

DANILLO FIGUEIREDO TEIXEIRA SATHLER

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO MINERAL SOBRE AS DIGESTIBILIDADES
TOTAL, RUMINAL E INTESTINAL EM ZEBUÍNOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do Título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2015**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S253e
2015

Sathler, Danillo Figueiredo Teixeira, 1989-
Efeito da suplementação mineral sobre as
digestibilidades total, ruminal e intestinal em zebuínos /
Danillo Figueiredo Teixeira Sathler. - viçosa, MG, 2015.
ix, 49f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador : Sebastião de Campos Valadares Filho.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Bovinos - Alimentação e rações. 2. Minerais na
nutrição animal. 3. Calcário na alimentação animal.
4. Consumo. 5. Digestibilidade. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de
Pós-graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.08527

DANILLO FIGUEIREDO TEIXEIRA SATHLER

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO MINERAL SOBRE AS DIGESTIBILIDADES
TOTAL, RUMINAL E INTESTINAL EM ZEBUÍÑOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do Título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 31 de março de 2015

Edenio Detmann
(Coorientador)

Luciana Navajas Rennó
(Coorientador)

Mário Luiz Chizotti

Stefanie Alvarenga Santos

Sebastião de Campos Valadares Filho
(Orientador)

BIOGRAFIA

DANILLO FIGUEIREDO TEIXEIRA SATHLER, filho de Marcos Rogério Sathler e Idelma Figueiredo Teixeira Sathler, é natural de Coronel Fabriciano, Minas Gerais, nascido em 31 de agosto de 1989.

Em 2008, ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, colando grau em 14 de maio de 2013.

Em Maio de 2013 ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Produção de Ruminantes, submetendo-se a defesa de dissertação em março de 2015.

CONTEÚDO

RESUMO	iv
ABSTRACT	vii
Introdução Geral	1
Referências Bibliográficas	4
Efeito da suplementação mineral sobre as digestibilidades total, ruminal e intestinal em zebuínos	11
Introdução	6
Materiais e Métodos	7
Resultados	17
Discussão	27
Conclusão	40
Referências Bibliográficas	41

RESUMO

SATHLER, Danillo Figueiredo Teixeira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2015. **Efeito da suplementação mineral sobre as digestibilidades total, ruminal e intestinal em zebuínos.** Orientador: Sebastião de Campos Valadares Filho. Coorientadores: Edenio Detman e Luciana Navajas Rennó.

Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da suplementação mineral sobre consumo, digestibilidade total, ruminal e intestinal dos constituintes da dieta e a eficiência microbiana de machos Nelore não castrados. Foram utilizados cinco bovinos machos não castrados da raça Nelore fistulados no rúmen e íleo, com peso corporal médio de $200 \pm 10,5$ kg e idade média de sete meses, distribuídos em um quadrado latino 5×5 . As cinco dietas foram: CMi (com suplementação mineral) para atender as exigências de todos os minerais, CSm (com calcário, fosfato bicálcico e sem suplementação com microminerais) para atender cálcio e fósforo, SCm (sem calcário e fosfato bicálcico, mas com microminerais) para atender as exigências de microminerais, SMi (sem calcário, fosfato bicálcico e microminerais) sem fonte suplementar de cálcio, fósforo e microminerais, *ad libitum* e MSMi, dieta SMi ofertada ao nível de manutenção. O volumoso foi constituído de cana de açúcar, usado na proporção de 40% na base da MS da dieta total e os concentrados à base de fubá de milho, casca de soja, farelo de soja, uréia/sulfato de amônio, sal comum, calcário calcítico, fosfato bicálcico, premix micromineral e areia. As quantidades de volumoso e concentrado oferecidas, e também as sobras, foram registradas diariamente, assim como foram coletadas as amostras dos ingredientes do concentrado, cana de açúcar e das sobras de cada animal. As amostras foram agrupadas, de forma proporcional, constituindo-se em amostras compostas, as quais foram secas parcialmente e moídas em moinho de faca com peneira de malha de 1 e 2 mm para posteriores análises laboratoriais. Foram realizados cinco períodos experimentais com duração de 18 dias cada, sendo 10 dias para adaptação às dietas e oito dias para realização das coletas. Foi realizada a coleta total de fezes e urina nos dias 11, 12 e 13. Do 14º ao 18º dia foram feitas as coletas de digesta omasal e ileal, e coletas de fluido ruminal para isolamento de bactérias. Os horários de coleta foram: 08:00, 23:00, 14:00, 05:00, 20:00, 11:00, 02:00 e 17:00 h, totalizando oito horários de coletas. Os fluxos de matéria seca omasal foram obtidos usando o sistema de indicador duplo, utilizando a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador da fase sólida e o Co-EDTA como indicador da fase líquida e de pequenas partículas, enquanto os fluxos de matéria seca ileal foram obtidos dividindo-se o consumo de FDNi pela sua

concentração na digesta ileal. As análises estatísticas foram feitas utilizando o PROC MIXED do SAS. Para todos os testes, foi utilizado 5% como nível crítico de probabilidade. Para as dietas fornecidas à vontade, não houve efeito ($P > 0,05$) da suplementação mineral nos consumos de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nutrientes digestíveis totais (NDT), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}), carboidratos não fibrosos (CNF), sódio (Na), potássio (K) e magnésio (Mg). Os consumos de cálcio (Ca), fósforo (P), cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn) foram maiores ($P < 0,05$) para as dietas CMi e CSm. Não foram encontrados efeitos da suplementação mineral ($P > 0,05$) na digestibilidade aparente total de todos os constituintes das dietas, com exceção do Cu, Zn e Mn ($P < 0,05$), sendo os tratamentos CMi e SCm com maior digestibilidade aparente. A digestibilidade ruminal da matéria orgânica foi maior para a dieta MSMi ($P < 0,05$). Foi observado efeito da suplementação mineral ($P < 0,05$) na absorção ruminal do Ca, sendo esta de 25,6% para as dietas CMi e CSm. Não foram encontrados efeitos da suplementação mineral ($P > 0,05$) na absorção do Ca nos intestinos delgado e grosso, sendo as absorções médias obtidas de 5,3 e 23%, respectivamente. Houve reciclagem líquida de P para o rúmen, variando de 13,96 a 23,35 g/dia. O principal local de absorção do P foi o intestino delgado, com média de 67,3% da quantidade que chegou ao local. Foi observada absorção de P no intestino grosso de 25,5%. Maior absorção de Na foi observada no intestino grosso, cuja média foi de 87,2% da quantidade que chegou ao local. O Mg foi absorvido principalmente no rúmen, com média de 68%. A absorção ruminal de cobre foi maior ($P < 0,05$) para a dieta SCm, quando expressa em mg/dia ou em percentagem, cujo valor é 55,7%. A absorção de Cu nos intestinos, expressa em mg/dia, foi maior ($P < 0,05$) para a dieta CMi, sendo os valores de 44,4 e 33,9 mg/dia no intestino delgado e grosso respectivamente. A absorção ruminal de zinco e aparente total foram maiores ($P < 0,05$) para as dietas CMi e SCm, expressas em mg/dia ou em percentagem, cuja média foi de 43,6 e 50,8% respectivamente. A absorção de zinco no intestino delgado, expressa em mg/dia, foi maior ($P < 0,05$) para a dieta SCm, sendo o valor de 92,4 mg/dia. A absorção ruminal de Mn foi maior ($P < 0,05$) para a dieta SCm quando expressa em mg/dia ou percentagem, enquanto no intestino delgado a dieta CMi teve maior ($P < 0,05$) absorção com valor de 88,3 mg/dia. O valor médio de eficiência microbiana foi de 125,7 g de PBmic/kg de NDT. Já a eficiência em relação a matéria orgânica digerida ingerida (MOD) foi de 136,5 g de PBmic/kg de MOD. Neste experimento as percentagens médias de Ca e P na base da

matéria seca ingerida foram de 0,39; 0,40; 0,18 e 0,18% para Ca e 0,23; 0,22; 0,16 e 0,16% para P. A absorção aparente total média de Ca, P, Na, K e Mg foi de 40,8; 33,1; 51,7; 62 e 43,7%. Conclui-se que a suplementação mineral não altera os consumos e as digestibilidades aparentes totais dos constituintes das dietas, e conseqüentemente a ingestão de energia, assim os menores teores de cálcio e fósforo de 0,18 e 0,16% na MS total da dieta, respectivamente, são considerados adequados para bovinos em crescimento. A reciclagem líquida de fósforo para o rúmen variou de 13,96 a 23,35 g/dia, sendo essa quantidade adequada para manter o crescimento microbiano. O rúmen é o principal local de absorção de magnésio, enquanto ocorre reciclagem líquida de Na e K para esse local. Os principais locais de absorção do P e do K são o intestino delgado, enquanto o Na é absorvido principalmente no intestino grosso.

ABSTRACT

SATHLER, Danillo Figueiredo Teixeira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March of 2015. **Effect of mineral supplementation on the ruminal and intestinal digestibility in zebu cattle.** Adviser: Sebastião de Campos Valadares Filho. Co-Advisers: Edenio Detmann and Luciana Navajas Rennó.

The objective of this study was to evaluate the effect of mineral supplementation on intake, total, ruminal, and intestinal digestibility of dietary constituents and microbial efficiency in Nelore bulls. Five Nelore bulls fitted in the rumen and ileum were used, with an average body weight of 200 ± 10.5 kg and average age of seven months. The bulls were distributed in a Latin square 5×5 . The five diets studied were: CMi (with mineral supplementation) which met the requirements of all minerals, CSM (with limestone, dicalcium phosphate without trace minerals supplementation) which met calcium and phosphorus requirements, SCm (without limestone and dicalcium phosphate, but with trace minerals supplementation) which met the requirements of trace minerals, SMi (without limestone, dicalcium phosphate, and trace minerals) without an additional source of calcium, phosphorus, and trace minerals supplied ad libitum and MSMI, which was the SMi diet offered at maintenance level. The roughage used was the sugar cane in the proportion of 40% dry matter basis of the total diet and the concentrated was based on corn, soybean hulls, soybean meal, urea + ammonium sulfate, common salt, limestone calcite, dicalcium phosphate, trace mineral premix, and sand. The amounts of forage and concentrate offered, and theorts were recorded daily, and ingredients of concentrate, sugar cane and orsts samples were collected of each animal. Samples were grouped proportionally in composite samples, which were partially dried and ground in a knife mill with mesh sieve of 1 and 2 mm for subsequent laboratory analysis. Five experimental periods were performed with duration of 18 days each, with 10 days for diet acclimation and eight days for the collections. The total collection of feces and urine were performed on days 11, 12, and 13. From the 14th to the 18th day collections of omasal and ileal digesta were performed, we also collected ruminal digesta in order to isolate bacteria. The collection times were 0800, 2300, 1400, 0500, 2000, 1100, 0200, and 1700, totaling eight collections per period. The omasal flows were obtained using the double marker system, using indigestible neutral detergent fiber (iNDF) as an indicator of the solid phase and Co-EDTA as an indicator of the liquid phase and small particles. Ileal flow was obtained by dividing the iNDF intake by its concentration in the ileal digesta. Statistical analyzes were performed using

