezes, correspondente a 20% do total excretado, formando uma amostra composta dos 5 dias. A digestibilidade aparente e

a disponibilidade foi considerada como a fração do mineral ingerido que não foi excretada nas fezes.

Experimento 2. Exigências de minerais para manutenção em cabras gestantes

Foram utilizadas 63 cabras multíparas, não lactantes e não gestantes da raça Alpina e Saanen com peso médio inicial de 49,0 kg \pm 8,9 e condição de escore corporal de 2,65 \pm 0,78. No início do experimento quatro animais de cada raça foram abatidos para estimar a composição corporal de cabras não gestantes, estes foram considerados referência.

A partir da cobertura as cabras foram alimentadas a vontade até os 35 dias de gestação com mesma dieta do experimento 1.

Aos 35 dias de gestação, foi realizado o ultrassom para confirmação da gestação gemelar. As cabras das duas raças com gestação dupla foram sorteadas nos tratamentos, que envolvia os dias de gestação (80, 110 e 140 dias) e três níveis de restrição alimentar (0, 20 e 40% de restrição). Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 3x3x2 (idade gestacional, níveis de restrição, raças). Cada bloco (trio de animais) foi formado segundo critérios de semelhança entre peso corporal e escore corporal, em que 3 cabras de mesma raça foram distribuídos aleatoriamente nos níveis de restrição ad libitum, 20% e 40% de restrição alimentar. A restrição foi calculada como 20% e 40% a menos que a quantidade total de ingerida pelas cabras que estavam recebendo alimento ad libitum.

Amostras de sobras foram coletadas diariamente formando amostras compostas por animal ao final de cada período (dos 35 aos 80, dos 80 aos 110 e dos 110 aos 140 dias de gestação).

Durante o período experimental os animais foram pesados periodicamente desde a cobertura a cada 15 dias. Aos 80, 110 e 140 dias de gestação os animais foram abatidos. O peso corporal das cabras foi obtido por pesagem momentos antes do abate. Não foi realizado jejum de sólidos nem de líquidos previamente ao abate.

Após o abate, com procedimento igual ao descrito no experimento 1, todo o sangue das fêmeas foi colhido e armazenado para incorporação ao corpo das cabras para posterior análise. O trato gastrintestinal (TGI) foi removido e a diferença

de peso entre o TGI cheio e vazio foi considerado como sendo o conteúdo trato gastrointestinal. O peso de corpo vazio (PCV) dos animais foi calculado subtraindo os pesos do conteúdo do TGI, bexiga e vesícula biliar do peso corporal obtido imediatamente antes ao abate.

O corpo vazio materno, constituído de carcaça, sangue, órgãos, vísceras, depósitos de gordura, cabeça, patas e pele foram congelados, posteriormente moído, homogeneizado e foi tomada uma amostra que foi liofilizada por 72h. Após a liofilização, as amostras foram desengorduradas antes de serem submetidas à análise de minerais.

Análises

As amostras de alimento e sobras foram pré-secas em estufa de ar forçado a 55°C durante 72h.

O teor de matéria seca, e gordura das amostras colhidas no experimento (ingredientes, sobras, fezes, corpo vazio, glândula mamária, fetos, fêmur, útero e líquido placentário) foram determinados como descrito no AOAC (1995; métodos números 930.15 e 920.39, respectivamente). Nas amostras de glândula mamária e corpo vazio a análise de extrato etéreo foi adaptada para desengorduramento em sistema de refluxo de éter de petróleo por 8 horas, devido ao alto teor de gordura destas amostras. Nas amostras do alimento foram determinados os teores de cinzas totais, por combustão a 600°C por 3 horas (AOAC, 1990, method 942.05), proteína bruta (CP) por combustão de Dumas utilizando Nitrogen Analyzer (LECO FP-528 LC) seguindo o procedimento descrito por Etheridge et al. (1998). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) dos ingredientes da ração foram determinados pelo método descrito por Robertson e Van Soest (1981). A energia metabolizável dos alimentos foi estimada da seguinte forma: ME = ([kg de NDT segundo Valadares Filho et al. (2002)] x [4,409 kcal] x [0,82]).

Para determinação dos minerais, as amostras de corpo vazio, fetos, útero, líquido placentário, glândula mamária, ingredientes, sobras, fezes e urina foram submetidas a digestão nitro-perclórica (AOAC, 1990; método número 935.13). Os teores de Ca e Mg foram determinados por absorção atômica (AOAC, 1990; método número 935.13), os de Na e K foram determinados por emissão atômica (Fritz and

Schenk, 1979) e o de P foi determinado por colorimetria (AOAC, 1990; método número 965.17).

Cálculos de exigências de minerais para gestação (Experimento 1)

Foi calculada a retenção de minerais ao longo da gestação no útero, glândula mamária, feto e líquido placentário utilizando o modelo de crescimento de Gompertz (Eq. 1). Com a mesma equação foi calculado também o crescimento (g) do feto. A exigência líquida diária foi obtida a partir da diferenciação da equação [1] (Eq. [2]), bem como a deposição diária de minerais nos fetos.

$$y = P_{nasc} \times e^{-e^{(\ln(-\ln(P_{in}/P_{nasc})) - (b \times \text{dias de gestação}))}} \quad \text{Eq. [1]}$$

$$y(g/dia) = y \times b \times \ln(P_{nasc}/y) \quad \text{Eq. [2]}$$

Em que,

Y= retenção do mineral (g); $e=2,718282$ (base do logaritmo neperiano);
 P_{nasc} =peso ao nascimento (g); P_{in} =Peso inicial (g) e b =taxa máxima de deposição do mineral (g/dia);

A partir dos resultados obtidos de digestibilidade aparente aos 50, 80, 110 e 140 dias de gestação, foram encontrados os valores de exigência dietética de minerais na gestação (g/dia). A exigência dietética do Mg e Na foram encontrados a partir de coeficientes de absorção de 20 e 80%, respectivamente, conforme reportado pelo NRC (2007).

Cálculos de exigências de manutenção (Experimento 2)

As exigências de manutenção foram estimadas a partir de regressões obtidas da correlação entre a retenção do mineral no corpo materno (y) e a ingestão do mineral (x). A exigência líquida de manutenção foi considerada igual ao valor do intercepto da regressão quando a ingestão mineral (x) fosse igual a zero. A exigência dietética foi considerada o resultado da equação quando a retenção (y) fosse igual a zero. A eficiência de utilização foi obtida pela razão entre a exigência líquida e a exigência dietética de manutenção.

A estimativa da retenção de minerais no corpo materno (Eq. [3]) foi obtida a partir da diferença entre a composição final (ao abate) e a composição no início da gestação (Eq. [4]), estimada a partir dos animais referência (Eq. [5], [6] e [7]). Como não foi encontrado relação do peso corporal da cabra com a composição de minerais, para a determinação da composição corporal de minerais no início da gestação, nem efeito da raça, foram utilizadas as porcentagens médias de Ca, P, Mg, K e Na encontrados nos animais referência (Tabela 2).

$$\text{Corpo materno} = \text{Corpo vazio} - (\text{útero gravídeo} + \text{glândula mamária}) \quad [3]$$

$$\text{Retenção (g)} = \text{CMBf} - \text{CMBi} \quad [4]$$

Em que:

CCMf= composição do corpo materno no dia do abate (g); CCMBi= composição do corpo materno na concepção (g);

$$\text{PCVi(kg)} = -11.438 \pm 4.41 + 1.09 \pm 0.07 \times \text{PC (kg) na cobertura} \quad [2]$$

Em que:

PCVi=Peso de corpo vazio inicial; PC=Peso Corporal; $R^2=0,96$; SEM=2,25;

$$\text{CMi(kg)} = 0.32 \pm 0.56 + 0.982 \pm 0.01 \times \text{PCVi(kg)} \quad [3]$$

Em que:

CMi=Corpo Materno inicial; $R^2=0,99$; SEM=0,26;

$$\text{DMi (\%)} = 22.94 \pm 8.13 + 0.55 \pm 0.16 \times \text{MBi (kg)} \quad [7]$$

Em que:

DMi= % of material seca no corpo materno inicial; $R^2=0,61$; SEM=3,55;

Tabela 2. Composição média de minerais no corpo materno no início da gestação.

Mineral	% no corpo ^a	r ²	SEM ^b
Cálcio	2,92	0,09	0,78
Fósforo	1,54	0,02	0,41
Magnésio	0,08	0,11	0,02
Sódio	0,25	0,24	0,06
Potássio	0,29	0,02	0,09

^acomposição do corpo materno com base na matéria seca;

^berro padrão da média;

Análises estatísticas

Experimento 1

Os dados de consumo e digestibilidade aparente foram analisados como delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. Utilizou-se modelos mistos com efeitos fixos da raça (1 grau de liberdade, GL), tipo de gestação (1 GL), dias de gestação (3 GL, 50, 80, 110 e 140 dias) e suas interações e o erro como efeito aleatório, utilizando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.2). Foi escolhida a matriz de covariância a que melhor se ajustou aos dados de acordo com o critério de informação bayesiano (BIC). Significância foi declarada a $P \leq 0,05$.

O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + A_{i:j} + F_k + D_l + (B_i \times F_k) + (B_i \times D_l) + (F_k \times D_l) + (B_i \times F_k \times D_l) + \epsilon_{ijkl}$$

Em que, μ = a média no intercepto, B = efeito da raça i, A = efeito do animal i:j, F = efeito do número de fetos k, D = efeito dos dias de gestação l, 2- e 3- formas de interações, e ϵ = erro associado a cada Y_{ijkl} .

Os resultados de composição do feto foram analisados como modelos mistos com efeitos fixos da raça (1 grau de liberdade, GL), dias de gestação (3 GL), tipo de gestação (1 GL) e suas interações e o erro aleatório utilizando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.2). As variâncias residuais distintas para a subclasse número de fetos e dias de gestação foram modeladas utilizando-se a opção GROUP do comando REPEATED. Quando significativas as médias para os dias de gestação

foram comparadas usando a diferença mínima significativa de Tukey (i.e., a opção PDIFF adjust=tukey do comando LSMEANS). Significância foi declarada a $P \leq 0,05$.

O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + A_{i:j} + F_k + D_l + (B_i \times F_k) + (B_i \times D_l) + (F_k \times D_l) + (B_i \times F_k \times D_l) + \varepsilon_{ijkl}$$

Em que, μ = a média no intercepto, B=efeito da raça i, A= efeito do animal i:j, R= efeito do número de fetos k, D=efeito dos dias de gestação l, 2- e 3- formas de interações, e ε =erro associado a cada Y_{ijkl} .

Os parâmetros das equações para encontrar as exigências líquidas de cada mineral, foram obtidos separadamente para cada componente da gestação (feto, útero, líquido placentário e glândula mamária) que foram analisados separadamente no modelo de Gompertz descrito anteriormente com auxílio do procedimento NLIN, utilizando o método MARQUARDT do pacote estatístico SAS (versão 9.2). Os parâmetros das equações de crescimento do feto (g) foram encontrados da mesma maneira.

Foi realizado teste de semelhança entre os parâmetros dos modelos gerados para cada componente da gestação (feto, útero, líquido placentário e glândula mamária) de cada mineral pelo procedimento N LIN do SAS 9.2. Significância foi declarada a $P \leq 0,05$.

Experimento 2

As equações de regressões de estimativa da composição corporal inicial obtida a partir dos animais baseline foram obtidas a partir do procedimento MIXED do pacote estatístico SAS 9.2

As equações de regressões de estimativa das exigências de manutenção foram obtidas a partir da correlação entre a ingestão do mineral em g/d e a retenção do mineral no corpo das cabras em g/dia/PCV, sendo analisados como modelos mistos com efeitos fixos da raça (1 grau de liberdade, GL) e dos dias de gestação (2 GL) e suas interações (4 GL), além do efeito aleatório de dos blocos (2 GL) e do erro, utilizando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.2). Os interceptos das equações foram obtidos pelo comando "at" dias = 80, 110 ou 140 e "at" ingestão de minerais = 0, no procedimento LSMEANS.