the PROC MIXED of SAS. For all tests, we used 5% as the critical level of probability. For diets ad libitum, there was no effect ($P>0.05$) of mineral supplementation on intake of dry matter (DM), organic matter (OM), total digestible nutrients (TDN), crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber corrected for ash and protein (apNDF), non-fibrous carbohydrates (NFC), sodium (Na), potassium (K), and magnesium (Mg). Intake of calcium (Ca), phosphorus (P), copper (Cu), zinc (Zn,) and manganese (Mn) was greater ($P<0.05$) for CMi and CSM diets. There was no effect ($P>0.05$) of mineral supplementation on total apparent digestibility of all constituents of the diet, with the exception of Cu, Zn, and Mn ($P<0.05$), with CMi and SCm treatments presenting the greater apparent digestibility. Ruminal OM digestibility was greater for MSMI diet ($P<0.05$). It was observed an effect of mineral supplementation ($P<0.05$) in ruminal Ca absorption, which was 25.6% for CMi and CSM diets. There was no effect ($P>0.05$) of mineral supplementation in Ca absorption in the small and large intestines, and the averages absorptions of 5.3 and 23%, respectively. The recycling liquid of P in the rumen ranged from 13.96 to 23.35 g/d. The primary site of the P absorption was the small intestine, with 67.3% of the quantity of P that arrived. Phosphorus uptake was observed in the large intestine of 25.5%. Greater absorption of Na was observed in the large intestine, with an average of 87.2% of the quantity arrived. Magnesium was mainly absorbed in the rumen with an averaging of 68%. The rumen absorption of copper was greater ($P<0.05$) for diet SCm when expressed in mg/d or 55.7%. The Cu absorption in the intestines, expressed in mg/d was greater ($P<0.05$) for diet CMi and the values of 44.4 and 33.9 mg/d in the small and large intestine, respectively. The ruminal absorption of zinc was greater ($P<0.05$) for CMi and SCm diets in mg/d. The zinc absorption in the small intestine, expressed in mg/d was greater ($P<0.05$) for SCm diet, with the value of 92.4 mg/d. The rumen Mn absorption was greater ($P<0.05$) for SCm diet when expressed in mg/day or percentage, while in the small intestine CMi diet presented with a greater ($P<0.05$) absorption value. The microbial efficiency was 125.7 g CPmic/kg TDN. The efficiency relative to consumed digested organic matter (DOM) was 136.5 g CPmic/kg MOD. In this experiment, the percentages of Ca and P on dry matter intake basis were 0.39, 0.40, 0.18, and 0.18% for Ca and 0.23, 0.22, 0.16, and 0.16% for P. The total apparent absorption of Ca, P, Na, K, and Mg was 40.8, 33.1, 51.7, 62.0, and 43.7%. We conclude that mineral supplementation does not alter the intake and total apparent digestibility of the constituents of the diet, and consequently the energy intake thus, the levels of calcium and phosphorus of 0.18 and 0.16% in total

dietary DM respectively, are considered suitable for growing cattle. The recycling of phosphorus in the rumen liquid ranged from 13.96 to 23.35 g/d, and this amount is adequate to maintain the microbial growth. The rumen is the primary site of magnesium absorption recycling such as the Na and K. The principal absorption sites of the P and K are the small intestine, while the Na is mainly absorbed in the intestine.

Introdução Geral

Os minerais estão envolvidos em quase todas as vias metabólicas do organismo animal, com funções importantes na reprodução, na manutenção, crescimento, no metabolismo energético, na função imune entre outras tantas funções fisiológicas, não só para a manutenção da vida, como também para o aumento da produtividade animal (Wilde, 2006; Lamb et al., 2008).

Mesmo em menores proporções na dieta, a deficiência de algum mineral pode causar alterações no metabolismo, com conseqüente redução do desempenho animal. As necessidades nutricionais de animais ruminantes por minerais são afetadas e dependentes de diversos fatores isolados, destacando-se: espécie, raça, idade, nível de produção e inter relações entre os diversos elementos minerais.

Para fornecimento adequado dos nutrientes, utiliza-se no Brasil as Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais de Zebuínos (BR CORTE, 2010), porém, a maior parte dos trabalhos conduzidos no país tem determinado exigências nutricionais de energia e proteína, poucos trabalhos foram desenvolvidos a fim de quantificar as exigências dos macros e microminerais. Assim, o BR CORTE (2010) adota para coeficientes de absorção dos macrominerais, recomendações sugeridas pelo NRC (2000) e ARC (1980) e para microminerais recomendações propostas pelo NRC (2000) em função do consumo de matéria seca.

Zanetti (2014), trabalhando com bovinos machos cruzados na fase de terminação (350 kg) com três níveis de fósforo na ração (atendimento de 80%, 70% e 52% das exigências do mineral) obteve desempenho semelhante (0,82 kg/dia) para os três níveis, demonstrando que a exigência para este mineral encontra-se superestimada pelo BR CORTE (2010).

Prados (2012), trabalhando com bovinos machos cruzados em crescimento e terminação com três níveis de cálcio e fósforo [baixo = 38 e 86%; médio = 64 e 94%; normal = 89 e 102%, respectivamente, de cálcio e fósforo em porcentagem da exigência do animal predita pelo BR CORTE (2010)] não verificaram diferenças no consumo de matéria seca, digestibilidade e desempenho dos animais, concluindo que as exigências do BR CORTE (2010) podem ser reduzidas em 62% e 14%, respectivamente, para cálcio e fósforo.

Segundo o BR CORTE (2010), bovinos Nelore com peso médio de 400 kg e ganho médio diário de 1 kg, possuem exigência dietética de fósforo de 17,84 g/dia. A redução em 14% na exigência descrita por Prados (2012) implica em exigência dietética de 15,34 g/dia, correspondendo a uma economia de 12 g/dia de fosfato bicálcico por animal no confinamento. No cenário atual, onde o mercado é cada vez mais exigente e competitivo, se torna importante o fornecimento dos nutrientes na quantidade exata, obtendo assim menor custo de produção.

Além da questão econômica, o excesso no fornecimento dos minerais possui implicação ambiental, pois os nutrientes não metabolizados são excretados no meio ambiente. O fósforo além de participar de várias etapas da nutrição animal, é considerado importante poluidor de águas (Tamminga, 1992; Valk et al., 2000). Pesquisas recentes têm abordado a necessidade da redução do impacto ambiental causado pela excreção excessiva de fósforo por bovinos (Pfeffer & Hristov, 2005).

O desenvolvimento de pesquisas focadas em fornecer a quantidade necessária de determinado mineral ao animal é importante não só por razões econômicas e ambientais em curto prazo, mas também para o manejo racional dos recursos dos nutrientes não-renováveis que são utilizados na produção de suplementos minerais para os bovinos, assim como na produção de fertilizantes para a agricultura. Como a maioria das fontes

dos nutrientes minerais são não-renováveis, os custos tendem a aumentar à medida que a matéria prima é exaurida. O ganho em eficiência na utilização dos suplementos e conseqüentemente, na utilização da matéria prima, aumentará a vida útil das reservas, retardando o aumento do custo dos suplementos e aumentando a rentabilidade do produtor.

Contudo se torna necessária uma base científica sólida para recomendar a redução no fornecimento de minerais aos animais, uma vez que se determinado mineral não for oferecido em quantidade suficiente para suprir a exigência do animal o mesmo sofrerá atraso no crescimento e no desenvolvimento acarretando em perdas econômicas

Os macros e microminerais são fundamentais para a sobrevivência e o crescimento dos microrganismos no rúmen, pois contribuem na regulação de algumas propriedades físico-químicas do ambiente ruminal como a fermentação, pressão osmótica, capacidade de tamponamento e taxa de diluição (Ospina et al., 1999). A falta de algum mineral para os microrganismos acarretaria em menor eficiência microbiana, podendo levar a prejuízos na formação da proteína microbiana e na digestão da fibra. A presença do fósforo no rúmen é fundamental para a síntese de proteínas microbianas e manutenção da microflora ruminal (McDowell, 1999; Underwood & Suttle, 1999).

Poucos dados estão disponíveis sobre a disponibilidade ruminal e pós-ruminal do fósforo (Ray et al., 2013). Ray et al. (2013), trabalhando com vacas em lactação e diferentes níveis de fósforo na dieta, verificaram que a absorção verdadeira no intestino delgado não foi afetada pelo nível do fósforo na dieta. Neste mesmo estudo, os autores observaram que houve desaparecimento do fósforo no intestino grosso.

Prados et al. (2012) e Zanetti (2014) constataram não haver diferença na produção quando se diminuiu Ca e P na dieta em experimentos de curta duração. Contudo na literatura nacional citada não se encontram experimentos sem uso de

microminerais e também há necessidade de avaliar se a redução na suplementação mineral não afeta o crescimento microbiano e os locais de digestão dos nutrientes.

Dessa forma, estudos em que se avalie a quantidade necessária de minerais exigida para cada categoria animal e para cada fase do seu crescimento se fazem necessários; assim como estudos de digestibilidade ruminal, pós-ruminal e total, podendo assim determinar a biodisponibilidade de cada mineral e seu local de absorção.

Conduziu-se essa pesquisa com o objetivo de avaliar o uso de diferentes níveis de suplementação mineral sobre as digestões totais e parciais em bovinos zebu em crescimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. 1980. **The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock**. London: Agricultural Research Council. The Gresham Press, 351p.
- BR CORTE. 2010. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados**. 2nd ed. Suprema. http://cqbal.agropecuaria.ws/webcqbal/brcorte/brcorte2010_eng.php
- LAMB, G. C. 2008. Effect of organic or inorganic trace mineral supplementation on follicular response, ovulation, and embryo production in superovulated Angus heifers. **Animal Reproduction Science**, v.106, p.221-231.
- MCDOWELL L. R. 1999. **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil**. Boletim, 3ed. Flórida.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. 2000. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 242p.
- OSPINA, H., PRATES, E. R., BARCELLOS, J. O. J. 1999. **A suplementação mineral e o desafio de otimizar o ambiente ruminal para digestão de fibra**. In: Barcellos, J. O. J.; Ospina, H.; Prates, E. R.; 1º Encontro anual sobre nutrição de ruminantes da UFRGS – Suplementação mineral de bovinos de corte. p. 37-60.

- PFEFFER, E. & HRISTOV, A. V. 2005. **Nitrogen and phosphorus nutrition of cattle reducing the environmental impact of cattle operations.** Oxfordshire: CAB International, 288p.
- PRADOS, L.F. 2012. **Desempenho e exigências nutricionais de bovinos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de cálcio e fósforo.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa (dissertação de mestrado). 112p.
- RAY, P. P., JARRETT, J., KNOWLTON, K. F. 2013. Effect of dietary phytate on phosphorus digestibility in dairy cows. **Journal of Dairy Science.** v.96, p.1156-1163.
- TAMMINGA, S. 1992. Nutritional management of dairy cows as a contribution to pollution control. **Journal of Dairy Science.** v.75, p.345-357.
- UNDERWOOD, E. J., SUTTLE, N. F. 1999. **The mineral nutrition of livestock.** 3.ed. Wallingford: Cabi Publishing, 614p.
- VALK, H., METCALF, J. A. WITHERS, P. J. A. 2000. Prospects for minimizing phosphorus excretion in ruminants by dietary manipulation. **Journal of Environmental Quality.** v.29, p.28-36.
- WILD, D. 2006. Influence of macro and micro minerals in the peri-parturient period on fertility in dairy cattle. **Animal Reproduction Science,** v.96, p.240-249.
- ZANETTI, D. 2014. **Exigências nutricionais, frequência de alimentação e níveis de cálcio e fósforo para bovinos Holandês × Zebu em confinamento.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa (dissertação de mestrado). 78p.

INTRODUÇÃO

Para atender aos requerimentos de minerais de bovinos de corte são usadas no Brasil as Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais de Zebuínos (BR CORTE, 2010) ou o NRC (1996). Diversos trabalhos nacionais vêm demonstrando que as exigências apresentadas para minerais estão superestimadas (Prados, 2012; Zanetti, 2014). O excesso no fornecimento dos minerais possui implicação econômica e ambiental, uma vez que os minerais em excesso são excretados no meio ambiente via fezes e urina. Além disso, as fontes de matéria prima dos minerais não são renováveis, assim o ganho em eficiência na utilização dos suplementos é responsável pelo aumento da vida útil das reservas.

O conhecimento dos locais de digestão dos constituintes das dietas é importante para explicar os efeitos de tratamentos no desempenho animal. Ressalta-se que poucos trabalhos foram conduzidos para avaliar os requerimentos de macro minerais e que a maioria dos mesmos não estuda os locais de absorção. Pode-se afirmar que o conhecimento da quantidade de fósforo necessária para o crescimento microbiano é essencial para definir se há necessidade de fornecimento de fontes de fósforo solúveis no rúmen, implicando em grandes mudanças na prática de suplementação de minerais. Além disso, o conhecimento dos coeficientes de absorção de minerais serve para converter as exigências líquidas em exigências dietéticas, que são usadas posteriormente nas tabelas de exigências nutricionais.

Diversos experimentos de curta duração realizados recentemente no Brasil constataram não haver diferença na produção quando se diminuiu os teores de Ca e P na dieta. Contudo na literatura citada não se encontram experimentos sem a suplementação de microminerais e também há necessidade de avaliar o efeito da suplementação mineral sobre o crescimento microbiano e os locais de digestão dos nutrientes.

Como os alimentos constituintes das dietas possuem diferentes teores de minerais, a hipótese seria que a ausência de suplementação de minerais na dieta não altera os locais de digestão dos constituintes das dietas. Assim, conduziu-se a presente pesquisa com o objetivo de avaliar diferentes níveis de suplementação mineral sobre o consumo, crescimento microbiano e as digestões totais e parciais dos constituintes das dietas.

MATERIAL E MÉTODOS

Manejo animal, delineamento experimental e dietas

O presente estudo foi realizado com aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Federal de Viçosa (CEUAP/UFV), protocolo nº 23/2013.

O experimento foi realizado no confinamento experimental do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Viçosa (Viçosa-MG). Foram utilizados cinco bovinos machos não castrados da raça Nelore, com peso corporal médio de $200 \pm 10,5$ kg e idade média de sete meses, distribuídos em um quadrado latino 5×5 , com cinco dietas, cinco períodos e cinco animais.

Inicialmente os animais foram identificados e tratados contra ecto e endoparasitas, sendo posteriormente fistulados no rúmen e no íleo. Os mesmos permaneceram 30 dias para recuperação da cirurgia e adaptação às instalações.

Os efeitos da suplementação mineral foram avaliados com a inclusão de cinco dietas:

CMi – Dieta convencional para suprir 100% das exigências dietéticas descritas pelo BR CORTE (2010) para Ca, P e microminerais;

CSm – Dieta convencional para suprir 100% das exigências dietéticas descritas pelo BR CORTE (2010) para Ca e P, e sem adição do premix micromineral;

SCm – Dieta convencional para suprir 100% das exigências dietéticas de microminerais, e sem adição de calcário e fosfato bicálcico;

SMi – Dieta convencional sem adição de calcário, fosfato bicálcico e premix micromineral

MSMi – Dieta SMi ofertada ao nível de manutenção (1,7% PC).

A cana de açúcar foi utilizada na proporção de 40% na base da matéria seca da dieta total, sendo os concentrados formulados à base de fubá de milho, casca de soja, farelo de soja, sal comum, calcário calcítico, fosfato bicálcico e mistura micromineral. As dietas SCm e SMi apresentaram 47 e 73% das exigências do animal, respectivamente, para cálcio e fósforo, sendo essa a quantidade mínima possível de obter sem qualquer suplementação de minerais.

A composição química dos alimentos utilizados nas dietas experimentais está apresentada na Tabela 1.

Os concentrados foram isoprotéicos (21,94% de proteína bruta na base da MS), constituídos de milho grão moído, casca de soja, farelo de soja, sal comum e mistura ureia + sulfato de amônia (9:1), sendo variados apenas os níveis de calcário, fosfato bicálcico, premix micromineral e areia para constituir os fatores do experimento.

O premix micromineral foi composto por: sulfato de cobalto (0,2%); sulfato de cobre (17%); iodato de potássio (0,4%); sulfato de manganês (26%); selenito de sódio (0,4%); sulfato de zinco (56%), contendo, na base da matéria seca: 0,04; 4,33; 12,7 e 8,45%, respectivamente, de Co, Cu, Zn e Mn. A composição dos concentrados e das dietas encontra-se na Tabela 2. Os teores de sódio e magnésio ficaram bem acima dos valores de exigências descritos pelos diferentes sistemas, em virtude de ter sido usado

bicarbonato de sódio e óxido de magnésio (na proporção de 3:1) como agentes tamponante e alcalinizante, respectivamente.

Tabela 1 - Composição química dos alimentos utilizados nas dietas experimentais

Itens ¹	Cana de Açúcar	Milho	Farelo de Soja	Casca de Soja	Uréia /SA	Calcário	Fosfato Bicálcico	Sal Comum	Bicarbonato de Sódio	Óxido de Magnésio
					g/kg					
MS	272,5	847,9	882,6	884,0	978,4	1000,0	955,7	970,2	950,0	983,2
MO	971,2	986,0	927,5	948,8	995,7	-	-	-	-	-
PB	22,6	94,9	502,7	166,4	2731,5	-	-	-	-	-
EE	19,5	31,8	30,0	21,5	-	-	-	-	-	-
FDNcp	445,2	126,3	126,0	536,8	-	-	-	-	-	-
CNF	483,9	733,0	268,9	224,1	-	-	-	-	-	-
FDNi	267,7	35,5	21,1	54,5	-	-	-	-	-	-
Ca	1,7	0,3	3,1	4,2	-	337,9	229,0	-	0,8	5,8
P	0,3	2,3	6,1	1,7	-	-	198,9	-	-	-
Mg	2,8	2,1	4,9	3,8	-	8,1	28,6	-	7,3	476,4
Na	0,2	0,1	0,4	0,3	-	1,6	1,3	391,0	273,8	0,3
K	4,1	2,6	18,6	9,7	-	-	0,8	0,6	-	-
					ppm					
Co	0,54	0,6	0,2	-	-	-	-	-	-	-
Cu	10,0	1,0	16,0	6,0	-	-	-	-	-	-
Mn	87,0	17,0	41,0	17,0	-	-	-	-	-	-
Zn	10,0	20,0	60,0	80,0	-	-	-	-	-	-

¹MS= matéria seca, MO= matéria orgânica, PB= proteína bruta, EE= extrato etéreo, FDNcp= fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, CNF= carboidratos não fibrosos, Ca= cálcio, P= fósforo, Mg= magnésio, Na= sódio, K= potássio, Co= cobalto, Cu=cobre, Mn= manganês, Zn= zinco.

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes nos concentrados e nas dietas e composição dos concentrados (Conc.) e das dietas obtidas na base da matéria seca

Ingredientes	CMi		CSm		SCm		SMi	
	Conc.	Dieta	Conc.	Dieta	Conc.	Dieta	Conc.	Dieta
Cana de açúcar	-	40,0	-	40,00	-	40,00	-	40,00
Milho Grão	50,5	30,29	50,5	30,29	50,5	30,29	50,5	30,29
Farelo de Soja	11,7	7,00	11,7	7,00	11,7	7,00	11,7	7,00
Casca de soja	32,5	19,5	32,5	19,50	32,5	19,50	32,5	19,50
Sal Comum	0,34	0,20	0,34	0,20	0,34	0,20	0,34	0,20
Uréia	1,95	1,17	1,95	1,17	1,95	1,17	1,95	1,17
Sulfato de Amônia	0,22	0,13	0,22	0,13	0,22	0,13	0,22	0,13
Calcário	0,52	0,31	0,52	0,31	-	-	-	-
Fosfato Bicálcico	0,62	0,37	0,62	0,37	-	-	-	-
Bicarbonato/Óxido de Magnésio	1,6	1,0	1,6	1,0	1,6	1,0	1,6	1,0
Micromineral	0,05	0,03	-	-	0,05	0,03	-	-
Areia	-	-	0,05	0,03	1,14	0,68	1,2	0,71
Composição Química (%)								
Matéria Seca	86,20	62,60	86,20	62,60	85,10	62,00	85,00	61,90
Matéria Orgânica	93,12	94,72	93,12	94,72	93,12	94,72	93,12	94,72
Proteína Bruta	21,94	14,07	21,94	14,07	21,94	14,07	21,94	14,07
Extrato Etéreo	2,64	2,36	2,64	2,36	2,64	2,36	2,64	2,36
Fibra em detergente neutro ¹	25,23	32,95	25,23	32,95	25,23	32,95	25,23	32,95
Carboidratos não fibrosos	46,05	44,99	46,05	44,99	46,05	44,99	46,05	44,99
FDNi ²	3,80	12,99	3,80	12,99	3,80	12,99	3,80	12,99
Cálcio	0,51	0,32	0,51	0,32	0,19	0,18	0,19	0,18
Fósforo	0,36	0,23	0,36	0,23	0,24	0,16	0,24	0,16
Sódio	0,49	0,30	0,49	0,30	0,49	0,30	0,49	0,30
Potássio	0,83	0,56	0,83	0,56	0,83	0,56	0,83	0,56
Magnésio	0,52	0,42	0,52	0,42	0,50	0,41	0,50	0,41
ppm								
Cobalto	0,51	0,52	0,31	0,40	0,51	0,52	0,31	0,40
Cobre	57,1	34,3	5,46	4,76	57,1	34,3	5,46	4,76
Manganês	58,27	58,76	16,07	30,22	58,27	58,72	16,07	30,22
Zinco	96,79	65,91	33,29	27,78	96,79	65,91	33,29	27,78

¹corrigida para cinzas e proteína, ²fibra em detergente neutro indigestível

Os alimentos foram fornecidos duas vezes ao dia e ajustados de forma a se manterem as sobras em torno de 5 a 10% do fornecido (para os animais alimentados ad libitum), com água permanentemente à disposição dos animais. As quantidades de volumoso e concentrado oferecidas, e também as sobras, foram registradas diariamente,

assim como coletadas as amostras dos ingredientes do concentrado, cana de açúcar e das sobras de cada animal. As amostras foram agrupadas, de forma proporcional, constituindo-se em amostras compostas, as quais foram secas parcialmente (Método INCT-CA G-001/1) e moídas em moinho de faca com peneira de malha de 1 e 2 mm para análises laboratoriais.