4. Resultados

Na tabela 3 são apresentadas as médias de consumo de MS, Ca, P, Mg, Na e K (g/peso metabólico) dos animais ao longo da gestação, nos diferentes níveis de restrição alimentar. Nos ensaios de digestibilidade, observou-se que consumo de MS diminuiu no último mês de gestação ($P < 0,05$) sendo que cabras Saanen apresentaram consumo mais elevado ($P < 0,05$; Tabela 4). A digestibilidade aparente da MS ($P = 0,08$) e digestibilidade aparente do cálcio ($P < 0,05$) aumentaram com o avanço da gestação e cabras Saanen tiveram maior digestibilidade aparente da MS ($P < 0,05$) e fósforo ($P < 0,01$; Tabela 4).

Tabela 3. Consumo de MS, cálcio, fósforo, magnésio, sódio e (± erro padrão da média) em cabras Alpina e Saanen com gestação gemelar (2 fetos), submetidas a restrição alimentar (0, 20 e 40%), aos 50, 80, 110 e 140 dias de gestação

Item	50			80			110			140		
	0	20	40	0	20	40	0	20	40	0	20	40
Alpina												
MS (g/dia/PCV ^{0.75})	55,57 (±9,76)	53,13 (±9,76)	75,12 (±8,62)	49,4 (±9,76)	53,04 (±9,76)	32,12 (±8,62)	49,41 (±9,76)	43,8 (±9,76)	27,16 (±8,62)	30,3 (±9,76)	38,4 (±9,76)	24,1 (±8,62)
Cálcio (g/dia/PCV ^{0.75})	0,285 (±0,05)	0,273 (±0,05)	0,389 (±0,04)	0,251 (±0,05)	0,265 (±0,05)	0,170 (±0,04)	0,252 (±0,05)	0,228 (±0,05)	0,144 (±0,04)	0,151 (±0,05)	0,198 (±0,05)	0,128 (±0,04)
Fósforo (g/dia/PCV ^{0.75})	0,184 (± 0,03)	0,176 (±0,03)	0,247 (±0,03)	0,162 (±0,03)	0,176 (±0,03)	0,105 (±0,03)	0,161 (±0,03)	0,144 (±0,03)	0,089 (±0,03)	0,098 (±0,03)	0,127 (±0,03)	0,079 (±0,03)
Magnésio (g/dia/PCV ^{0.75})	0,100 (±0,02)	0,095 (±0,02)	0,138 (±0,01)	0,090 (±0,02)	0,095 (±0,02)	0,060 (±0,01)	0,089 (±0,02)	0,081 (±0,02)	0,051 (±0,01)	0,053 (±0,02)	0,071 (±0,02)	0,045 (±0,01)
Sódio (g/dia/PCV ^{0.75})	0,050 (±0,01)	0,049 (±0,01)	0,07118 (±0,01)	0,045 (±0,01)	0,048 (±0,01)	0,032 (±0,01)	0,045 (±0,01)	0,043 (±0,01)	0,027 (±0,01)	0,026 (±0,01)	0,036 (±0,01)	0,024 (±0,01)
Potássio (g/dia/PCV ^{0.75})	0,560 (±0,09)	0,521 (±0,09)	0,715 (±0,08)	0,498 (±0,09)	0,483 (±0,09)	0,319 (±0,08)	0,488 (±0,09)	0,437 (±0,09)	0,271 (±0,08)	0,287 (±0,09)	0,380 (±0,09)	0,240 (±0,08)
Saanen												
MS (g/dia/PCV ^{0.75})	72,67 (±8,62)	51,25 (±11,6)	45,62 (±11,6)	66,1 (±8,62)	29,95 (±11,6)	31,1 (±11,6)	62,4 (±8,62)	35,2 (±11,6)	36,8 (±11,6)	43,0 (±8,62)	37,6 (±11,6)	23,8 (±11,6)
Cálcio (g/dia/PCV ^{0.75})	0,389 (±0,04)	0,318 (±0,06)	0,228 (±0,06)	0,356 (±0,04)	0,201 (±0,06)	0,178 (±0,06)	0,343 (±0,04)	0,232 (±0,06)	0,188 (±0,06)	0,235 (±0,04)	0,208 (±0,06)	0,128 (±0,06)
Fósforo (g/dia/PCV ^{0.75})	0,241 (±0,03)	0,166 (±0,04)	0,150 (±0,04)	0,223 (±0,03)	0,097 (±0,04)	0,099 (±0,04)	0,214 (±0,03)	0,110 (±0,04)	0,118 (±0,04)	0,146 (±0,03)	0,122 (±0,04)	0,077 (±0,04)
Magnésio (g/dia/PCV ^{0.75})	0,129 (±0,02)	0,098 (±0,02)	0,083 (±0,02)	0,118 (±0,02)	0,060 (±0,02)	0,0582 (±0,02)	0,114 (±0,02)	0,070 (±0,02)	0,068 (±0,02)	0,080 (±0,02)	0,071 (±0,02)	0,044 (±0,02)
Sódio (g/dia/PCV ^{0.75})	0,066 (±0,01)	0,055 (±0,01)	0,040 (±0,01)	0,061 (±0,01)	0,037 (±0,01)	0,032 (±0,01)	0,058 (±0,01)	0,043 (±0,01)	0,035 (±0,01)	0,040 (±0,01)	0,038 (±0,01)	0,023 (±0,01)
Potássio (g/dia/PCV ^{0.75})	0,697 (±0,08)	0,516 (±0,10)	0,450 (±0,10)	0,635 (±0,08)	0,298 (±0,10)	0,310 (±0,10)	0,591 (±0,08)	0,352 (±0,10)	0,363 (±0,10)	0,412 (±0,08)	0,379 (±0,10)	0,240 (±0,10)

Tabela 4. Consumo, coeficientes de absorção aparente da MS, cálcio, fósforo e potássio (\pm erro padrão da média) em cabras Alpina e Saanen com gestação simples (1feto) e gemelar (2 fetos), alimentadas a vontade, aos 50, 80, 110 e 140 dias de gestação

Item	Raça		Tratamento				P ¹				
			Dias de gestação				Número de fetos				
	Alpina	Saanen	50	80	110	140	1	2	Raça	Dias	Fetos
Consumo MS (g/dia/PCV ^{0,75})	41,93 (\pm 3,77)	58,84 (\pm 3,92)	54,06 ^b (\pm 5,26)	57,90 ^b (\pm 5,89)	54,62 ^b (\pm 5,26)	34,97 ^a (\pm 5,26)	51,37 (\pm 3,55)	49,40 (\pm 4,16)	*	*	ns
Digestibilidade% ²											
MS	69,9 (\pm 1,58)	77,11 (\pm 1,63)	69,96 (\pm 2,11)	71,33 (\pm 2,22)	74,60 (\pm 2,22)	78,13 (\pm 2,49)	72,67 (\pm 1,46)	74,33 (\pm 1,76)	*	0,08	ns
Cálcio	43,76 (\pm 3,74)	50,70 (\pm 4,11)	37,41 ^a (\pm 5,28)	41,73 ^a (\pm 6,86)	48,45 ^{ab} (\pm 4,72)	61,35 ^b (\pm 5,28)	47,94 (\pm 3,57)	46,53 (\pm 4,20)	ns	*	ns
Fósforo	68,50 (\pm 1,83)	78,17 (\pm 2,05)	68,40 (\pm 2,56)	74,75 (\pm 3,52)	74,58 (\pm 2,43)	75,60 (\pm 2,43)	73,57 (\pm 1,77)	73,10 (\pm 2,08)	**	ns	ns
Potássio	95,21 (\pm 0,47)	95,63 (\pm 0,50)	94,91 (\pm 0,64)	95,72 (\pm 0,88)	95,26 (\pm 0,57)	95,79 (\pm 0,62)	95,61 (\pm 0,41)	95,23 (\pm 0,55)	ns	ns	ns

¹ns = Não significativo ($P > 0,10$); * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

² Digestibilidade % = digestibilidade aparente encontrada pela porcentagem da diferença entre o nutriente consumido e o excretado nas fezes.

^{a-c}Médias dentro de mesma linha no tratamento de dias de gestação com diferentes sobrescritos são diferentes ($P < 0,05$).

Os parâmetros do modelo de Gompertz gerados para todos os minerais foram diferentes entre cabras Alpina e Saanen com gestação simples e dupla ($P < 0,01$). Dessa forma, foram considerados diferentes parâmetros para cálculo de crescimento do feto (g) bem como em cada componente da gestação (útero, feto, líquido placentário e glândula mamária) para obtenção da deposição (g) de cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio (Tabelas 5, 6, 7, 8, 9 e 10).

Tabela 5. Parâmetros gerados pela equação não linear de Gompertz¹ para cálculo do crescimento do feto (g) de cabras Alpina e Saanen com gestação simples (1feto) e gemelar (2 fetos).

Item	Alpina		Saanen	
	Simples	Gemelar	Simples	Gemelar
Peso ao nascimento (g) ²	6300	8300	5300	6500
Taxa(g/dia)	0,044	0,0462	0,0443	0,0474
Peso inicial (g)	$7,73 \times 10^{-78}$	$2,10 \times 10^{-75}$	$4,20 \times 10^{-78}$	$9,83 \times 10^{-73}$

¹ $y = P_{nasc} \times e^{-e^{-(\ln(-\ln(P_{in}/P_{nasc})) - (b \times \text{dias de gestação}))}}$, em que Pnasc=peso ao nascimento

(g); b=Taxa máxima de crescimento (g/dia) ; Pin=peso inicial (g).

² Peso total dos fetos em gramas.

Tabela 6. Parâmetros gerados pela equação não linear de Gompertz¹ para cálculo das exigências líquidas de Cálcio (g) de cabras Alpina e Saanen com gestação simples (1feto) e gemelar (2 fetos).

Item	Peso ao nascimento (g)	Taxa (g/dia)	Peso inicial (g)
<i>Alpina com gestação simples</i>			
Feto	80	0,0411	1,0×10 ⁻⁷¹
Líquido placentário	0,5	0,0155	0,00338
Útero	0,9	0,0151	0,0148
Glândula mamária	5	0,0252	0,0278
<i>Alpina com gestação dupla</i>			
Feto	80	0,044	1,0×10 ⁻⁷⁷
Líquido placentário	0,6	0,0171	0,00271
Útero	0,6	0,0213	0,0808
Glândula mamária	5	0,0315	0,00096
<i>Saanen com gestação simples</i>			
Feto	50	0,0352	1,0×10 ⁻³⁹
Líquido placentário	0,4	0,0186	0,00073
Útero	0,6	0,0199	0,061
Glândula mamária	22	0,0372	1,0×10 ⁻⁷⁵
<i>Saanen com gestação dupla</i>			
Feto	60	0,0381	1,0×10 ⁻³⁷
Líquido placentário	0,4	0,0112	0,0259
Útero	4	0,011	0,015
Glândula mamária	8	0,0088	1,9027

¹ $y = P_{nasc} \times e^{-e^{-(\ln(-\ln(P_{in}/P_{nasc})) - (b \times \text{dias de gestação}))}}$, em que P_{nasc}=peso ao nascimento (g);

b=Taxa máxima de crescimento (g/dia) ; P_{in}=peso inicial (g).

Tabela 7. Parâmetros gerados pela equação não linear de Gompertz¹ para cálculo das exigências líquidas de Fósforo (g) de cabras Alpina e Saanen com gestação simples (1feto) e gemelar (2 fetos).

Item	Peso ao nascimento (g)	Taxa (g/dia)	Peso inicial (g)
<i>Alpina com gestação simples</i>			
Feto	40	0,043	$4,3 \times 10^{-76}$
Líquido placentário	0,3	0,0503	$1,72 \times 10^{-50}$
Útero	3	0,0136	0,1302
Glândula mamária	15	0,0156	0,00242
<i>Alpina com gestação dupla</i>			
Feto	60	0,0382	$2,1 \times 10^{-47}$
Líquido placentário	0,2	0,0332	$2,24 \times 10^{-13}$
Útero	4	0,0184	0,171
Glândula mamária	4	0,0335	0,649
<i>Saanen com gestação simples</i>			
Feto	35	0,0384	$9,0 \times 10^{-69}$
Líquido placentário	0,09	0,0573	$9,34 \times 10^{-41}$
Útero	3	0,0181	0,262
Glândula mamária	20	0,0258	$2,2 \times 10^{-15}$
<i>Saanen com gestação dupla</i>			
Feto	30	0,0405	$2,93 \times 10^{-40}$
Líquido placentário	0,2	0,0411	$7,43 \times 10^{-23}$
Útero	10	0,0127	0,104
Glândula mamária	10	0,0106	0,390

¹ $y = P_{nasc} \times e^{-e^{-(\ln(-\ln(P_{in}/P_{nasc})) - (b \times \text{dias de gestação}))}}$, em que P_{nasc}=peso ao nascimento (g);

b=Taxa máxima de crescimento (g/dia) ; P_{in}=peso inicial (g).