Ensaio de digestibilidade

O experimento foi composto por cinco períodos experimentais com duração de 18 dias por período, totalizando 90 dias de experimento. Em cada período foi destinado 10 dias para adaptação dos animais a dieta, três dias de coleta total de fezes e urina e cinco dias para as coletas de digesta omasal e ileal.

Os animais foram submetidos à coleta total de fezes durante 72h, iniciando no 11º dia de cada período experimental. Ao final de cada dia de coleta (24h), as fezes foram pesadas, homogeneizadas e feita uma amostragem. As amostras foram pesadas e secas parcialmente em estufa de ventilação forçada, a 55°C por 72 horas, moídas em moinho de facas com peneira contendo crivos de 1 e 2 mm, sendo então elaborada uma amostra composta por animal em cada período, com base no peso seco de cada dia de coleta. A coleta total de urina foi feita nos mesmos dias da coleta de fezes, sendo realizada com auxílio de funis coletores, acoplados aos animais, dotados de mangueiras que conduziram a urina até galões dotados com 200 ml de ácido sulfúrico a 20% para conservação das amostras. Após a coleta, foi medido o volume total excretado. Posteriormente, o conteúdo do galão foi homogeneizado e então obtida uma amostra diária, que foi composta por período com base no volume diário excretado de cada animal, para determinação de ácido úrico, alantoína e nitrogênio total.

Procedimentos de amostragem e preparação das amostras de digesta

Do 14° ao 18° dia do período experimental, foram realizadas oito coletas de digesta omasal e ileal com intervalo de 15 horas, totalizando cinco dias de coletas por período experimental. Os horários de coleta foram 08:00, 23:00, 14:00, 05:00, 20:00, 11:00, 02:00 e 17:00 h, seguindo protocolo descrito por Allen & Linton (2007).

Foi realizada infusão contínua, pela fístula ruminal, do indicador Co-EDTA (2,5 g/dia de Co-EDTA ou 0,7 g de Co), diluídos em 2,7 L de água destilada, utilizando duas bombas peristálticas, a partir do 11° dia do período experimental até a última coleta de digesta no 18° dia.

Para a coleta de digesta omasal foi utilizada a técnica de Huhtanen et al. (1997). A coleta da digesta omasal foi realizada introduzindo-se através da fístula ruminal um tubo coletor, conduzindo o mesmo até o orifício retículo-omasal, onde foi mantido seguro manualmente durante a coleta. O tubo coletor foi acoplado em uma das aberturas do kitassato, com auxílio de uma bomba a vácuo, também acoplada ao kitassato. No momento da coleta, a bomba a vácuo foi acionada, e por sucção, a digesta omasal seguiu pelo tubo coletor até o kitassato.

Foram coletados aproximadamente 0,4 L de amostra, sendo divididas em duas subamostras: 200 mL representando a digesta íntegra e 200 mL de digesta para separar as duas fases (sólida e líquida mais pequenas partículas). A digesta íntegra foi seca em estufa de ventilação forçada a 55°C, já as amostras destinadas à separação de duas fases foram armazenadas e mantidas em câmara fria a -20°C.

A coleta de digesta ileal foi realizada nos mesmos horários da coleta de digesta omasal, sendo coletados aproximadamente 200 mL de digesta ileal em cada horário.

Ao final do período experimental, as amostras de digesta omasal destinadas à avaliação do fluxo ruminal foram descongeladas em temperatura ambiente e compostas

por animal, resultando em uma amostra de 1,6L. Logo após, a amostra composta foi filtrada usando náilon de 100 µm com área de poros de 44% de superfície (Sefar Nitex 100/44, Sefar, Thal, Switzerland) obtendo assim duas fases: a amostra retida no filtro foi denominada fase sólida enquanto a filtrada foi denominada fase líquida e de pequenas partículas. As amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C. Após secas, as amostras foram moídas em moinhos tipo faca com peneiras de crivo de 1 e 2 mm.

Em todos os horários de coleta, uma amostra de 200 mL de digesta ruminal foi retirada e armazenada em câmara fria a -20°C para o isolamento de bactérias. Ao final de cada período de coletas, as amostras foram descongeladas em temperatura ambiente e foi feita uma amostra composta de 1,6 L para cada animal.

O isolamento das bactérias foi realizado conforme Reynal et al. (2005) e com adaptações sugeridas por Krizsan et al. (2010). Um litro da amostra de digesta foi filtrada usando filtro de náilon a 100 µm com área de poros de 44% de superfície (Sefar Nitex 100/44, Sefar, Thal, Switzerland) e o material retido no filtro foi lavado com 800 ml de solução salina (NaCl 9g/L). A fase retida no filtro foi guardada para isolamento das bactérias associadas às partículas (BAP). O material filtrado foi processado para o isolamento das bactérias associadas à fase líquida (BAL). Após a centrifugação a 1.000 × g por 10 minutos a 5°C, o pellet foi guardado para isolar BAP. O sobrenadante foi centrifugado a 11.250 × g por 30 minutos a 5°C. Ao pellet dessa centrifugação foram adicionados 200 ml de solução tampão (McDougall, 1948), sendo esse material novamente centrifugado a 16.500 × g por 20 minutos a 5°C. O pellet resultante dessa centrifugação, composto das BAL foi liofilizado.

Para isolar BAP, 700 ml de solução salina a 0,90% (peso/volume) com 0,10% de Tween 80 (volume/volume) foram adicionados a potes contendo as amostras

anteriormente citadas, que foram homogeneizadas durante 30 segundos e armazenadas em geladeira a 4°C por 12 horas para posteriores centrifugações. Após as 12 horas, as amostras foram filtradas usando filtro de náilon a 100 µm com área de poros de 44% de superfície (Sefar Nitex 100/44, Sefar, Thal, Switzerland). O filtrado foi centrifugado a $1.000 \times g$ por 10 minutos a 5°C. Em seguida, o sobrenadante foi centrifugado a $11.250 \times g$ por 30 minutos a 5°C; e ao pellet resultante dessa centrifugação, foram adicionados 200 ml de solução tampão de McDougall e recentrifugado a $16.250 \times g$ por 20 minutos a 5°C. O pellet (BAP) dessa última centrifugação foi submetido à liofilização.

Após à liofilização, as amostras de BAL e BAP foram armazenadas para posteriores análises de matéria seca, matéria mineral, nitrogênio total e RNA.

Análises químicas

A concentração de FDN_i, utilizada como indicador da fase sólida no omaso e como indicador único na digesta ileal, foi quantificada para as amostras de digesta omasal e ileal, sobras e alimentos que compuseram as dietas experimentais. As amostras destinadas para análise da FDN_i foram moídas em moinho de facas a 2 mm. As amostras foram colocadas em sacos F57 (Ankom®) e incubadas por 288 horas no rúmen de um bovino (Valente et al., 2011). Após o período de incubação, os sacos foram removidos do rúmen e lavados com água e secos a 55°C por 48 horas. Em seguida foi realizada análise de FDN em um aparelho Ankom 200/220 (Ankom Technology Corp., Fairport, NY).

As amostras dos volumosos, ingredientes do concentrado, sobras, fezes e digestas omasal e ileal foram avaliadas quanto aos teores de matéria seca (MS) segundo método INCT - CA G-003/1, matéria mineral (MM) segundo método INCT-CA M-001/1, proteína bruta (PB) segundo método INCT - CA N-001/1, fibra em detergente

neutro (FDN) segundo método INCT - CA F-001/1 e correções para proteína e cinzas, respectivamente, segundo métodos INCT - CA N-004/1 e INCT - CA M-002/1, extrato etéreo (EE) segundo método INCT - CA G-004/1, conforme descrito por Detmann et al. (2012).

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados como proposto por Detmann e Valadares Filho (2010), em que $CNF = 1000 - [(g/kg) PB - g/kg PB \text{ derivado da ureia} + g/kg \text{ ureia}] + g/kg \text{ FDNcp} + g/kg \text{ EE} + g/kg \text{ MM}$.

A solução para quantificação dos macroelementos minerais foi preparada por via úmida (método INCT-CA M-004/1), conforme descrito por Detmann et al. (2012). Após as devidas diluições, o teor de fósforo foi determinado por colorimetria; o teor de cálcio, magnésio, cobalto, cobre, zinco e manganês foram obtidos por espectrofotometria de absorção atômica. Os teores de sódio e potássio foram obtidos por espectrofotometria de chama.

Na urina foram avaliadas as concentrações de ácido úrico através de um analisador bioquímico automático (marca: Mindray modelo BS200E), já as análises de alantoína foram feitas pelo método colorimétrico, conforme técnica de Fujihara et al. (1987) descrita por Chen Gomes (1992).

A produção de proteína microbiana foi estimada a partir das bases purinas no omaso analisadas de acordo com Ushida et al. (1985) e também pela excreção de derivados de purina na urina (Barbosa et al., 2011).

Cálculos

Os fluxos de matéria seca e dos constituintes das digestas omasais foram estimados utilizando o sistema de indicador duplo (France & Siddons, 1986). Os fluxos

de digesta ileal foram calculados dividindo-se o consumo de FDNi pela sua concentração na digesta ileal.

Para o sistema de indicador duplo, foram utilizados a FDNi como indicador da fase sólida e o Co-EDTA como indicador da fase líquida e de pequenas partículas acordo com France & Siddons (1986). Para o cálculo das concentrações dos indicadores nas diferentes fases da digesta foi utilizado o fator de reconstituição (FR). O FR indica as unidades que devem ser removidas ou adicionadas à digesta não representativa para reconstituir a digesta verdadeira, conforme descrito por Valadares Filho et al. (2011).

As digestões ruminais e intestinais da MS, PB, EE, CNF, FDNcp foram calculadas em relação ao total ingerido. As disponibilidades parciais dos minerais foram calculadas de acordo com a quantidade do mineral que chegou em cada local do trato gastrointestinal.

A excreção dos derivados de purinas na urina foi calculada pela soma das excreções de alantoína e de ácido úrico na urina, que foram obtidas pelo produto entre a concentração das mesmas na urina pelo volume urinário diário. As purinas absorvidas foram calculadas a partir da excreção de derivados de purina por intermédio da seguinte equação (Barbosa et al., 2011):

$$Y = 0,80 X + 0,301 \times PC^{0,75}$$

onde Y = excreção de derivados de purina (mmol/dia), X = purinas absorvidas (mmol/dia), 0,80 = recuperação de purinas absorvidas como derivados de purina e 0,301 = excreção de purinas de origem endógena (mmol/kg PC^{0,75}).

A síntese ruminal de compostos nitrogenados foi calculada em função das purinas absorvidas, utilizando-se a seguinte equação (Barbosa et al., 2011):

$$Y = 70X / (0,93 \times 0,137 \times 1000)$$

onde Y = síntese ruminal de compostos nitrogenados (g N/dia), X = purinas absorvidas (mmol/dia), 70 = conteúdo de N de purinas (mg N/mol), 0,93 = digestibilidade das purinas e 0,137 = relação N purina:N total nas bactérias.

A eficiência microbiana foi expressa em g PBmic/kg NDT e em g PBmic/kg de MOD. Também foram obtidas as eficiências microbianas calculadas entre a produção de N microbiano (Nmic) e a quantidade de matéria orgânica aparentemente fermentada no rúmen (MOFRa) e matéria orgânica fermentada no rúmen verdadeira (MOFRv). A MODRa foi calculada pela diferença entre a MO ingerida e quantidade de matéria orgânica passando para o omaso. Já a MOFRv foi calculada pela soma da MOFRa e a quantidade de matéria orgânica de origem microbiana (MOmic) obtida usando o conhecimento da composição das bactérias do rúmen.

Análises estatísticas

Os dados relativos ao consumo e às digestibilidades foram analisados utilizando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.4), segundo o modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + D_i + a_j + p_k + e_{ijk}$$

em que: μ = constante geral; D_i = efeito da dieta i (fixo); a_j = efeito do animal j (aleatório); p_k = efeito do período experimental k (aleatório); e_{ijk} = efeito aleatório residual entre parcelas.

As médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey. Adotou-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

RESULTADOS

Os consumos de MS, MO e NDT (kg/dia) foram menores ($P < 0,05$) para a dieta MSMi (Tabela 3). Não houve efeito da suplementação mineral nas quantidades

digeridas (kg/dia) da MO no rúmen e no intestino grosso ($P > 0,05$). Entretanto, as quantidades digeridas no intestino delgado e no trato digestivo total (kg/dia) foram menores ($P < 0,05$) para a dieta MSMi.

Tabela 3 – Efeito da suplementação mineral nos consumos e nas digestibilidades da matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO).

Itens	Dietas				MSMi	Valor-P	EPM
	CMi	CSm	SCm	SMi			
	Matéria Seca						
Consumo (kg/dia)	6,04 ^a	5,93 ^a	6,01 ^a	5,70 ^a	3,51 ^b	<0,0001	0,32
Consumo (g/kg PC)	27,1 ^a	28,1 ^a	27,3 ^a	27,7 ^a	16,9 ^b	<0,0001	1,66
	Quantidades digeridas (kg/dia)						
Rúmen	2,14	2,39	2,37	2,48	1,65	0,122	0,25
Intestino Delgado	1,15 ^a	0,82 ^b	0,83 ^b	0,89 ^b	0,40 ^c	0,000	0,09
Intestino Grosso	0,64	0,58	0,76	0,51	0,41	0,097	0,11
Aparente total	3,94 ^a	3,80 ^a	3,96 ^a	3,88 ^a	2,46 ^b	0,007	0,29
	Locais de digestão (%)						
Rúmen	35,2	39,6	40,7	43,3	46,4	0,077	2,71
Intestino Delgado	19,0	14,2	14,7	15,8	11,6	0,122	1,95
Intestino Grosso	11,1	9,64	12,8	9,20	11,7	0,304	1,83
Aparente Total	65,3	63,4	68,2	68,3	69,7	0,329	2,53
	Matéria Orgânica						
Consumo (kg/dia)	5,62 ^a	5,50 ^a	5,40 ^a	5,30 ^a	3,30 ^b	<0,0001	0,32
	Quantidades digeridas (kg/dia)						
Rúmen	2,31	2,43	2,43	2,56	1,72	0,111	0,23
Intestino Delgado	0,89 ^a	0,69 ^a	0,76 ^a	0,75 ^a	0,27 ^b	0,000	0,08
Intestino Grosso	0,54	0,48	0,59	0,35	0,37	0,109	0,13
Aparente Total	3,74 ^a	3,60 ^a	3,78 ^a	3,66 ^a	2,36 ^b	0,010	0,29
	Locais de digestão (%)						
Rúmen	40,8 ^b	43,3 ^b	44,7 ^b	48,3 ^{ab}	52,0 ^a	0,041	2,51
Intestino Delgado	15,7	12,9	14,5	14,5	8,30	0,075	1,85
Intestino Grosso	9,4	8,10	10,35	6,60	10,8	0,067	2,33
Aparente Total	65,9	64,3	69,5	69,4	71,1	0,270	2,63

CMi = 100% suplementação de macro e microminerais, CSm = 100% suplementação de macrominerais sem adição de premix micromineral, SCm = 100% da suplementação de microminerais sem adição de calcário e fosfato bicálcio, SMi = sem suplementação de calcário, fosfato bicálcio e premix micromineral, MSMi = sem suplementação de calcário, fosfato bicálcio e premix micromineral à nível de manutenção.

Quando expressa em percentagem do ingerido, apenas a digestibilidade ruminal da MO foi maior ($P < 0,05$) para a dieta MSMi em relação às dietas CMi, CSm e SCm. Ressalta-se que a dieta SMi não diferiu ($P > 0,05$) das demais.

O consumo de PB foi menor ($P < 0,05$) para a dieta MSMi, não havendo efeito da suplementação mineral ($P > 0,05$) no consumo de EE (Tabela 4). Não houve efeito da suplementação mineral nas quantidades digeridas (kg/dia) da PB no rúmen e intestino grosso ($P > 0,05$). Entretanto, as quantidades digeridas no intestino delgado e no trato digestivo total (kg/dia) foram menores ($P < 0,05$) para a dieta MSMi.

Tabela 4 – Efeito da suplementação mineral sobre consumos e nas digestibilidades da proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE)

Itens	Dietas				MSMi	Valor-P	EPM
	CMi	CSm	SCm	SMi			
Consumo (kg/dia)	0,88 ^a	0,88 ^a	0,86 ^a	0,88 ^a	0,50 ^b	<0,0001	0,03
	Proteína Bruta (kg/dia)						
	Quantidades digeridas (kg/dia)						
Rúmen	0,05	0,09	0,09	0,15	0,06	0,108	0,03
Intestino Delgado	0,42 ^a	0,34 ^a	0,33 ^a	0,35 ^a	0,20 ^b	0,023	0,04
Intestino Grosso	0,13	0,14	0,16	0,10	0,08	0,250	0,03
Aparente total	0,60 ^a	0,57 ^a	0,58 ^a	0,62 ^a	0,34 ^b	0,000	0,03
	Locais de digestão (%)						
Rúmen	5,20	10,2	11,1	17,3	12,0	0,145	3,12
Intestino Delgado	46,5	38,7	39,2	42,2	41,8	0,750	4,64
Intestino Grosso	15,6	15,2	18,7	12,3	15,5	0,781	3,72
Aparente Total	67,3	64,1	69,0	71,8	69,3	0,206	2,23
Consumo (kg/dia)	0,12	0,14	0,12	0,12	0,10	0,624	0,01
	Extrato Etéreo (kg/dia)						
	Quantidades digeridas (kg/dia)						
Rúmen	-0,05 ^b	-0,04 ^b	-0,04 ^b	-0,02 ^{ab}	-0,01 ^a	0,020	0,01
Intestino Delgado	0,15 ^a	0,14 ^a	0,14 ^a	0,11 ^b	0,07 ^c	0,000	0,09
Intestino Grosso	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	0,425	0,006
Aparente total	0,09 ^a	0,08 ^a	0,09 ^a	0,08 ^a	0,05 ^b	0,005	0,008
	Locais de digestão (%)						
Rúmen	-31,8	-28,3	-27,2	-13,7	-12,4	0,172	10,65
Intestino Delgado	103	104	105	85,0	86,8	0,259	11,75
Intestino Grosso	-8,54	-17,5	-12,6	-7,4	-12,5	0,529	5,53
Aparente Total	63,0	58,3	65,8	63,9	61,9	0,737	4,76

CMi = 100% suplementação de macro e microminerais, CSm = 100% suplementação de macrominerais sem adição de premix micromineral, SCm = 100% da suplementação de microminerais sem adição de calcário e fosfato bicálcio, SMi = sem suplementação de calcário, fosfato bicálcio e premix micromineral, MSMi = sem suplementação de calcário, fosfato bicálcio e premix micromineral à nível de manutenção.

Não foi observado efeito da suplementação mineral nas quantidades digeridas (kg/dia) do EE no intestino grosso ($P < 0,05$). Porém, as quantidades digeridas no intestino delgado e no trato digestivo total (kg/dia) foram menores ($P < 0,05$) para a

dieta MSMi. Quando expressas em percentagem, a suplementação mineral não alterou ($P > 0,05$) os locais de digestão da PB e do EE.

Os consumos de FDN_{cp} , FDN_{cp} indigerida, FDN_i e CNF foram menores ($P < 0,05$) para a dieta MSMi (Tabela 5). Não houve efeito da suplementação mineral nas quantidades digeridas (kg/dia) da FDN_{cp} nos intestinos delgado e grosso ($P > 0,05$). Entretanto, as quantidades digeridas no rúmen (kg/dia) foram maiores ($P < 0,05$) para a dieta SMi em relação as demais, enquanto a quantidade total digerida foi menor ($P < 0,05$) para a dieta MSMi em relação às dietas SCm e SMi.

Não houve efeito da suplementação mineral nas quantidades digeridas (kg/dia) dos CNF no rúmen e intestino grosso ($P > 0,05$). Entretanto, as quantidades digeridas no intestino delgado foram maiores ($P < 0,05$) para a dieta CMi em relação as dietas CSm, SCm e MSMi. Já a quantidade total digerida foi menor ($P < 0,05$) para a dieta MSMi.

Quando expressa em percentagem, não houve efeito da suplementação mineral ($P > 0,05$) nos locais de digestão da FDN_{cp} e dos CNF.