Tabela 8. Parâmetros gerados pela equação não linear de Gompertz¹ para cálculo das exigências líquidas de Magnésio (g) de cabras Alpina e Saanen com gestação simples (1feto) e gemelar (2 fetos).

Item	Peso ao nascimento (g)	Taxa (g/dia)	Peso inicial (g)
<i>Alpina com gestação simples</i>			
Feto	2,5	0,0369	3,38×10 ⁻⁴⁶
Líquido placentário	0,1	0,00891	0,00593
Útero	0,4	0,019	0,0014
Glândula mamária	2	0,0211	4,90×10 ⁻⁵
<i>Alpina com gestação dupla</i>			
Feto	2,5	0,044	1,48×10 ⁻⁶⁷
Líquido placentário	0,4	0,027	5,06×10 ⁻¹³
Útero	0,4	0,0153	0,0184
Glândula mamária	0,5	0,0179	0,0732
<i>Saanen com gestação simples</i>			
Feto	2	0,0365	1,52×10 ⁻⁵³
Líquido placentário	0,2	0,0182	6,43×10 ⁻⁴
Útero	0,4	0,0094	0,0332
Glândula mamária	1,5	0,0405	6,47×10 ⁻⁷²
<i>Saanen com gestação dupla</i>			
Feto	2	0,0336	3,21×10 ⁻²³
Líquido placentário	0,1	0,0388	4,83×10 ⁻¹⁵
Útero	0,6	0,0186	0,0021
Glândula mamária	1	0,0201	4,66×10 ⁻⁴

¹ $y = P_{nasc} \times e^{-e^{-(\ln(-\ln(P_{in}/P_{nasc})) - (b \times \text{dias de gestação}))}}$, em que P_{nasc}=peso ao nascimento (g);

b=Taxa máxima de crescimento (g/dia) ; P_{in}=peso inicial (g).

Tabela 9. Parâmetros gerados pela equação não linear de Gompertz¹ para cálculo das exigências líquidas de sódio (g) de cabras Alpina e Saanen com gestação simples (1feto) e gemelar (2 fetos).

Item	Peso ao nascimento (g)	Taxa (g/dia)	Peso inicial (g)
<i>Alpina com gestação simples</i>			
Feto	22	0,0393	9,14×10 ⁻⁶⁵
Líquido placentário	2	0,0274	0,0395
Útero	7	0,017	0,139
Glândula mamária	4	0,0274	1,21×10 ⁻⁴
<i>Alpina com gestação dupla</i>			
Feto	28	0,0425	9,86×10 ⁻⁶⁷
Líquido placentário	4	0,0489	1,20×10 ⁻¹²
Útero	7	0,0171	0,491
Glândula mamária	3	0,0352	0,0288
<i>Saanen com gestação simples</i>			
Feto	20	0,0389	1,28×10 ⁻⁶²
Líquido placentário	8	0,0164	0,429
Útero	7	0,0114	0,690
Glândula mamária	4	0,0572	1,91×10 ⁻⁴⁹
<i>Saanen com gestação dupla</i>			
Feto	24	0,0416	1,87×10 ⁻⁷⁵
Líquido placentário	5	0,0256	0,00151
Útero	10	0,0319	3,20×10 ⁻⁵
Glândula mamária	5	0,0273	0,00623

¹ $y = P_{nasc} \times e^{-e^{-(\ln(-\ln(P_{in}/P_{nasc})) - (b \times \text{dias de gestação}))}}$, em que P_{nasc}=peso ao nascimento (g);

b=Taxa máxima de crescimento (g/dia) ; P_{in}=peso inicial (g).

Tabela 10. Parâmetros gerados pela equação não linear de Gompertz¹ para cálculo das exigências líquidas de potássio (g) de cabras Alpina e Saanen com gestação simples (1feto) e gemelar (2 fetos).

Item	Peso ao nascimento (g)	Taxa (g/dia)	Peso inicial (g)
<i>Alpina com gestação simples</i>			
Feto	10	0,0413	$3,32 \times 10^{-56}$
Líquido placentário	0,8	0,0337	$3,34 \times 10^{-12}$
Útero	8	0,0114	0,2168
Glândula mamária	5	0,0146	0,0205
<i>Alpina com gestação dupla</i>			
Feto	10	0,0477	$3,25 \times 10^{-52}$
Líquido placentário	4	0,0309	$9,37 \times 10^{-57}$
Útero	8	0,0149	0,224
Glândula mamária	4	0,0132	0,123
<i>Saanen com gestação simples</i>			
Feto	8	0,0359	$2,84 \times 10^{-31}$
Líquido placentário	1,3	0,0429	$4,10 \times 10^{-13}$
Útero	5	0,0158	0,287
Glândula mamária	4	0,0482	$1,88 \times 10^{-55}$
<i>Saanen com gestação dupla</i>			
Feto	12	0,0372	$1,16 \times 10^{-29}$
Líquido placentário	1,3	0,0471	$1,54 \times 10^{-41}$
Útero	10	0,0189	0,0156
Glândula mamária	4	0,0277	$4,10 \times 10^{-5}$

¹ $y = P_{nasc} \times e^{-e^{-(\ln(-\ln(P_{in}/P_{nasc})) - (b \times \text{dias de gestação}))}}$, em que P_{nasc}=peso ao nascimento (g);

b=Taxa máxima de crescimento (g/dia) ; P_{in}=peso inicial (g).

No terço final da gestação, os fetos de gestação simples e dupla de cabras Saanen são em média 17% e 30% menores, respectivamente, que os fetos de cabras da raça Alpina ($P < 0,01$; Tabelas 11 e 12). Os fetos das gestações simples atingem a máxima taxa de crescimento (g/dia) aos 120 dias de gestação, enquanto que a taxa de crescimento dos fetos de gestação dupla chegam ao seu máximo um pouco mais cedo, aos 110 dias. As taxas de deposição de todos os minerais nos fetos (g/dia/kg de feto) diminuem com o avanço da gestação. As estimativas de composição mineral dos fetos de gestação simples e gemelar ao nascimento (g/kg de feto), de cabras Alpina foram de 11,5 e 8,99 g de Ca, 6,18 e 6,01 g de P, 0,34 e 0,29 g de Mg, 2,97 e 3,09 g de Na e 1,57 e 1,31 g de K, respectivamente. Enquanto que a composição mineral dos fetos de gestação simples e gemelar ao nascimento (g/kg de feto), de cabras Saanen foram de 7,46 e 7,93 g de Ca, 5,08 e 4,28 g de P, 0,29 e 0,25 g de Mg, 3,14 e 3,03 g de Na e 1,38 e 1,64 g de K, respectivamente.

Tabela 11. Taxa de crescimento (g/dia) e de deposição de Ca, P, Mg, Na e K (g/dia/kg de feto e g/kg feto) partir dos 60 dias de gestação em cabras Alpina com gestação simples (1feto) e gemelar (2 fetos)¹

dias	Feto		Cálcio		Fósforo		Magnésio		Sódio		Potássio	
	g/dia	g/dia/kg feto	g /dia/kg feto	g /kg feto	g /dia/kg feto	g /kg feto	g /dia/kg feto	g /kg feto	g /dia/kg feto	g /kg feto	g /dia/kg feto	g /kg feto
Alpina 1 feto												
60	0,01	2,85	4,86	3,21	5,55	2,29	0,757	1,35	7,749	17,19		
70	0,45	2,03	5,22	2,01	5,34	0,71	0,461	1,22	1,812	6,07		
80	6,16	1,54	5,99	1,31	5,37	0,40	0,336	1,32	0,655	3,32		
90	28,24	1,19	6,95	0,87	5,49	0,31	0,262	1,52	0,306	2,35		
100	64,38	0,90	7,96	0,58	5,65	0,28	0,208	1,79	0,167	1,93		
110	93,60	0,67	8,92	0,39	5,80	0,28	0,162	2,07	0,099	1,74		
120	101,84	0,49	9,77	0,26	5,93	0,29	0,124	2,34	0,062	1,64		
130	91,94	0,35	10,48	0,17	6,03	0,31	0,093	2,59	0,040	1,60		
140	73,60	0,24	11,05	0,11	6,12	0,32	0,068	2,80	0,026	1,58		
150	54,53	0,17	11,50	0,07	6,18	0,34	0,048	2,97	0,017	1,57		
Alpina 2 fetos												
60	0,05	1,06	1,86	3,25	7,54	0,40	0,774	1,50	32,662	99,13		
70	2,19	1,05	2,85	1,21	4,11	0,31	0,512	1,52	4,231	20,69		
80	19,28	0,94	3,98	0,68	3,38	0,28	0,372	1,69	0,955	7,52		
90	64,03	0,78	5,12	0,47	3,40	0,27	0,278	1,93	0,309	3,92		
100	114,95	0,60	6,16	0,35	3,72	0,27	0,206	2,19	0,126	2,57		
110	140,08	0,45	7,05	0,27	4,19	0,27	0,150	2,44	0,060	1,96		
120	133,73	0,32	7,76	0,20	4,69	0,28	0,107	2,66	0,031	1,65		
130	109,47	0,22	8,30	0,15	5,19	0,28	0,075	2,84	0,017	1,47		
140	81,34	0,15	8,70	0,11	5,63	0,29	0,051	2,98	0,010	1,37		
150	56,86	0,10	8,99	0,08	6,01	0,29	0,035	3,09	0,006	1,31		

¹Valores calculados a partir da aplicação da equação de Gompertz, utilizando os parâmetros apresentados nas tabelas 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10.

Tabela 12. Taxa de crescimento (g/dia) e de deposição de Ca, P, Mg, Na e K (g/dia/kg de feto e g/kg feto) partir dos 60 dias de gestação em cabras Saanen com gestação simples (1feto) e gemelar (2 fetos)¹

dias	Feto		Cálcio		Fósforo		Magnésio		Sódio		Potássio	
	g/dia	g /kg feto	g /dia/kg feto	g /kg feto	g /dia/kg feto	g /kg feto	g /dia/kg feto	g /kg feto	g /dia/kg feto	g /kg feto	g /dia/kg feto	g /kg feto
Saanen 1 feto												
60	0,01	54,27	21,66	0,22	0,36	0,103	0,21	0,752	1,37	49,400	163,78	
70	0,44	14,50	4,07	0,23	0,55	0,044	0,13	0,443	1,19	4,018	19,08	
80	5,74	7,63	1,51	0,25	0,87	0,027	0,11	0,323	1,28	0,814	5,53	
90	25,44	5,84	0,81	0,26	1,34	0,021	0,12	0,256	1,50	0,284	2,76	
100	56,46	5,45	0,53	0,26	1,95	0,017	0,15	0,206	1,78	0,136	1,89	
110	80,38	5,60	0,38	0,24	2,64	0,014	0,17	0,164	2,10	0,078	1,56	
120	86,06	5,99	0,29	0,21	3,34	0,011	0,20	0,128	2,41	0,050	1,43	
130	76,74	6,48	0,22	0,17	4,01	0,009	0,23	0,097	2,69	0,034	1,38	
140	60,84	6,99	0,17	0,13	4,59	0,007	0,26	0,072	2,94	0,023	1,37	
150	44,73	7,46	0,13	0,10	5,08	0,005	0,29	0,052	3,14	0,016	1,38	
Saanen 2 fetos												
60	0,12	27,21	9,41	9,84	29,23	1,718	7,32	0,031	0,05	7,909	28,67	
70	3,49	10,43	2,46	2,26	10,06	0,195	1,16	0,059	0,15	1,179	6,20	
80	23,66	6,84	1,10	0,88	5,86	0,053	0,44	0,092	0,35	0,366	2,79	
90	65,11	5,92	0,65	0,45	4,54	0,024	0,28	0,117	0,68	0,170	1,89	
100	102,23	5,87	0,44	0,27	4,10	0,014	0,23	0,125	1,10	0,099	1,59	
110	113,20	6,18	0,32	0,18	3,98	0,009	0,22	0,118	1,57	0,065	1,50	
120	100,85	6,62	0,23	0,12	4,01	0,007	0,22	0,100	2,03	0,045	1,50	
130	78,48	7,10	0,17	0,08	4,09	0,005	0,23	0,079	2,43	0,031	1,54	
140	56,13	7,54	0,12	0,06	4,19	0,004	0,24	0,060	2,77	0,022	1,59	
150	38,10	7,93	0,09	0,04	4,28	0,003	0,25	0,043	3,03	0,016	1,64	

¹Valores calculados a partir da aplicação da equação de Gompertz, utilizando os parâmetros apresentados nas tabelas 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10.