Os consumos e as excreções fecais de cálcio e fósforo foram maiores ($P < 0,05$) para as dietas suplementadas com esses minerais (CMi e CSm; Tabela 6). Mesmo comportamento foi observado para o percentual de cálcio aparentemente absorvido no rúmen. Não houve efeito da suplementação mineral nas quantidades absorvidas (g/dia) de Ca nos intestinos e no trato digestivo total ($P > 0,05$).

A quantidade absorvida de P no intestino delgado (g/dia) foi maior ($P < 0,05$) para a dieta CMi. Entretanto, não houve efeito da suplementação mineral nas quantidades absorvidas (g/dia) no intestino grosso e no trato digestivo total ($P > 0,05$). Quando expressa em percentagem, com exceção da absorção ruminal de Ca no rúmen, não houve efeito da suplementação mineral nos locais de absorção de Ca e P ($P < 0,05$).

Tabela 5 – Efeito da suplementação mineral nos consumos e nas digestibilidades da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas (FDN_{cp}) e dos carboidratos não fibrosos (CNF).

Itens	Dietas					Valor-P	EPM
	CMi	CSm	SCm	SMi	MSMi		
Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína							
Consumo (kg/dia)	1,94 ^a	1,96 ^a	1,96 ^a	2,06 ^a	1,14 ^b	<0,0001	0,10
Consumo (g/kg PC)	8,66 ^a	9,41 ^a	9,10 ^a	10,17 ^a	5,59 ^b	<0,0001	0,61
Consumo de FDNi (kg/dia)	0,79 ^a	0,82 ^a	0,75 ^{ab}	0,68 ^b	0,46 ^c	<0,0001	0,04
Consumo de FDNi (g/kgPC)	3,6 ^{ab}	3,9 ^a	3,6 ^{ab}	3,3 ^b	2,2 ^c	<0,0001	0,21
CFDN _{cp} indigerida (g/kgPC)	7,1 ^a	7,7 ^a	6,7 ^a	8,0 ^a	3,4 ^b	<0,0001	0,52
Quantidades digeridas (kg/dia)							
Rúmen	0,62 ^b	0,55 ^b	0,61 ^b	0,91 ^a	0,46 ^b	0,043	0,09
Intestino Delgado	0,00	0,15	0,16	0,09	-0,01	0,167	0,06
Intestino Grosso	0,13	0,04	0,11	0,00	0,09	0,092	0,05
Aparente total	0,75 ^{bc}	0,74 ^{bc}	0,88 ^{ab}	1,0 ^a	0,54 ^c	0,013	0,09
Locais de digestão (%)							
Rúmen	31,0	28,5	31,2	41,8	39,8	0,079	3,8
Intestino Delgado	0,26	6,96	8,36	5,05	-1,10	0,199	3,13
Intestino Grosso	7,44	1,96	5,84	0,15	7,57	0,150	2,67
Aparente Total	38,7	37,4	45,4	47,0	46,2	0,086	3,14
Carboidratos não fibrosos							
Consumo (kg/dia)	2,88 ^a	2,82 ^a	2,76 ^a	2,72 ^a	1,66 ^b	<0,0001	0,10
Quantidades digeridas (kg/dia)							
Rúmen	1,95	2,13	2,07	2,03	1,32	0,003	0,15
Intestino Delgado	0,32 ^a	0,07 ^b	0,12 ^b	0,19 ^{ab}	0,00 ^b	0,034	0,07
Intestino Grosso	0,27	0,34	0,33	0,22	0,20	0,350	0,09
Aparente total	2,54 ^a	2,54 ^a	2,52 ^a	2,44 ^a	1,52 ^b	0,000	0,16
Locais de digestão (%)							
Rúmen	66,5	74,5	74,3	74,5	78,7	0,156	3,26
Intestino Delgado	11,2	2,88	4,78	7,30	0,31	0,178	3,11
Intestino Grosso	10,6	11,9	11,3	7,90	12,3	0,263	3,41
Aparente Total	88,3	89,3	90,4	89,7	91,3	0,591	1,88

CMi = 100% suplementação de macro e microminerais, CSm = 100% suplementação de macrominerais sem adição de premix micromineral, SCm = 100% da suplementação de microminerais sem adição de calcário e fosfato bicálcico, SMi = sem suplementação de calcário, fosfato bicálcico e premix micromineral, MSMi = sem suplementação de calcário, fosfato bicálcico e premix micromineral à nível de manutenção.

As absorções totais médias de cálcio e fósforo foram 40,8 e 33,1 % ou 6,2 e 3,5 g/dia, respectivamente. Houve absorção média de 67,3 e 25,5% para o fósforo nos intestinos delgado e grosso, respectivamente.

Os consumos de Na, K e Mg (g/dia) foram menores ($P < 0,05$) para a dieta MSMi (Tabela 7). Não houve efeito da suplementação mineral nas quantidades absorvidas (g/dia) do Na nos intestinos delgado e grosso ($P > 0,05$). Porém, as quantidades de Na

secretadas no rúmen foram maiores ($P < 0,05$) para a dieta MSMi em relação às dietas CMi e SMi. Já a quantidade absorvida total foi menor na dieta MSMi em relação às dietas CMi, SCm e SMi.

Tabela 6 – Efeito da suplementação mineral nos consumos e nas absorções aparentes de cálcio e fósforo

Itens	Dietas				MSMi	Valor-P	EPM
	CMi	CSm	SCm	SMi			
	Cálcio (g/dia)						
Consumo	23,8 ^a	23,6 ^a	10,5 ^b	10,2 ^b	6,41 ^c	<0,0001	1,03
Excreção Fecal	13,8 ^a	14,0 ^a	6,26 ^b	5,88 ^{bc}	3,75 ^c	<0,0001	0,9
Excreção Urinaria	0,70	0,85	0,63	0,59	0,54	0,098	0,13
Retenção	10,7 ^a	10,3 ^a	4,15 ^b	3,47 ^{bc}	2,18 ^c	<0,0001	0,87
	Quantidades absorvidas (g/dia)						
Rúmen	4,92 ^b	7,35 ^a	0,22 ^c	0,89 ^c	0,50 ^c	<0,0001	1,11
Intestino Delgado	0,48	0,78	1,63	0,99	-0,07	0,884	1,36
Intestino Grosso	4,62	1,45	2,41	2,54	2,23	0,085	0,85
Aparente total	10,0 ^a	9,58 ^a	4,26 ^b	4,42 ^b	2,66 ^b	0,013	0,09
	Locais de absorção (%)						
Rúmen	20,3 ^a	31,0 ^a	2,09 ^b	8,08 ^b	7,43 ^b	0,000	3,95
Intestino Delgado	2,74	3,29	11,8	9,26	-0,36	0,319	10,87
Intestino Grosso	22,4	7,95	26,6	28,8	29,8	0,096	6,77
Aparente Total	41,7	39,8	38,7	42,8	41,1	0,919	4,48
	Fósforo (g/dia)						
Consumo	13,73 ^a	13,16 ^a	8,95 ^b	9,10 ^b	5,51 ^c	<0,0001	0,81
Excreção Fecal	8,0 ^a	8,6 ^a	5,9 ^b	6,5 ^b	3,6 ^c	0,000	0,7
Excreção Urinaria	0,98	1,27	0,95	0,72	0,83	0,743	0,34
Retenção	5,49 ^a	4,91 ^a	2,44 ^b	1,62 ^b	1,07 ^b	0,002	0,81
	Quantidades absorvidas (g/dia)						
Rúmen	-23,3 ^b	-16,9 ^a	-18,8 ^{ab}	-14,7 ^a	-13,9 ^a	0,013	2,01
Intestino Delgado	26,7 ^a	19,0 ^b	18,3 ^b	15,2 ^b	14,3 ^b	0,001	2,01
Intestino Grosso	2,34	2,44	3,51	2,06	1,44	0,374	0,71
Aparente total	5,74	4,54	3,0	2,56	1,84	0,077	1,00
	Locais de absorção (%)						
Rúmen	-170	-153	-214	-162	-254	0,094	29,48
Intestino Delgado	71,4	62,7	65,3	63,6	73,3	0,154	4,22
Intestino Grosso	21,9	19,8	36,0	23,9	26,0	0,393	6,03
Aparente Total	40,6	30,5	32,6	28,3	33,5	0,814	3,49

CMi = 100% suplementação de macro e microminerais, CSm = 100% suplementação de macrominerais sem adição de premix micromineral, SCm = 100% da suplementação de microminerais sem adição de calcário e fosfato bicálcico, SMi = sem suplementação de calcário, fosfato bicálcico e premix micromineral, MSMi = sem suplementação de calcário, fosfato bicálcico e premix micromineral à nível de manutenção.

Tabela 7 – Efeito da suplementação mineral sobre os consumos e disponibilidades aparentes de sódio, potássio e magnésio

Itens	Dietas					Valor-P	EPM
	CMi	Csm	SCm	SMi	MSMi		
	Sódio (g/dia)						
Consumo	17,6 ^a	17,0 ^a	16,8 ^a	16,7 ^a	10,6 ^b	<0,0001	0,98
Excreção Fecal	8,1 ^{ab}	9,5 ^a	7,7 ^{ab}	6,3 ^b	5,5 ^b	0,047	0,9
Excreção Urinaria	7,43	7,73	7,74	4,02	5,18	0,068	1,43
Retenção	2,79 ^{ab}	1,78 ^b	2,44 ^b	6,11 ^a	0,21 ^b	0,020	1,8
	Quantidades absorvidas (g/dia)						
Rúmen	-76,8 ^c	-51,9 ^{ab}	-55,6 ^{ab}	-64,5 ^{bc}	-42,4 ^a	0,011	5,91
Intestino Delgado	30,5	2,66	2,56	21,5	11,9	0,064	7,86
Intestino Grosso	55,8	56,7	62,1	53,4	35,5	0,108	6,90
Aparente total	9,5 ^a	7,46 ^{ab}	9,06 ^a	10,4 ^a	5,00 ^b	0,032	1,25
	Locais de absorção (%)						
Rúmen	-436	-319	-328	-384	-398	0,163	40,16
Intestino Delgado	31,8	1,16	2,63	25,19	19,7	0,144	10,39
Intestino Grosso	86,6	85,1	88,5	89,7	85,9	0,146	1,56
Aparente Total	53,3	42,4	53,6	61,6	47,5	0,240	6,44
	Potássio (g/dia)						
Consumo	34,7 ^a	34,5 ^a	33,3 ^a	33,5 ^a	19,7 ^b	<0,0001	1,68
Excreção Fecal	12,5 ^a	14,28 ^a	12,79 ^a	13,60 ^a	6,4 ^b	0,000	1,3
Excreção Urinaria	12,91	13,36	12,78	8,20	8,35	0,099	1,7
Retenção	11,36	9,75	9,12	11,20	5,15	0,079	1,8
	Quantidades absorvidas (g/dia)						
Rúmen	-18,0	-5,24	-6,80	-15,7	-8,40	0,101	3,93
Intestino Delgado	42,3 ^a	34,3 ^{ab}	34,9 ^{ab}	44,4 ^a	25,1 ^b	0,039	4,48
Intestino Grosso	-1,90	-8,76	-7,46	-8,80	-3,40	0,069	2,14
Aparente total	22,2 ^a	20,3 ^a	20,6 ^a	19,9 ^a	13,3 ^b	0,033	1,92
	Locais de absorção (%)						
Rúmen	-51,8	-18,7	-21,0	-46,2	-43,8	0,241	13,28
Intestino Delgado	77,5	86,0	86,0	90,1	89,0	0,305	4,31
Intestino Grosso	-69,1	-171	-143	-185	-120	0,124	32,09
Aparente Total	64,3	57,5	61,8	59,4	66,9	0,428	4,45
	Magnésio (g/dia)						
Consumo	26,1 ^a	25,8 ^a	24,7 ^a	24,4 ^a	14,4 ^b	<0,0001	1,16
Excreção Fecal	14,2 ^a	15,6 ^a	14,3 ^a	13,9 ^a	7,20 ^b	0,000	1,12
Excreção Urinaria	3,73	5,13	4,26	3,74	2,59	0,053	0,64
Retenção	12,1	5,85	7,10	7,39	6,82	0,101	2,07
	Quantidades absorvidas (g/dia)						
Rúmen	17,0 ^a	17,5 ^a	18,2 ^a	17,0 ^a	9,26 ^b	<0,0001	1,11
Intestino Delgado	-6,96	-6,50	-7,42	-4,80	-4,21	0,701	2,07
Intestino Grosso	1,78	-0,70	-0,37	-1,70	2,19	0,424	1,67
Aparente total	11,8	10,3	10,4	10,5	7,24	0,155	1,5
	Locais de absorção (%)						
Rúmen	65,5	68,2	73,3	69,6	63,8	0,282	3,26
Intestino Delgado	-96,4	-93,4	-115	-64,4	-88,3	0,747	32,71
Intestino Grosso	6,22	-10,5	-10,4	-15,1	13,6	0,447	13,37
Aparente Total	45,6	39,0	41,0	42,9	49,8	0,345	5,23