Os resultados de retenção de minerais e de exigências para gestação foram diferentes entre as raças estudadas e os tipos de gestação ($P < 0,01$; Tabelas 13 e 14). Cabras Alpina tem maior exigência dietética para gestação de Ca e P em ambos os tipos de gestação, em relação as cabras Saanen (Tabela 15). Na Tabela 15, encontram-se os resultados da exigência dietética de macro minerais (g/dia).

Tabela 13. Retenção total (g) de cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio (g) no útero + feto + líquido placentário + glândula mamária ao longo da gestação simples e gemelar de cabras Alpina e Saanen¹.

Dias de gestação	Alpina		Saanen	
	Simples	Gemelar	Simples	Gemelar
Cálcio				
50	1,33	1,21	0,29	3,43
80	3,04	3,45	0,66	5,34
110	17,11	23,60	8,93	21,13
140	52,11	59,92	34,57	45,72
Fósforo				
50	0,89	3,98	1,12	2,37
80	2,44	5,81	1,94	5,18
110	13,17	17,85	7,90	17,00
140	33,77	42,52	26,65	31,25
Magnésio				
50	0,11	0,32	0,10	0,13
80	0,43	0,52	0,18	0,46
110	1,34	1,44	0,70	1,33
140	2,83	2,72	2,14	2,36
Sódio				
50	2,33	3,94	4,10	2,20
80	5,13	8,23	7,67	7,89
110	10,86	17,47	14,46	17,46
140	21,81	30,95	24,86	31,25
Potássio				
50	1,40	2,13	1,41	1,04
80	3,00	4,59	3,14	4,05
110	7,44	11,11	8,13	11,32
140	13,63	16,74	13,28	18,84

¹ Valores de retenção estimados separadamente no útero, feto, líquido placentário e glândula mamária aos 50, 80, 110 e 140 dias de gestação a partir da aplicação da equação de Gompertz, utilizando os parâmetros apresentados nas tabelas 6, 7, 8, 9 e 10. A retenção total foi obtida pelo somatório da retenção encontrada em cada componente.

Tabela 14. Exigências líquidas (g/dia) de gestação de cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio ao longo da gestação simples e dupla de cabras Alpina e Saanen¹.

Dias de gestação	Alpina		Saanen	
	Simple	Gemelar	Simple	Gemelar
Cálcio				
50	0,048	0,054	0,006	0,033
80	0,090	0,149	0,043	0,176
110	1,004	1,240	0,621	0,838
140	1,051	0,939	0,910	0,677
Fósforo				
50	0,030	0,059	0,020	0,057
80	0,100	0,105	0,048	0,191
110	0,658	0,749	0,445	0,533
140	0,581	0,733	0,673	0,369
Magnésio				
50	0,006	0,005	0,002	0,006
80	0,017	0,011	0,004	0,019
110	0,046	0,047	0,038	0,036
140	0,046	0,032	0,048	0,029
Sódio				
50	0,078	0,122	0,077	0,135
80	0,108	0,161	0,167	0,224
110	0,316	0,469	0,314	0,450
140	0,341	0,353	0,321	0,388
Potássio				
50	0,039	0,053	0,035	0,057
80	0,078	0,151	0,104	0,166
110	0,213	0,228	0,199	0,285
140	0,173	0,151	0,131	0,198

¹ Foi encontrado a deposição em g/dia dos nutrientes separadamente no útero, feto, líquido placentário e glândula mamária aos 50, 80, 110 e 140 dias de gestação a partir da diferenciação da equação de Gompertz, utilizando os parâmetros apresentados nas tabelas 6, 7, 8, 9 e 10. Exigências líquidas foram consideradas o somatório da deposição (g/dia) em cada componente.

Tabela 15. Exigências dietéticas (g/dia) de gestação de cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio ao longo da gestação simples e dupla de cabras Alpina e Saanen¹

Dias de gestação	Alpina		Saanen	
	Simple	Gemelar	Simple	Gemelar
Cálcio				
50	0,129	0,145	0,016	0,089
80	0,216	0,356	0,104	0,423
110	2,073	2,560	1,283	1,729
140	1,713	1,531	1,484	1,103
Fósforo				
50	0,044	0,086	0,030	0,084
80	0,134	0,141	0,064	0,255
110	0,882	1,004	0,596	0,715
140	0,768	0,970	0,891	0,489
Magnésio				
50	0,030	0,027	0,010	0,032
80	0,084	0,057	0,020	0,094
110	0,228	0,236	0,188	0,180
140	0,231	0,161	0,238	0,146
Sódio				
50	0,098	0,152	0,096	0,169
80	0,135	0,202	0,209	0,281
110	0,395	0,587	0,393	0,562
140	0,427	0,442	0,402	0,486
Potássio				
50	0,041	0,056	0,036	0,06
80	0,082	0,158	0,108	0,173
110	0,223	0,239	0,209	0,299
140	0,181	0,158	0,137	0,207

¹Exigências dietéticas (g/dia) de gestação = Exigências líquidas (g/dia) de gestação / Coeficiente médio de absorção em dado dia de gestação;

As exigências de manutenção de Ca ($P = 0,09$), P ($P = 0,19$), Mg ($P = 0,03$) e Na ($P < 0,001$) aumentaram com o avanço da gestação (Tabela 16) e Cabras Saanen têm maior exigência de minerais para manutenção (mg/dia) de cálcio, fósforo, magnésio e sódio do que cabras Alpina ($P < 0,01$; Tabela 16).

As eficiências de utilização dos minerais (mg retidos /mg ingeridos) foram de 48,9, 54,2, 5,71, 28,4 e 5,6 % para o Ca, P, Mg, Na e K, respectivamente, em ambas as raças.

Tabela 16. Equações de predição de exigências de manutenção, exigências líquidas de manutenção e exigências dietéticas de manutenção de cabras gestantes.

	Dias de gestação	Equações de predição de exigências de manutenção			Exigências líquidas de manutenção mg/dia/EBW			Exigências dietéticas de manutenção mg/dia/EBW	
		Alpina	Saanen	Saanen	Alpina	Saanen	Alpina	Saanen	Alpina
Cálcio	80	$y = -27,83 (\pm 26,4) + 0,489 (\pm 0,17) \text{ICa/EBW}^1$	$y = -60,56 (\pm 25,4) + 0,489 (\pm 0,17) \text{ICa/EBW}$		27,83	60,56	56,91	123,8	
	110	$y = -37,93 (\pm 22,4) + 0,489 (\pm 0,17) \text{ICa/EBW}$	$y = -70,65 (\pm 21,4) + 0,489 (\pm 0,17) \text{ICa/EBW}$		37,93	70,75	77,57	144,7	
	140	$y = -48,03 (\pm 19,4) + 0,489 (\pm 0,17) \text{ICa/EBW}$	$y = -80,75 (\pm 18,7) + 0,489 (\pm 0,17) \text{ICa/EBW}$		48,03	80,75	98,22	165,1	
Fósforo	80	$y = -27,24 (\pm 11,3) + 0,542 (\pm 0,12) \text{IP/EBW}^2$	$y = -42,73 (\pm 11,1) + 0,542 (\pm 0,12) \text{IP/EBW}$		27,24	42,73	50,26	78,84	
	110	$y = -30,41 (\pm 9,77) + 0,542 (\pm 0,12) \text{IP/EBW}$	$y = -45,55 (\pm 9,61) + 0,542 (\pm 0,12) \text{IP/EBW}$		30,41	45,55	56,11	84,04	
	140	$y = -33,59 (\pm 8,66) + 0,542 (\pm 0,12) \text{IP/EBW}$	$y = -48,72 (\pm 8,50) + 0,542 (\pm 0,12) \text{IP/EBW}$		33,59	48,72	61,97	89,89	
Magnésio	80	$y = -1,155 (\pm 0,76) + 0,0571 (\pm 0,014) \text{IMg/EBW}^3$	$y = -1,747 (\pm 0,73) + 0,0571 (\pm 0,014) \text{IMg/EBW}$		1,155	1,747	20,23	30,60	
	110	$y = -1,532 (\pm 0,65) + 0,0571 (\pm 0,014) \text{IMg/EBW}$	$y = -2,123 (\pm 0,63) + 0,0571 (\pm 0,014) \text{IMg/EBW}$		1,532	2,123	26,83	37,18	
	140	$y = -1,908 (\pm 0,57) + 0,0571 (\pm 0,014) \text{IMg/EBW}$	$y = -2,499 (\pm 0,55) + 0,0571 (\pm 0,014) \text{IMg/EBW}$		1,908	2,499	33,42	43,77	
Sódio	80	$y = -0,133 (\pm 1,93) + 0,284 (\pm 0,073) \text{INa/EBW}^4$	$y = -4,059 (\pm 1,89) + 0,284 (\pm 0,073) \text{INa/EBW}$		0,133	4,059	0,468	14,29	
	110	$y = -1,497 (\pm 1,66) + 0,284 (\pm 0,073) \text{INa/EBW}$	$y = -5,423 (\pm 1,62) + 0,284 (\pm 0,073) \text{INa/EBW}$		1,497	5,423	5,271	19,10	
	140	$y = -2,860 (\pm 1,47) + 0,284 (\pm 0,073) \text{INa/EBW}$	$y = -6,787 (\pm 1,43) + 0,284 (\pm 0,073) \text{INa/EBW}$		2,860	6,787	10,07	23,90	
Potássio	Todos dias	$y = -8,795 (\pm 2,81) + 0,056 (\pm 0,012) \text{IK/EBW}^5$	$y = -11,24 (\pm 2,74) + 0,056 (\pm 0,012) \text{IK/EBW}$		8,795	11,24	157,1	200,7	

- 1 ICa/PCV=consumo de cálcio (g) por peso de corpo vazio (g);
- 2 IP/PCV= consumo de fósforo (g) por peso de corpo vazio (g);
- 3 IMg/PCV= consumo de magnésio (g) por peso de corpo vazio (g);
- 4 INa/PCV= consumo de sódio (g) por peso de corpo vazio (g);
- 5 IK/PCV= consumo de potássio (g) por peso de corpo vazio (g);

5. Discussão

Ao verificarmos as exigências de minerais para gestação e manutenção, os resultados obtidos nesse experimento contribuem para o preenchimento das lacunas trazidas pelos sistemas de alimentação existentes atualmente. Dentre as lacunas, destacamos que grande parte dos estudos envolvendo exigências de macro minerais foram realizados com ovinos e embora estes sejam pequenos ruminantes, possuem aspectos específicos do metabolismo diferentes dos caprinos (Devendra, 1989).

O NRC (2007) recomenda valores específicos de exigências de macro minerais para cabras gestantes, provenientes de estudos realizados em caprinos. Esse sistema estima as exigências de gestação a partir de informações de composição corporal dos fetos no momento do nascimento, compiladas de Kessler (2001), Pfeffer and Keunecke, (1986) e Pfeffer and Rodehutschord (1998), os quais apresentaram composição mineral dos fetos ao nascimento que se aproximam com os encontrados em nosso estudo aos 140 dias de gestação. As exigências para gestação de Ca e P do NRC (2007) provém de modelagem do crescimento do feto, partindo de um valor único tomado ao nascimento do feto, e não de medidas ao longo da gestação. Além disso, o sistema adotou taxas constantes de crescimento de Ca (0,230 g/dia/kg de feto) e P (0,132 g/dia/kg de feto), nos últimos 50 dias de gestação. Por outro lado, estimativas de exigência de Mg, Na e K são realizadas a partir de equações que levam em consideração somente o peso vivo da cabra gestante, utilizando-se coeficiente de digestibilidade fixo, sendo aplicadas também, a mesma equação somente nos últimos 50 dias de gestação (NRC, 2007).

Essas pressuposições adotadas pelo NRC (2007) podem ter causado a superestimativa das exigências de minerais para gestação. Conforme observado nesse estudo, a taxa de deposição dos minerais é variável nos últimos 50 dias da gestação, sendo esta decrescente a partir dos 100 dias de gestação e diferente para gestação simples e gemelar (Figuras 1 a 5). Dessa forma, a adoção de valor constante de deposição mineral nos fetos nesse período é completamente inadequado. Adicionalmente, não são encontradas neste sistema de alimentação informações a respeito da composição de macro minerais de tecido uterinos, líquido placentário nem de glândula mamária os quais também compõem as exigências de

gestação. Além disso, não nos é apresentada de forma clara, como foram gerados os resultados finais de exigências dietéticas para gestação.

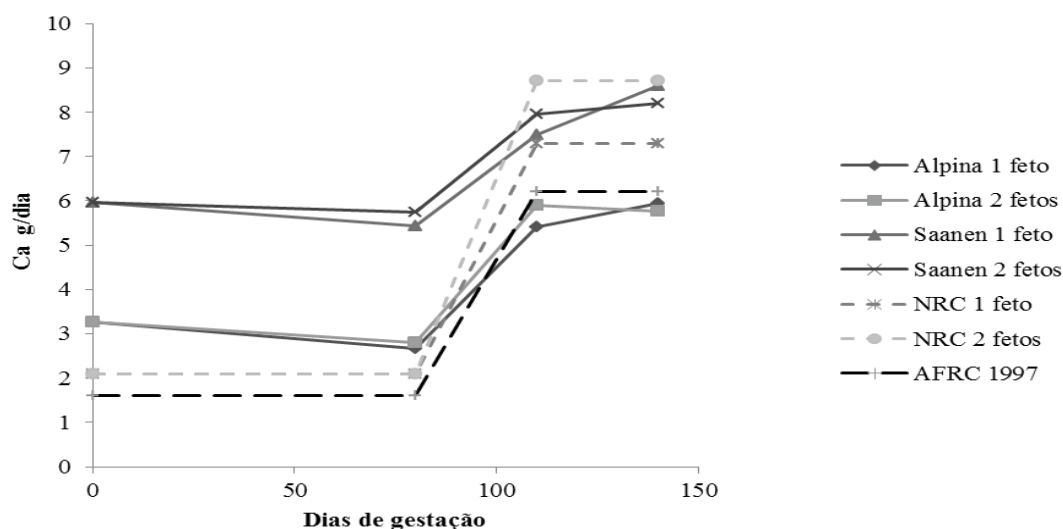


Figura 1. Comparação dos resultados encontrados de exigências dietéticas Ca (manutença + gestação) de cabras Alpina e Saanen ao longo da gestação com os preconizados pelos sistemas NRC (2007) e AFRC (1998). * Todos os cálculos foram baseados em cabras de 50 kg de peso corporal.

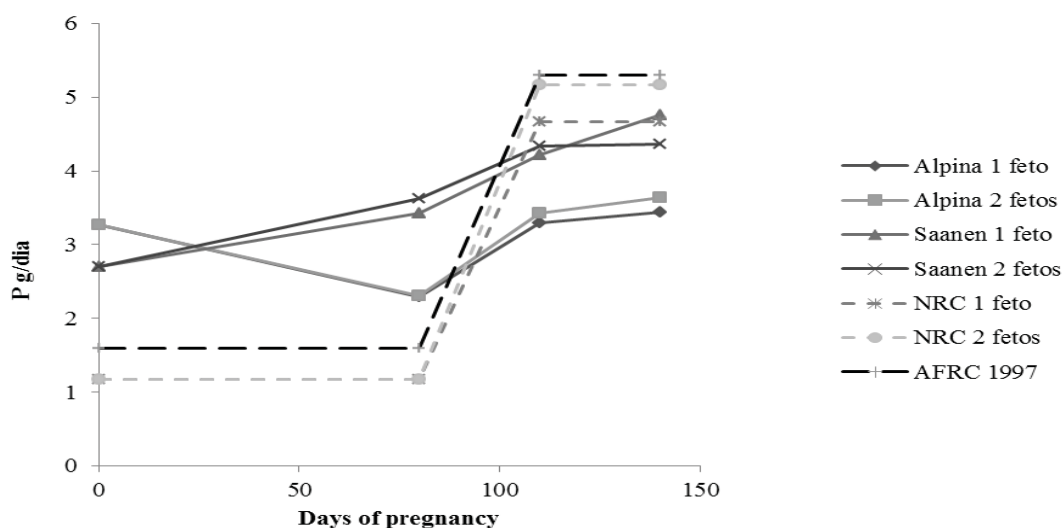


Figura 2. Comparação dos resultados encontrados de exigências dietéticas P (manutença + gestação) de cabras Alpina e Saanen ao longo da gestação com os preconizados pelos sistemas NRC (2007) e AFRC (1998). * Todos os cálculos foram baseados em cabras de 50 kg de peso corporal.

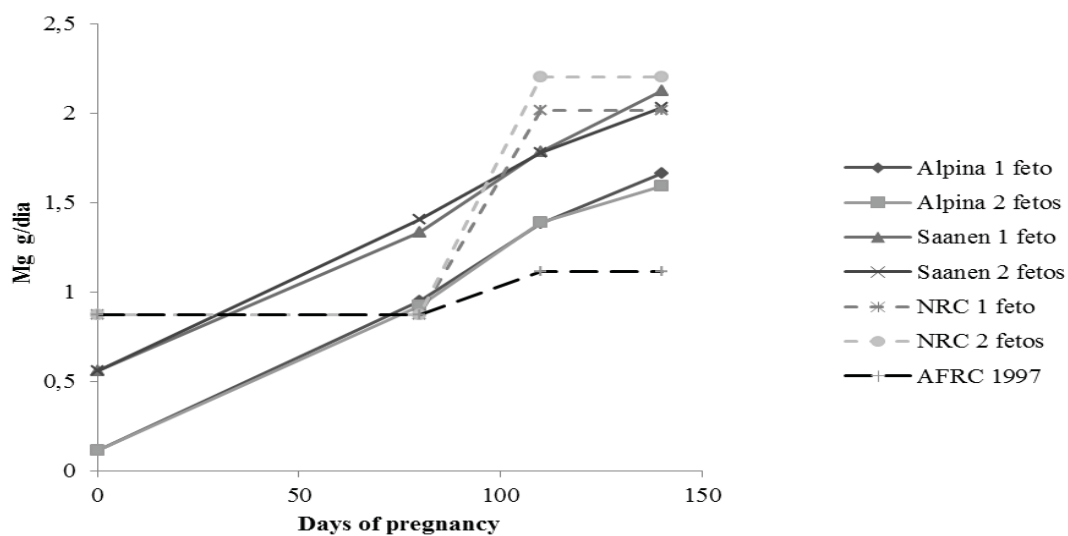


Figura 3. Comparação dos resultados encontrados de exigências dietéticas Mg (manutenção + gestação) de cabras Alpina e Saanen ao longo da gestação com os preconizados pelos sistemas NRC (2007) e AFRC (1998). * Todos os cálculos foram baseados em cabras de 50 kg de peso corporal.

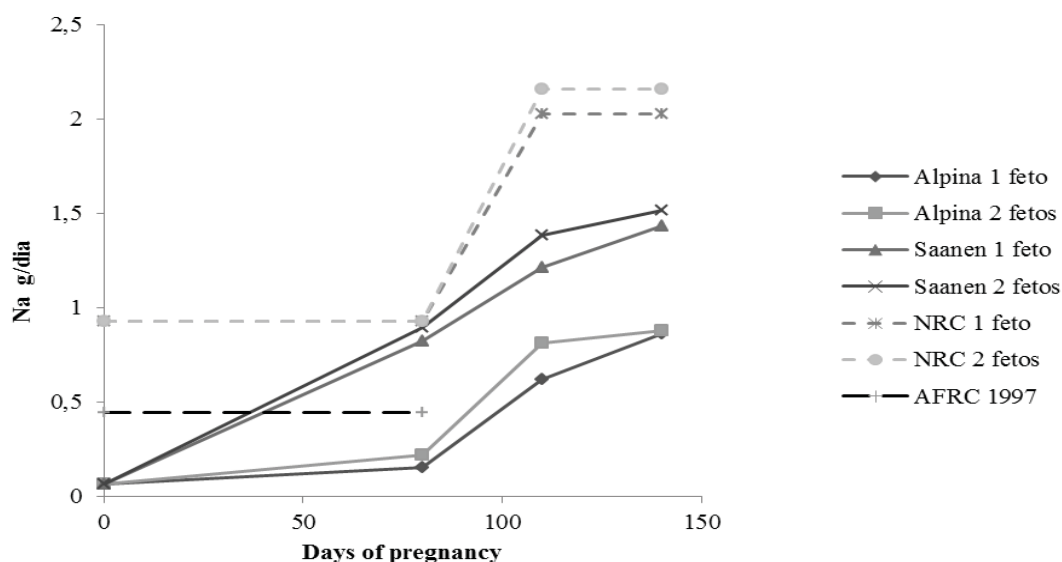


Figura 4. Comparação dos resultados encontrados de exigências dietéticas Na (manutenção + gestação) de cabras Alpina e Saanen ao longo da gestação com os preconizados pelos sistemas NRC (2007) e AFRC (1998). * Todos os cálculos foram baseados em cabras de 50 kg de peso corporal.

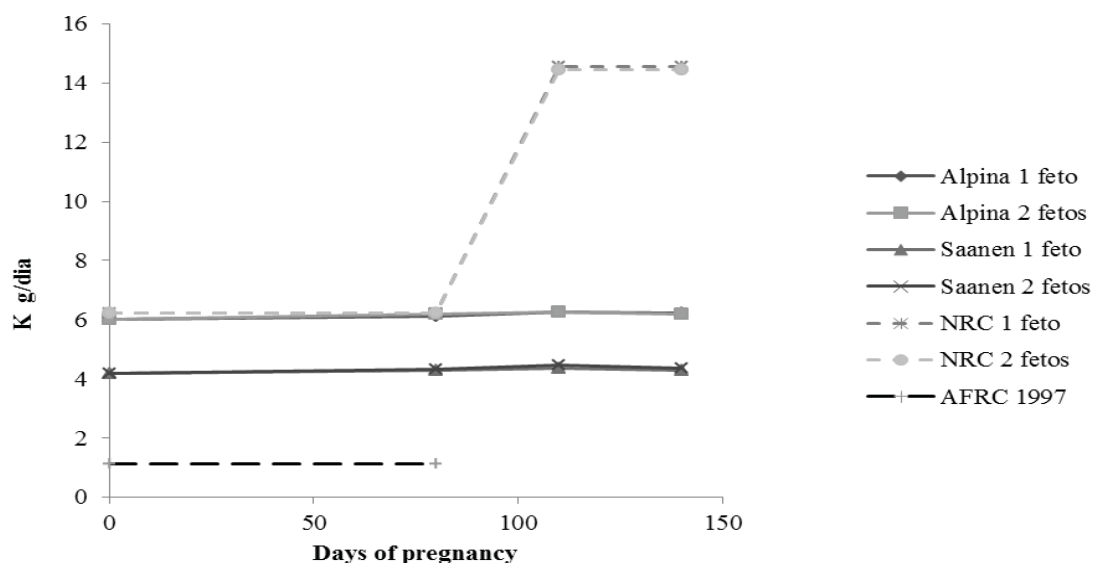


Figura 5. Comparação dos resultados encontrados de exigências dietéticas K durante a gestação com os preconizados pelos sistemas NRC (2007) e AFRC (1998). * Todos os cálculos foram baseados em cabras de 50 kg de peso corporal.

Nossos resultados de exigências de minerais para gestação se assemelham com resultados de outros estudos conduzidos com caprinos em nosso país (RESENDE et al., 1999; COSTA et al., 2003). Por outro lado, as diferenças de nossos resultados de exigências em relação aos preconizados pelo AFRC (1998) possivelmente estão relacionadas às diferenças entre as espécies, uma vez que adota para cabras gestantes, resultados provenientes de ovelhas e vacas (Figuras 1 a 5). Além disso, esse sistema não possui recomendações para as exigências de Na e K para gestação em função da falta de informações disponíveis a respeito.