CMi = 100% suplementação de macro e microminerais, Csm = 100% suplementação de macrominerais sem adição de premix micromineral, SCm = 100% da suplementação de microminerais sem adição de calcário e fosfato bicálcico, SMi = sem suplementação de calcário, fosfato bicálcico e premix micromineral, MSMi = sem suplementação de calcário, fosfato bicálcico e premix micromineral à nível de manutenção.

Não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) nas absorções parciais e totais (%) para Na, K e Mg. As absorções aparentes médias para sódio, magnésio e potássio foram de 51,7; 62 e 43,7% resultantes de quantidades médias absorvidas de 8,3; 19,3 e 10 g/dia, respectivamente.

Os consumos e as excreções fecais de cobre, zinco e manganês foram maiores ($P < 0,05$) para as dietas suplementadas com esses minerais (CMi e SCm; Tabela 8). A absorção ruminal de cobre foi maior ($P < 0,05$) para a dieta SCm, quando expressa em mg/dia ou em percentagem. Sendo a absorção nos intestinos, expressa em mg/dia, maiores ($P < 0,05$) para a dieta CMi. Quando expressas em percentagem, a absorção no intestino grosso foi menor ($P < 0,05$) para dieta SCm. A absorção aparente total em mg/dia foi maior ($P < 0,05$) para as dietas com suplementação de microminerais (CMi e SCm). Quando expressas em percentagem, a absorção aparente total foi menor ($P < 0,05$) para as dietas CSm, e MSMi.

A absorção ruminal de zinco e aparente total foram maiores ($P < 0,05$) para as dietas CMi e SCm, expressas em mg/dia ou em percentagem. A absorção de zinco no intestino delgado, expressa em mg/dia, foi maior ($P < 0,05$) para a dieta SCm. As dietas CSm e SMi, possuíram maior ($P < 0,05$) absorção de zinco no intestino grosso, quando expressas em mg/dia ou percentagem.

A dieta SCm apresentou maior ($P < 0,05$) absorção ruminal de manganês quando expressa em mg/dia ou percentagem. Já no intestino delgado, a dieta CMi apresentou maior absorção ($P < 0,05$). As dietas CMi e SCm apresentaram maior ($P < 0,05$) absorção aparente total.

Tabela 8 – Efeito da suplementação mineral sobre os consumos e disponibilidades aparentes de cobre, zinco e manganês.

Itens	Dietas					Valor-P	EPM
	CMi	CSm	SCm	SMi	MSMi		
Cobre (mg/dia)							
Consumo	218 ^a	43,0 ^b	212 ^a	40,6 ^b	23,2 ^c	<0,0001	5,76
Excreção Fecal	88,4 ^a	26,7 ^b	81,9 ^a	18,7 ^{bc}	13,0 ^c	<0,0001	3,84
Excreção Urinaria							
Retenção	130 ^a	16,4 ^b	130 ^a	21,9 ^b	10,1 ^b	<0,0001	5,91
Quantidades absorvidas (mg/dia)							
Rúmen	52,6 ^b	6,93 ^c	119 ^a	8,08 ^c	2,29 ^c	<0,0001	6,92
Intestino Delgado	44,4 ^a	1,45 ^b	10,7 ^b	4,88 ^b	4,80 ^b	<0,0001	5,86
Intestino Grosso	33,9 ^a	7,96 ^b	1,64 ^b	8,99 ^b	3,01 ^b	<0,0001	3,37
Aparente total	131 ^a	16,4 ^b	131 ^a	21,9 ^b	10,1 ^b	<0,0001	5,92
Locais de absorção (%)							
Rúmen	23,4 ^b	15,5 ^{bc}	55,7 ^a	19,7 ^{bc}	9,41 ^c	<0,0001	3,90
Intestino Delgado	25,5	3,60	10,1	14,5	22,5	0,1033	6,01
Intestino Grosso	27,6 ^a	22,6 ^a	2,33 ^b	31,6 ^a	17,4 ^{ab}	0,0309	6,14
Aparente Total	59,8 ^a	38,2 ^b	61,2 ^a	54,0 ^a	44,2 ^b	0,0003	3,14
Zinco (mg/dia)							
Consumo	701 ^a	188 ^b	683 ^a	180 ^b	104 ^c	<0,0001	19,9
Excreção Fecal	326 ^a	132 ^b	305 ^a	118 ^b	87 ^c	<0,0001	8,02
Excreção Urinaria							
Retenção	374 ^a	56,2 ^b	377 ^a	62,4 ^b	17,6 ^b	<0,0001	21,7
Quantidades absorvidas (mg/dia)							
Rúmen	324 ^a	18,4 ^b	283 ^a	18,9 ^b	14,2 ^b	<0,0001	17,9
Intestino Delgado	45,2 ^b	-11,3 ^c	92,4 ^a	0,87 ^c	-6,01 ^c	<0,0001	11,2
Intestino Grosso	5,20 ^b	49,1 ^a	1,63 ^b	42,7 ^a	9,43 ^b	0,0003	6,82
Aparente total	374 ^a	56,2 ^b	377 ^a	62,4 ^b	17,6 ^b	<0,0001	21,7
Locais de absorção (%)							
Rúmen	46,1 ^a	8,45 ^b	41,2 ^a	10,2 ^b	3,56 ^b	<0,0001	3,56
Intestino Delgado	15,5 ^a	-6,70 ^b	22,2 ^a	0,14 ^b	-6,50 ^b	0,0001	3,99
Intestino Grosso	-3,82 ^c	27,3 ^a	-0,83 ^{bc}	26,7 ^a	9,15 ^b	<0,0001	4,07
Aparente Total	49,8 ^a	28,6 ^b	51,8 ^a	23,3 ^{bc}	9,61 ^c	0,0002	5,87
Manganês (mg/dia)							
Consumo	633 ^a	291 ^b	610 ^a	276 ^b	162 ^c	<0,0001	18,8
Excreção Fecal	309 ^a	199 ^c	255 ^b	179 ^c	130 ^d	<0,0001	12,5
Excreção Urinaria							
Retenção	324 ^a	91,8 ^b	354 ^a	96,9 ^b	31,2 ^c	<0,0001	20,98
Quantidades absorvidas (mg/dia)							
Rúmen	225 ^b	87,6 ^c	307 ^a	75,0 ^c	39,6 ^c	<0,0001	17,5
Intestino Delgado	88,3 ^a	3,35 ^b	14,1 ^b	6,96 ^b	-3,27 ^b	<0,0001	10,9
Intestino Grosso	10,6	0,92	32,4	14,9	-5,09	0,0645	9,67
Aparente total	324 ^a	91,8 ^b	354 ^a	96,9 ^b	31,2 ^c	<0,0001	20,98
Locais de absorção (%)							
Rúmen	35,3 ^b	29,9 ^{bc}	50,3 ^a	27,0 ^c	23,8 ^c	<0,0001	2,95
Intestino Delgado	21,3 ^a	2,53 ^b	4,39 ^b	3,05 ^b	-2,87 ^b	0,0105	4,14
Intestino Grosso	3,54 ^{ab}	-2,56 ^b	11,5 ^a	7,43 ^{ab}	-3,72 ^b	0,0479	4,26
Aparente Total	51,1 ^a	24,2 ^b	55,1 ^a	26,3 ^b	19,2 ^b	<0,0001	5,08

CMi = 100% suplementação de macro e microminerais, CSm = 100% suplementação de macrominerais sem adição de premix micromineral, SCm = 100% da suplementação de microminerais sem adição de calcário e fosfato bicálcico, SMi = sem suplementação de calcário, fosfato bicálcico e premix micromineral, MSMi = sem suplementação de calcário, fosfato bicálcico e premix micromineral à nível de manutenção.

Não houve efeito da suplementação mineral na composição das bactérias ($P > 0,05$; Tabela 9). Os consumos de matéria orgânica digerida (MOD) e de NDT e as quantidades de MODR_v foram menores ($P < 0,05$) para a dieta ofertada ao nível de manutenção (MSM_i) e não foram influenciados ($P > 0,05$) pela suplementação mineral.

A eficiência microbiana não foi afetada ($P > 0,05$) pela suplementação mineral, sendo obtido valor médio de 125,7 g de PB_{mic}/kg de NDT e de 136,5 g de PB_{mic}/kg de MOD. A quantidade de nitrogênio microbiano estimada pelos derivados de purina na urina foi em média 75,03 g/dia, valor próximo ao estimado pelas purinas absorvidas no omaso, 73,37 g/dia. Quando utilizadas as bases purinas no omaso como indicador microbiano, a dieta ofertada ao nível de manutenção apresentou a menor produção ($P < 0,05$) de nitrogênio microbiano. A relação entre a proteína microbiana e a proteína bruta ingerida foi em média 65,38%.