A utilização de mesmo valor de exigências de manutenção para animais adultos tem sido consenso na comunidade científica. Entretanto nossos resultados sustentam a hipótese levantada no início de nosso experimento, de que as exigências de minerais mudam como avanço da gestação, o que torna essa fase com exigência de manutenção diferenciada de outro animal adulto de mesma espécie. As exigências de Ca e P, por exemplo, foram superiores aos valores recomendados pelos sistemas NRC (2007) e AFRC (1998) que possuem recomendações baseadas em animais adultos não prenhes e são obtidas a partir de equações que levam em

consideração a ingestão de DM e coeficientes de digestibilidade fixos ao longo da gestação. Com o passar da gestação o consumo das fêmeas diminui devido a fatores como compressão do trato digestivo causado pelo crescimento do útero gravídeo e aumento do nível sérico de estrogênio (FORBES 1971; VAN SOEST, 1994) e em compensação, o coeficiente de digestibilidade dos alimentos aumenta. Devido a essas mudanças fisiológicas do corpo materno não seria adequado utilizar parâmetros como ingestão de DM e um valor fixo de coeficiente de digestibilidade para obtenção das suas exigências de manutenção.

Além disso, outras adaptações fisiológicas podem ser os responsáveis pelo aumento das exigências para manutenção com o avanço da gestação. Nesse contexto, o Ca e K podem estar sendo exigidos pelo corpo materno em maior quantidade por estarem diretamente envolvidos na contração dos músculos cardíacos devido ao aumento da frequência cardíaca que ocorre na gestação (MATTISON et al., 1990; Scheaffer et al. 2001). Além disso, as concentrações de fibrinogênio e de todos os fatores de coagulação se elevam para níveis acima dos normais durante a gestação (CARLIN & ALFIREVIC, 2008), aumentando a necessidade de cálcio, devido sua participação nesses processos (SUTTLE, 2010). Por serem moléculas indispensáveis na formação do ATP, a maior exigência de P e Mg para manutenção pode estar relacionada a elevada demanda energética do corpo materno devido o aumento dos batimentos cardíacos e incremento das funções dos rins e do fígado, além da participação do Mg na reabsorção óssea, que se torna acentuada no terço final da gestação (REEDS et al., 1999; LEHNINGER, 2002, LIESEGANG et al.2007). Adicionalmente, o P juntamente com Na e K podem ter tido sua demanda aumentada devido suas participações nos processos digestivos, os quais acredita-se terem se intensificado com o avanço da gestação devido o aumento de digestibilidade da DM encontrada em nosso experimento.

Embora todos os processos acima discutidos sejam adaptações do corpo materno à gestação, eles não podem ser incluídos na determinação das exigências de gestação, pois não podem ser mensurados no útero gravídeo nem mesmo na glândula mamária. Dessa forma, fica evidente que as exigências de manutenção de uma fêmea durante a gestação são diferentes das de qualquer outro animal adulto que não esteja em período produtivo.

Essas mudanças fisiológicas envolvendo os minerais que ocorrem na gestação, parecem ser mais acentuadas nas cabras Saanen. Devido a maior exigência de manutenção é que possivelmente são observados maiores níveis de ingestão de MS e menor capacidade de retenção de minerais durante a gestação nas cabras Saanen (dados ainda não publicados). Além disso, comparadas com cabras Alpina as cabras Saanen também são mais pesadas, possuem exigência total (manutenção+gestação) maior, enquanto que produzem fetos menores, o que nos permite concluir que cabras Saanen são menos eficientes.

Grande parte dos dados de exigências que dispomos na literatura provém de estudos realizados em lugares de clima temperado, entretanto as condições de clima tropical de nosso país podem estar impondo um desafio metabólico maior para assegurar a manutenção desses animais, o que vai refletir diretamente nas suas exigências. Ambas as raças estudadas em nosso experimento são provenientes dos alpes Suíços, entretanto possuem características produtivas diferentes (Biochard et al. 1989). Estudos recentes vêm mostrando que o genótipo interfere na composição corporal e conseqüentemente nas exigências dos animais (TEIXEIRA et al., 2013; WISEMAN & MAHAN, 2010; ODDY & SAINZ, 2002). Nossos resultados mostram claramente que existem diferenças nas exigências de minerais entre raças caprinas de mesma aptidão e pertencentes ao mesmo tronco evolutivo. Entretanto os mecanismos que conferem tais diferenças necessitam ser melhor estudados não somente no que se refere ao metabolismo de minerais como também quanto ao metabolismo energético e proteico.

6. Conclusões

As exigências de macro minerais são diferentes entre o número de fetos e são variáveis ao longo da gestação, de forma que a adoção de valores fixos nos últimos 50 dias de gestação é inadequado.

Dietas elaboradas para cabras Alpina durante a gestação para atender a manutenção e gestação devem conter menor teor mineral do que dietas para cabras Saanen.

IMPLICAÇÕES

Os achados nesta tese contribuem para a produção de caprinos de forma a preencher lacunas de informações sobre o metabolismo de minerais e de suas exigências durante a fase de gestação.

Como principal contribuição destaque que é necessária a elaboração de dietas com diferentes teores de minerais para cabras Saanen e Alpina, mesmo embora ambas tenham a mesma aptidão produtiva.

Em linhas gerais, a formulação de ração para cabras Alpinas representam uma economia de 2,3 kg por animal de premix mineral dentro de um período de 90 dias (dos 80 aos 140 dias de gestação).

Além do ganho financeiro também destaque a importância da minimização dos impactos ambientais que podem ser alcançados com o atendimento das reais exigências dos minerais e consequente redução de excreção de excedentes da digestão de contaminantes como o fósforo.

REFERÊNCIAS

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. Technical committee on responses to nutrients, Report 6. A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle. **Nutrition Abstracts and Reviews**, v.61, p.576-612, 1991.
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL-AFRC. Technical Committee on Responses to Nutrients. The Nutrition of goats. **Nutrition Abstracts and Reviews** (Series B), 67(11), (Report, 10), 1998.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of farm livestock**. London: Gresham Press, 1980. 351p.
- AHMED M. M. M.; KHALID SIHAM A.; BARRI M. E. S. Macromineral profile in the plasma of Nubian goats as affected by the physiological state. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.38, p.249-254, 2000.
- ALLEN, R.E.; MERKEL, R.A.; YOUNG, R.B. Cellular aspects of muscle growth: Myogenic cell proliferation, **Journal of Animal Science**, Albany, v.49, p.115, 1979.
- AMADEI S. U.; et al. A influência da deficiência estrogênica no processo de remodelação e reparação óssea. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, Rio de Janeiro, v.42, n.1, p.5-12, 2006.
- AMMERMAN C. B.; GOODRICH R. D. Advances in Mineral Nutrition in Ruminants. **Journal of Animal Science**, Albany, v.57, p.519-533, 1983.
- ANNE PEARSON, R.; MELLOR D. J. Changes in fetal fluid composition during the last 60 days of gestation in goats. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.50, p.171-173, 1977.
- ARAÚJO, M. J. et al. Femur biometry, densitometry and chemical composition from Moxoto goats supplemented with concentrate in a semiarid region. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.97, p.60-66, 2011.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16th ed. Washington, D.C. 1995.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. AOAC. **Official Methods of Analysis**. 15th ed. Arlington, VA. 1990.
- ATTAIX, D, RÉMOND, D. Protein metabolism and turnover. In: J. Dijkstra, J. M. Forbes, J. France. (Eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**, 2nd ed. Wallingford: CAB International, 2005. p. 373-378.
- BATTAGLIA, F. C. New concepts in fetal and placental amino acid metabolism. **Journal of Animal Science**, Albany, v.70, p.3258-3263, 1992.

BATTAGLIA, F. C.; MESCHIA, G. Principle substrates of fetal metabolism. **Physiological Reviews**, Bethesda, v.58, p.499-527, 1978.

BAUMAN D. E.; CURRIE W. B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A Review of Mechanisms Involving Homeostasis and Homeorhesis. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.63, p.1514-1529, 1980.

BELL A.W.; EHRHARDT, R.A. 2000. **Regulation of macronutrient partitioning between maternal and conceptus tissues in the pregnant ruminant, ruminant physiology: digestion, metabolism, growth, and reproduction** / edited by P. Cronje ; assoc. editors, E.A. Boomker. CABI International. Wallingford, UK. 2000.

BELL A.W.; GREENWOOD P. L.; EHRHARDT R. A. **Regulation of metabolism and growth during prenatal life**. In. Burrin D. G. and Mersmann H. J. *Biology of Metabolism in Growing Animals*, v.3, p.3-34, 2005.

BENZIE D. et al. Studies of the skeleton of the sheep I. The effect of different levels of dietary calcium during pregnancy and lactation on individual bones. **Journal of Agricultural Science**, Tokyo, v.46, p.425-440, 1955.

BENZIE D. et al. Studies of the skeleton of the sheep I. The relationship between calcium intake and resorption and repair of the skeleton in pregnancy and lactation. **Journal of Agricultural Science**, Tokyo, v.48, p.175-186, 1956.

BOICHARD, D. et al. Genetic parameters for first lactation dairy traits in the Alpine and Saanen goat breeds. **Genetics, Selection, Evolution**, v.21, p.205–215, 1989.

BRAITHWAITE G. D., R. F. GLASCOCK, S. H. RIAZUDDIN. Calcium metabolism in pregnant ewes. **British Journal Nutrition**, London, v. 24, p.661–70, 1970.

BREIER, B. H. Prenatal nutrition, fetal programming and opportunities for farm animal research. In: **Ruminant physiology. Digestion, metabolism and impact of nutrition on gene expression, immunology and stress**. Edited by: K. Sejrsen, T. Hvelplund and M. O. Nielsen. Wageningen Academic Publishers, 2006.

CARLIN, A.; ALFIREVIC, Z. Physiological changes of pregnancy and monitoring. **Best Practicy & Research Clinical Obstetrics Gynaecology**, London, v. 22, n^o 5, p. 801-823, 2008.

CHALLIS J. R. G.; LINZELL J. L. The concentration of total unconjugated oestrogens in the plasma of pregnant goats. **Journal of Reproduction and Fertility**, Cambridge, v.26, p.401-404, 1971.

CHAPMAN A. B. et al. Temporal relationships between hormonal and hemodynamic changes in early human pregnancy. **Kidney International**, v.54, p.2056-2063, 1998.

CHARISMIADOU, M.; BIZELIS J.; ROGDAKIS E. The effect of plane of nutrition during pregnancy of Greek dairy ewes on the development of mammary gland and on subsequent milk production. In: **Milking and milk production of dairy sheep**

and goats. Ed. F. Barrilet and N. P. Zervas, EAAP Publication, v. 95, p.295-297, 1999.

CHRISTAKOS, S; DHAWAN, P; PORTA A.;MADY L. J.; SETH T. Vitamin D and intestinal calcium absorption. **Molecular and Cellular Endocrinology**, Amsterdam, v. 347, p. 25-29, 2011.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION - CSIRO PUBLISHING. **Nutrient requirements of domesticated ruminants**, Collingwood, Australia, 2007, 270p.

CONRAD, J.H. et al. **Minerais para ruminantes em pastejo em regiões tropicais.** Campo Grande: CNPGC/EMBRAPA, Boletim, 1985, 91p.

COOKE, R. E.; LEVIN, S. **Bases biológicas en la practica pediátrica.** Barcelona, Salvat, 1970.

COSTA, R. G.; RESENDE, K. T.; RODRIGUES, M. T.; ESPECHIT, C. B.; QUEIROZ A. C. Exigências de Minerais para Cabras durante a Gestação: Na, K, Mg, S, Fe e Zn. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, nº2, p.431-436, 2003.

CSAPÓ, J. Z. et al. Composition of colostrum from goats, ewes, and cows producing twins. 1994. **International Dairy Journal**, Barking, v.4, n.5, p.445-458, 1994.

DEMIRTAS, B.; ÖZCAN M. The effect of maternal undernutrition on muscle development in the ovine fetus. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Science**, Ankara, v.36, nº.3, p.297-303, 2012.

DOEPEL L. et al. Differences in splanchnic metabolism between late gestation and early lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.92, p.3233-3243, 2009.

ERHARDT, R.A.; BELL, A.W., Growth and metabolism of the ovine placenta during mid-gestation. **Placenta**, New York, v.16, p.727-741, 1995.

ESTÊVÃO M. D. et al. Effect of maternal under-nutrition in late gestation on muscle and bone development in fetal sheep. **Baltic Journal of Comparative & Clinical Systems Biology**, p.38-52, 2010.

ETHERIDGE, R.D.; PESTI G. M.; FOSTER E. H. A comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and Dumas combustion methodologies (Leco CNS 2000) on samples typical of an animal nutrition analytical laboratory. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.73, p.21-28, 1998.

FIELD, A. C., WEINER G.; WOOD J. The concentration of minerals in the blood of genetically diverse groups of sheep. II. Calcium, phosphorus, magnesium, potassium, sodium and chloride concentrations for three hill-breeds and their crosses at pasture. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.73, p.267, 1969.

FORBES, J.M. Voluntary food intake and reproduction. **Proceedings**.v.46, , n. p.193-201.1987.

FORBES, J.M. Voluntary food intake of pregnant ewes. **Journal of Animal Science**, v.31, n. p.1222-1227, 1970.

FORBES, J. M. Physiological changes affecting voluntary food intake in ruminants. **Proceedings of the Nutrition Society**, London, v. 30, p. 135-142, 1971.

FRITZ, J. S.; SCHENK G. H. **Quantitative analytical chemistry**, 4th ed. Allyn and Bacon, University of Michigan, 1979, 661p.

FTHENAKIS, G. C.; et al. Health management of ewes during pregnancy. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 130, p. 198-212, 2012

GOL, M. et al. Fetal gender affects maternal serum total and placental alkaline phosphatase levels during pregnancy. **European Journal Obstetrics Gynaecology Reproductive Biology**, New York, v.128, p.253-256, 2006.

GOMES, R. A. et al., Macromineral requirements for growing Saanen goat kids. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 99, p. 160-165, 2011.

GREENE, L. W.; BAKER J. F.; HARDT P. F. Use of breeds and breeding to overcome the incidence of grass tetany: a review. **Journal of Animal Science**, Albany, v.67, p.3463-3469, 1989.

GREENWOOD P. L.; BELL A. W. Prenatal nutrition influences on growth and development of ruminants. **Recent Advances in Animal Nutrition in Australia**, v.14, p.57-73, 2003.

GRUNERT, E.; BIRGEL, E.H. Fisiologia da prenhez. **Obstetricia veterinária**. 3. ed. Porto Alegre: Sulina, 1982, p. 27-60.

GUESNET, M.; MASSOUD M.J.; DEMARNE, Y. Regulation of adipose tissue metabolism during pregnancy and lactation in the ewe: the role of insulin. **Journal of Animal Science**, v.69, p.2057-2065, 1991.

HAENLEIN, G.F.W. Mineral and vitamin requirements and deficiencies. Proc. IVth Intern. Conf. Goats, Brasília, Brazil, March 8-13, p.1249, 1987.

HAFEZ, E.S. E.; HAFEZ, B. **Reprodução Animal**. Tradução: original Renato Campanarut Barnabé - Barueri, SP. 7^a ed, 2004, 513p.

HEIDEMANN, B. H.; McCLURE, J. H. Changes in maternal physiology during pregnancy. **British Journal of Anaesthesia**, CPED Reviews, Oxford, v.3, n.3, p. 65-68, 2003.

HOSKING, D. J. Calcium homeostasis in pregnancy. **Clinical Endocrinology**, Oxford, v.45, p.1-6, 1996.

HOUSE, W. A.; BELL A. W. Mineral accretion in the fetus and adnexa during late gestation in Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, p.2999-3010, 1993.

JONES, C. T. Fetal metabolism and fetal growth. **Journal of Reproduction and Fertilization**, v.47, p.189-201, 1976.

KADU, M., KAIKINI, A. Prenatal development of caprine faetus. **Indian Journal of Animal Science**, Albany, v.57, n. 9, p. 962-969, 1987.

KESSLER, J. Mineral nutrition of goats. In: Morand-Fehr, P. (Ed.), **Goat Nutrition**, v.46, p.104–119, 1991.

KOVACS, C. S. Calcium and bone metabolism in pregnancy and lactation. **Endocrine Reviews**, Bethesda, v. 18, n. 6, p.832-872, 2001.

KOVACS, C. S. Fetal Mineral Homeostasis. In: F. H. Glorieux, J. M. Pettifor, H. Jüppner (eds) **Pediatric Bone: Biology and Diseases**. Academic Press, San Diego, CA, USA, p. 271-302, 2003.

KOVACS, C. S. Skeletal physiology: fetus and neonate. In: Favus M. J. editor. **Primer on the metabolic bone diseases and disorders of mineral metabolism**. 6th edition. Washington, D. C.: American Society for Bone and Mineral Research, p.50-55. 2006.

KOZLOSKI, G. V. 2011. **Bioquímica dos ruminantes**. 3th ed. Santa Maria: UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, 2011. 280p. 3v.

KOZLOSKI, G. V. R. L. CADORIN JR., C. J. HÄRTER, L. OLIVEIRA, T. P. ALVES, F. R. MESQUITA, D. S. CASTAGNINO. Effect of supplemental nitrogen source and feeding frequency on nutrient supply to lambs fed a kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) hay-based diet. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.81, n^o2, p.112-118, 2009.

KOZLOSKI, G. V. ., L. D. LIMA, A. P. R. CHIESA, L. OLIVEIRA, G. FIORENTINI, C. J. HÄRTER. Net portal and visceral flux of metabolites in lambs fed rice-grass hay cut at different regrowth ages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n^o6, p.1114-1120, 2009.

KRONQVIST, C. U. EMANUELSON, R. SPÖRNDLY, K. HOLTENIUS. Effects of prepartum dietary calcium level on calcium and magnesium metabolism in periparturient dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.94, p.1365–1373, 2011.

LAPORTE-BROUX B., S. ROUSSEL, A. A. PONTER, S. GIGER-REVERDIN, S. CAMOUS, P. CHAVATTE-PALMER, C. DUVAUX-PONTER. Long-term consequences of feed restriction during late pregnancy in goats on feeding behavior and emotional reactivity of female offspring. **Physiology & Behavior**, New York, v.106, p.178-184, 2012.

LARVOR, P. The pools of cellular nutrients. In: RIIS, P.M. **Dynamic biochemistry of animal production**. Amsterdam: Elsevier, p.281-318, 1983.

LAWRENCE, T. L. J.; FOWLER, V. R. Prenatal and Postnatal Growth. In: Lawrence, T. L. J. and Fowler, V. R. **Growth of farm animals**. 2 Ed. Cambridge: Cabi International, 2002. p. 193-215, 2002.

LEHMANN, F. G. Immunological methods for human placental alkaline phosphatase (Regan isoenzyme). **Clinica Chimica Acta**, Amsterdam, v.65, nº.3, p.271-282, 1975.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Principles of biochemistry**. 3th ed. New York: Worth Publishers, 2002, 1200p.

LIESEGANG, A. Influence of anionic salts on bone metabolism in periparturient dairy goats and sheep. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.91, p.2449-2460, 2008

LIESEGANG, A.; RINER K.; BOOS A. Effects of gestation and lactation on Vitamin D receptor amounts in goats and sheep. **Domestic Animal Endocrinology**, Auburn, v.33, p.190-202, 2007.

LIESEGANG, A.; RISTELI J.; WANNER M. Bone metabolism of milk goats and sheep during second pregnancy and lactation in comparison to first lactation. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, Hamburg, v.91, p.217-225, 2007.

LIESEGANG, A.; RISTELI J.; WANNER M. The effects of first gestation and lactation on bone metabolism in dairy goats and milk sheep. **Bone**, Amsterdam, v.38, p.794-802, 2006.

LIMA, L. D. **Desenvolvimento e composição química do útero grávido, da glândula mamária e mudanças corporais em cabras durante a gestação**. Tese (Doutorado em Zootecnia) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

LIMA, L. D. Bonnacarrère Sanchez, A. P. Ruggia Chiesa, C. J. Härter, G. Fiorentini, L. Oliveira, R. L. Cadorin Jr. Effect of harvesting period on the nutritive value of rice grass (*Echinochloa sp.*) hay given as sole diet to lambs. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.75, p.217-225, 2008.

LONG, N. M. K. A. Vonnahme, B. W. Hess, P. W. Nathanielsz, S. P. Ford I. Effects of early gestational undernutrition on fetal growth, organ development, and placental composition in the bovine. **Journal of Animal Science**, Albany, v.87, p.1950-1959, 2009.

MACEDO JUNIOR, G.L. **Exigências nutricionais de ovelhas gestantes da raça Santa Inês**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária. 2008. 291p.

MATTISON D. R.; BLANN, E.; MALEK, A. Physiological alterations during pregnancy: impact on toxicokinetics. Symposium: **Pharmacokinetics in developmental toxicity**. p.215-218. 1990.

MCDONALD P. R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, C. A. Morgan, L. A. Sinclair, R. G. Wilkinson. **Animal Nutrition** 7th ed. 2001, 712 p.

MCDOUGALL, E. I. Studies on ruminant saliva. I. The composition and output of sheep's saliva. **Biochemistry Journal**, Londodn, v.43, p.99-109, 1948.

MCDOWELL, L. R. **Minerals in Animal and Human Nutrition**, London: Academic Press. 524 p, 1992.

MEDEIROS, G. R.; PIMENTA FILHO, E. C.; SOUSA, W. H.; BRITO, E.A. Peso à cobertura e ganho de peso durante a gestação de cabras nativas, exóticas e mestiças no semi-árido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6 , p.1711-1720, 2004.

MELLADO, M.; et al. Prediction of goat litter size using body measurements. **Interciencia**, Caracas, v.29 n.12. p.698-701, 2004.

MELLOR, D.J. Nutrition effects on the fetus and mammary gland during pregnancy. **Proceedings of the Nutrition Society**, London, v.46, p.249-257, 1987.

MESCHIA, G. et al. Utilization of substrates by the ovine placenta in vivo. **Federation Proceedings**, Bethesda, v.39, n.2, p. 245-249, 1980.

METCALFE, J. et al. Uterine blood flow and oxygen consumption in pregnant sheep and goats. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v.197, n. 4, p.929-934, 1959.

Morand-Fehr P., J. Hervieu, and P. Santucci. Notation de l'état corporel: a vos stylos. *La Chevre*, 175, 39–42. 1989.

MORAND-FEHR, P. Recent developments in goat nutrition and application: A review. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.60, p.25–43, 2005.

MOULIN, C. H. S. **Exigências energéticas de cabras em gestação**. Viçosa-MG/UFV. 1991. 110p. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia).

MUNRO, H. N.; PILISTINE, S. J.; FANT M. E. The placenta in nutrition. **Annual Revision Nutrition**, v. 3, p. 97-124, 1983

NAKAYAMA, S. et al. Differences in bone metabolism between singleton pregnancy and twin pregnancy. **Bone**, Amsterdam, v.49, p.513-519, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. Washington: The National Academic Press. 2007. 325 p.

_____. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001, 381 p.

NGUYEN L. T.; MUHLHAUSLER, B. S.; BOTTING K. J.; MORRISON J. L. Maternal undernutrition alters fat cell size distribution, but not lipogenic gene expression, in the visceral fat of the late gestation guinea pig fetus. **Placenta**, New York, v.31, p.902-909, 2010.

NORGAARD, J. V. P. K. Theil, M. T. Sorensen, and K. Sejrsen.. Cellular mechanisms in regulating mammary cell turnover during lactation and dry period in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.91, p.2319–2327, 2008.

ODDY, V. H.; SAINZ, R. D. Nutrition for Sheep Meat Production. In: **Sheep Nutrition**. (Eds. M. Freer and H. Dove), CABI Publishing, Wallingford, UK. 2002.

OKAH, F. A. Tsang, R. C.; Sierr, R.; Brady, K. K.; Specker, B. L. Bone turnover and mineral metabolism in the last trimester of pregnancy: Effect of multiple gestation. **Obstetrics and Gynaecology**, Amsterdam, v.88, n^o2, p.168-173, 1996.

OPIE, LIONEL H. **Hearth Physiology: from cell to circulation**. 4th ed. 2004.

OSGERBY J. C.; WATHES, D. C.; HOWARD D.; GADD T. S. The effect of maternal undernutrition on ovine fetal growth. **Journal of Endocrinology**, Colchester, v.173, p.131-141, 2002.

OSTER J. R.; PEREZ, G. O.;VAAMONDE, C. A. Relationship between blood pH and potassium and phosphorus during acute metabolic acidosis. **American Journal of Physiology - Renal Physiology**. v.235, n^o.4, p.345-351, 1978.

PETHICK, D.W.; HARPER, G.S.; DUNSHEA F.R.; Fat Metabolism and Turnover. In: J. Dijkstra, J. M. Forbes, J. France. (Eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**, 2nd ed. Wallingford: CAB International, 2005, p.345-371, 2005.

PFEFFER, E., R. KEUNECKE. Untersuchungen uber die gehalte an protein, fett und mineralstoffen im korper wachsender ziegen. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, Hamburg, v.54, p.166–171, 1986.

PFEFFER, E.; BEEDE, D. K.; VALK, H. Phosphorus metabolism in ruminants and requirements of cattle. In: E. Pfeffer, A. N. Hristov (eds), **Nitrogen and Phosphorus Nutrition in Cattle**. CAB International, Wallingford, UK, p. 195–224, 2005.

PFEFFER, E.; RODEHUTSCORD, M. Body chemical composition and utilization of dietary energy by male Saanen kids fed either milk to satiation or solid complete feeds with two proportions of straw. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.131, p.487-495, 1998.

PICCIANO, M. F. Pregnancy and lactation: Physiological adjustments nutritional requirements and the role of dietary supplements. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.133, p.1997S-2002S, 2003.

PULINA, G., A. et al. Nutrition and Quality of Goat's Milk. **Dairy Goats Feeding And Nutrition** / edited by A. Cannas and G. Pulina; editor, A. H. D. Francesconi. CABI International. Wallingford, UK. 2008.

REEDS P. J. et al., Consequences and regulation of gut metabolism. In: LOBLEY, G. E., WHITE, A., MacRAE, J. C. (Eds). **Protein Metabolism and Nutrition**. EAAP Publication nº 96, 1999, p.127

RESENDE K. T. et al. Avaliação das exigências nutricionais de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, Suplemento especial, v. 37, p. 161-177, 2008.

RESENDE K. T. et al. Progresso científico em pequenos ruminantes na primeira década do século XXI. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, MG, Suplemento especial, .v. 39, p. 369-375, 2010.

RESENDE, K. T. et al, Exigências de Minerais para Cabras SRD durante a Gestação: Cálcio e Fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, MG v.28, n.6, p.1397-1402, 1999.

REYNOLDS, L. P., C. L. FERRELL, D. A. ROBERTSON AND S. P. FORD. Metabolism of the gravid uterus, foetus and útero-placenta at several stages of gestation in cows. **Journal Agricultural Science**, Tokyo, p. 106-437, 1986.

RITAR, A. J.; MAXWELL W. C. M.; SALAMON S. Ovulation and LH secretion in the goat after intravaginal progestogen sponge-PMSG treatment. **Journal of Reproduction and Fertility**, Cambridge, v.72, nº2, p.559-563, 1984.

ROBERTSON, J. B.; VAN SOEST P. J. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: James, W.P.T., Theander, O. (Eds.). **The Analysis of Dietary Fiber in Food**, Marcel Dekker, New York, p.123-158, 1981

ROSENFELD C. R. et al. Circulatory changes in the reproductive tissues of ewes during pregnancy. **Gynecologic Investigation**, v.5, p.252-268, 1974.

SAS Institute. SAS 9.2. SAS Institute Inc., Cary, NC. 2009.

SCHEAFFER, A. N. et al. Influence of pregnancy on body weight, ruminal characteristics, and visceral organ mass in beef heifers. **Journal of Animal Science**, Albany, v.79, p.2481-2490, 2001.

SIBANDA, L. M.; NDLOVU, L. R.; BRYANT, M. J. Effects of a low plane of nutrition during pregnancy and lactation on the performance of Matebele does and their kids. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.32, p.243-250, 1999.

SILVA, M. D. P.; CARVALHO R. F. Mecanismos celulares e moleculares que controlam o desenvolvimento e o crescimento muscular. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Suplemento especial, Viçosa, v.36, p.21-31, 2007.

SPEARS, J.W. Revaluation of the metabolic essentiality of the minerals. Review. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.12, p.1002-1008, 1999.

STULC, J. Placental transfer of Inorganic Ions and Water. **Physiology Reviews**, v. 77, n.3, p.805-836, 1997.

SUTTLE, N. F. 2010. **The mineral nutrition of livestock**./Neville F. Suttle. 4th ed. CABI International. Wallingford, UK. 2010.

TABATABAEI, S. Gestational variations in the biochemical composition of the fetal fluids and maternal blood serum in goat. **Comparative Clinical Pathology**, Springer. 2011.

TEIXEIRA, I. A. M. A.; RESENDE K. T. DE ; SILVA, A. M. A.; SILVA SOBRINHO, A. G.; HÄRTER, C. J.; SADER, A. P. O. Mineral requirements for growth of wool and hair lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa,2013

THOMPSON, D. J.; CAMPABADAL, C. M. El calcio, P y fluor en la nutrición de los ruminantes. In: **Simposio latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los ruminantes en pastoreo**. Gainesville: Dep. de Ciências Animal, Universidade de Flórida, 1978.

TRAHAIR, J. F. et al. Restriction of Nutrition In Utero Selectively Inhibits Gastrointestinal Growth in Fetal Sheep. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.127, p.637–641, 1997.

VALADARES FILHO, S. C.; V. R. ROCHA JUNIOR; E. R. Cappelle. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa: UFV, DZO, DPI. 297p. 2002.

VALADARES, R.F.D. et al. Consumo e digestibilidade da matéria seca e de compostos nitrogenados, absorção aparente e balanço de minerais e função renal em cabras gestantes e não gestantes alimentadas com dois níveis de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 21, n.6, p.1029 -1036, 1992.

VAN SOEST P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell University Press, Ithaca, New York. 476p. 1994

VERDE, L. S. **Crescimento e crescimento compensatório na produção animal**. Santa Maria, 1996. 23 p. (Curso de Pós-Graduação em Zootecnia e Departamento).

WEISS, W. P. Macromineral digestion by lactating dairy cows: factors affecting digestibility of magnesium. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, p. 2167–2171, 2004.

WESTHUYSEN, J. M. The control of ovarian function in cycling and anoestrus in goat does. **Agroanimalia**, Pretoria, v.11, nº1, p.23-25, 1979.

WISEMAN T. G.; MAHAN D. C. Partition of minerals body components from a High- and low-lean genetic line of barrows and gilts from 20 to 125 kilograms of body weight. **Journal of Animal Science**, Albany, v.88, p.3337-3350, 2010.

WISEMAN T. G.; MAHAN D. C.; ST-PIERRE N. R. Mineral composition of two genetic barrows and gilts from twenty to twenty-five kilograms of body weight. **Journal of Animal Science**, Albany, v.87, p.2306-2314, 2009.

YILDIZ, A.; BALIKCI E.; GURDOGAN, F. Serum mineral levels at pregnancy and postpartum in single and twin pregnant sheep. **Biologic Trace Elements Research**, v.107, p.247-254, 2005.

ANEXO 1

Quadro 1. Estimativas dos valores de referência do corpo materno.

Item	Ambas as raças	R ² e SEM
PCVi	-11.43±4.41+1.09±0.07 x PC (kg) at mating	R ² =0.96; SEM=2.25
MBi	0.32±0.56+0.982±0.01xPCVi (kg)	R ² =0.99; SEM=0.26
MSi	22.94±8.13+0.55±0.16x MBI (kg)	R ² =0.61; SEM=3.55
Cai	2.92	R ² =0.09; SEM=0.78
Pi	1.54	R ² =0.02; SEM=0.41
Mgi	0.08	R ² =0.11; SEM=0.02
Nai	0.25	R ² =0.24; SEM=0.06
Ki	0.29	R ² =0.02; SEM=0.09

Onde:

PCVi=Peso de Corpo Vazio initial;

PC=Body Weight;

MBi=Maternal Body initial;

MSi=Dry matter initial (%);

Cai=Calcium initial (%);

Pi= Phosphorus initial (%);

Mgi=Magnesium initial (%);

Nai= Sodium initial (%);

Ki=Potassium initial (%);

Quadro 2. Estimativas dos valores de referência do fêmur.

Item	Ambas as raças	Alpina	Saanen	R ² e SEM
FWi		0.72±0.06- 0.0079±0.001xMBi(kg)	0.72±0.06-0.0084±0.001xMBi(kg)	R ² =0.83; SEM=0.04

MSi	83.24				R ² =0.08; SEM=3.71
Cai	12.95±1.32+0.065±0.03 xMBi (kg)				R ² =0.34; SEM=1.18
Pi	7.09				R ² =0.09; SEM=1.21
Mgi	0.30				R ² =0.11; SEM=0.05
Nai		0.42±0.09+0.003±0.002xMBi(kg)	0.42±0.09+0.0001±0.002xMBi(kg)		R ² =0.45; SEM=0.08
Ki	0.03				R ² =0.09; SEM=0.01

Onde:

FWi= Femur weight initial (g);

MBi=Maternal Body initial;

MSi=Dry matter initial %;

Cai=Calcium initial (%);

Pi= Phosphorus initial (%);

Mgi=Magnesium initial (%);

Nai= Sodium initial (%);

Ki=Potassium initial (%);

Quadro 3. Estimativas dos valores de referência da glândula mamária.

Item	Ambas as raças	Alpina	Saanen	R ² e SEM
MGWi	-	-	-	R ² =0.76; SEM=80.27
	110.37±95.5+9.80±1.86xMBi(kg)		110.37±95.5+10.18±2.29xMBi(kg)	

MSi	42.61				R ² =0.27; SEM=14.25
Cai	0.32				R ² =0.50; SEM=0.25
Pi	0.42				R ² =0.15; SEM=0.21
Mgi	0.033				R ² =0.13; SEM=0.01
Nai	0.46				R ² =0.31; SEM=0.21
Ki	0.28				R ² =0.32; SEM=0.13

Onde:

MGWi= Mammary gland weight initial (g);

MBi=Maternal Body initial;

MSi=Dry matter initial %;

Cai=Calcium initial (%);

Pi= Phosphorus initial (%);

Mgi=Magnesium initial (%);

Nai= Sodium initial (%);

Ki=Potassium initial (%);

Quadro 4. Estimativas dos valores de referência do útero.

Item	Ambas as raças	Alpina	Saanen	R ² e SEM
UWi	(PCVi(g) – MBi (g))- MGWi(g)			
MSi	17.81			R ² =0.17; SEM=2.38
Cai	0.11			R ² =0.05; SEM=0.03

Pi	0.72				R ² =0.15; SEM=0.27
Mgi	0.06				R ² =0.45; SEM=0.01
Nai		0.15±0.25+0.027±0.006×MBi(kg)	0.15±0.25+0.032±0.006×MBi(kg)		R ² =0.85; SEM=1.37
Ki	0.97				R ² =0.48; SEM=0.29

Onde:

UWi= Uterus weight initial (g);
 PCVi=Peso de Corpo Vazio initial;
 MBi=Maternal Body initial;
 MGWi= Mammary gland weight initial;
 MSi=Dry matter initial %;
 Cai=Calcium initial (%);
 Pi= Phosphorus initial (%);
 Mgi=Magnesium initial (%);
 Nai= Sodium initial (%);
 Ki=Potassium initial (%);

Quadro 5. Estimativas dos valores de referência de desitometria do fêmur.

Item	Ambas as raças	Alpina	Saanen	R ² e SEM
Diaphysis		1.40±1.22+0.0018±0.0004×MBi(g)	1.40±1.22+0.0015±0.0004×MBi(g)	R ² =0.79; SEM=0.75
Proximal epiphysis		12.85±2.09-0.045±0.01×FWi(g)	12.85±2.09-0.05±0.01×FWi(g)	R ² =0.60; SEM=0.65
Distal epiphysis	7.24±2.07+0.0015±0.0006×MBi(g)			R ² =0.40; SEM=1.38

Onde:
MBi=Maternal Body initial;
FWi= Femur weight initial (g);