Tabela 9 – Efeito da suplementação mineral sobre a produção e a eficiência microbiana

Itens	Dietas					Valor-P	EPM
	CMi	CSm	SCm	SMi	MSMi		
	Consumo (kg/dia)						
NDT	3,92 ^a	3,88 ^a	4,08 ^a	4,18 ^a	2,45 ^b	<0,0001	0,26
MOD	3,71 ^a	3,59 ^a	3,77 ^a	3,68 ^a	2,34 ^b	0,009	0,29
MODRa	1,53	1,59	1,72	1,78	1,22	0,292	0,2
MODRv	2,42 ^a	2,46 ^a	2,46 ^a	2,64 ^a	1,65 ^b	0,046	0,21
	Composição (%)						
N-BAL	7,35	6,93	7,19	7,24	7,19	0,543	0,38
N-BAP	7,71	7,88	7,32	7,63	8,31	0,740	1,88
MO-BAL	76,3	74,0	78,2	74,3	77,8	0,238	0,02
MO-BAP	81,3	79,2	77,5	77,7	75,8	0,149	0,01
	Eficiências						
NDT (g PB/kg)	137	142	108	129	113	0,502	16,62
MOD (g PB/kg)	144	157	117	145	118	0,386	18,17
N-MOFRa (g N/kg)	58,6	60,6	43,9	49,1	36,7	0,303	8,62
N-MOFRv (g N/kg)	36,0	35,5	28,9	32,2	26,6	0,322	3,66
	g/dia						
Nmic (DP)	74,3	102	80,6	69,4	48,0	0,076	12,50
Nmic (RNA)	85,5 ^a	84,4 ^a	68,9 ^a	84,7 ^a	43,3 ^b	0,005	8,01
	Relação						
PBmic(RNA)/PBing	63,9	67,5	57,4	74,5	63,5	0,6303	0,07

CMi = 100% suplementação de macro e microminerais, CSm = 100% suplementação de macrominerais sem adição de premix micromineral, SCm = 100% da suplementação de microminerais sem adição de calcário e fosfato bicálcio, SMi = sem suplementação de calcário, fosfato bicálcico e premix micromineral, MSMi = sem suplementação de calcário, fosfato bicálcico e premix micromineral à nível de manutenção.

DISCUSSÃO

Consumo

A suplementação mineral não afetou o consumo dos nutrientes, como observado por Erickson et al. (1999), que trabalhando com cinco níveis de fósforo na dieta (0,14; 0,19; 0,24; 0,29 e 0,34% na matéria seca) e dois níveis de cálcio (0,35 e 0,70% na matéria seca) não observaram efeito no consumo e na eficiência de conversão dos animais. Prados (2012), trabalhando com três níveis: baixo = 38 e 86%; médio = 64 e 94%; normal = 89 e 102%, respectivamente, de cálcio e fósforo em porcentagem da

exigência do animal predita pelo BR CORTE (2010) não encontrou diferença as dietas para os consumos de MS, MO, PB, FDNcp, CNF e NDT.

Puggaard et al. (2013), trabalhando com vacas em lactação e três níveis de fósforo na dieta: baixo = 2,3g P/kg MS; médio = 2,8g P/kg MS e alto = 3,4 g/ kg MS, também não encontraram diferenças no consumo de matéria seca e na produção de leite ao final da lactação.

Diferenças no consumo foram apenas observadas para as dietas em que os animais foram submetidos a restrição alimentar (1,7% do PC).

A média do CMS em percentagem do peso corporal, referente às dietas com nível de alimentação ad libitum, foi de 2,7%. Pesquisas com bovinos alimentados com cana de açúcar apresentaram valores similares ao encontrado nesse estudo (Mariz et al., 2013; Rotta et al., 2014). Ressalta-se que o consumo é maior para animais de menor peso corporal. A ausência de efeito de dietas pode se explicar pela similaridade nos consumos de FDNi e de FDN indigerida.

Digestibilidade parcial e total

A ausência de suplementação de minerais não alterou a digestibilidade aparente total dos constituintes das dietas nos animais alimentados ad libitum. Desta forma, observa-se que a concentração dos minerais presentes na dieta utilizada neste experimento é suficiente para fornecer as quantidades necessárias para desenvolvimento dos microrganismos ruminais. O esqueleto contém grande quantidade de Ca e P e é um tecido metabolicamente ativo que sofre constante degradação e renovação (Delmas, 1993), podendo o animal utilizar estas reservas para manter a homeostase do mineral em curta duração de restrições

Prados (2012) não encontrou efeito dos diferentes níveis de cálcio e fósforo na digestibilidade dos nutrientes. Também Varner & Woods (1972), trabalhando com novilhos alimentados com quatro níveis de cálcio (0,20; 0,31; 0,41 e 0,50% na MS) e Goetsch & Owens (1985) trabalhando com quatro níveis de cálcio (0,25; 0,40; 0,48 e 1,11%) não observaram alteração na digestibilidade dos constituintes da dieta.

Para a MO, a digestibilidade aparente total encontrada foi em média de 68%, sendo que as médias parciais foram de 45,82% no rúmen, 13,4% no intestino delgado e 9,05% no intestino grosso. Portanto, 67% da matéria orgânica digerida foi degradada no rúmen. Os valores de digestibilidade ruminal e total estão próximos aos encontrados por Mariz et al. (2013) de 52,4 e 72,5%, respectivamente. Também Rotta et al. (2014) encontraram valores próximos de 76,6% para digestibilidade aparente total e 51,25% para a digestibilidade ruminal.

A digestibilidade aparente total da PB foi de 68,3% sendo que 11,1%; 41,7% e 12,4% foram digeridas, respectivamente, no rúmen, intestino delgado e intestino grosso. Assim, do total digerido, 61% da PB foi absorvida como aminoácidos no intestino delgado. O valor de digestibilidade aparente para PB foi próximo aos encontrados por Rotta et al. (2014) e Mariz et al. (2013) de 73,6 e 72,5%, respectivamente.

A digestibilidade ruminal negativa do extrato etéreo pode ser explicada pela síntese de ácidos graxos microbianos que ocorre no rúmen. Resultados semelhantes foram encontrados nos estudos de Rotta et al. (2014) que observaram valores para a digestibilidade ruminal de -35,35%. Da mesma forma, Mariz et al. (2013) encontraram valores negativos para a digestibilidade ruminal. A digestibilidade aparente total do EE foi de 62,6%, valor inferior aos encontrados por Rotta et al. (2014) e Mariz et al. (2013) de 81,9 e 81,2%, respectivamente.

O rúmen foi o principal local de digestão da FDN_{cp}, com valor médio de 34,5%, representando 80,4% da digestão aparente total da FDN_{cp}. Mariz et al. (2013) também encontraram valor similar para digestibilidade aparente total de 36,3%. Enquanto Rotta et al. (2014) encontraram 45,5% para digestibilidade aparente total e 44,9% para a ruminal.

A digestibilidade aparente total dos CNF foi de 90%, sendo que 73,7% dos CNF foram degradados no rúmen. O valor é próximo ao encontrado por Rotta et al. (2014), onde a digestibilidade aparente total foi de 91,3% e a ruminal de 77,50%. Resultado também foi semelhante ao encontrado por Mariz et al. (2013) de 90,9% para a digestibilidade total aparente e 82% para a ruminal.

O cálcio é absorvido principalmente no duodeno e jejuno por transporte ativo e difusão passiva (McDowell, 1992) e sua absorção é regulada pelo hormônio 1,25 dihidroxicolifecalciferol (Vitamina D₃), (DeLuca, 1979). Porém, no presente trabalho, também foi observada absorção ruminal de cálcio, sendo essa mais expressiva para as dietas com suplementação de calcário e fosfato bicálcico. Essas dietas forneciam maior aporte de cálcio, criando assim um gradiente de concentração desse mineral no rúmen, dessa forma, acredita-se que a absorção ruminal de cálcio no rúmen ocorra por meio de difusão passiva. Araújo et al. (1994), avaliando a disponibilidade total e parcial com vacas 7/8 Holandês x Zebu e cinco misturas de concentrado, encontraram expressivo valor de absorção ruminal de cálcio de 32,8% e absorção aparente total de 36,2%. Outros autores também observaram menor fluxo de cálcio no intestino delgado em relação a quantidade consumida, indicando assim absorção líquida de cálcio no rúmen e no retículo (Grace et al. 1974, Greene et al., 1983, Care et al., 1984; Yano et al. 1989). Na revisão realizada por Field (1983), o valor de absorção aparente total para o cálcio

variou de 33 a 68%, estando o valor encontrado no presente experimento de 40,8% dentro dessa faixa.

Os valores negativos encontrados para as absorções ruminais do Na, K e P podem ser explicados pelo processo de reciclagem via saliva (Figura 1). Em ruminantes, a saliva é composta de íons Na (339 meq/l), K (54,5 meq/l), Cl (52 meq/l), fosfato (70,2 meq/l) e bicarbonato (183,5 meq/l), sendo fundamental para reciclagem de alguns minerais e garantir a manutenção das condições ruminais principalmente como tampão (Kay, 1960). O fósforo é fundamental à síntese de proteínas microbianas e manutenção da microflora ruminal. Desta forma a reciclagem via saliva aumenta as quantidades de Na, K e P que chegam ao omaso, tornando a absorção negativa (Figura 2).

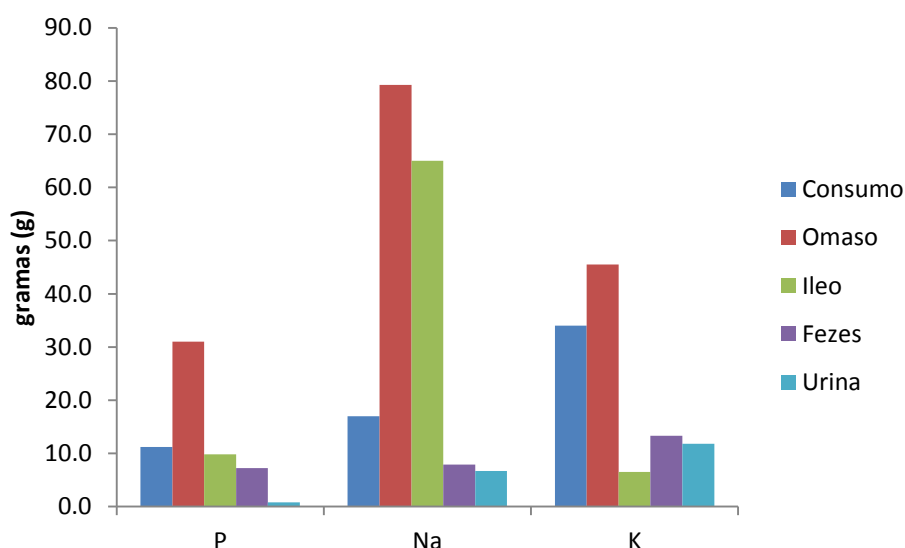


Figura 1 – Fluxos médios de P, Na e K no trato gastrointestinal obtidos para as dietas ofertadas à vontade.

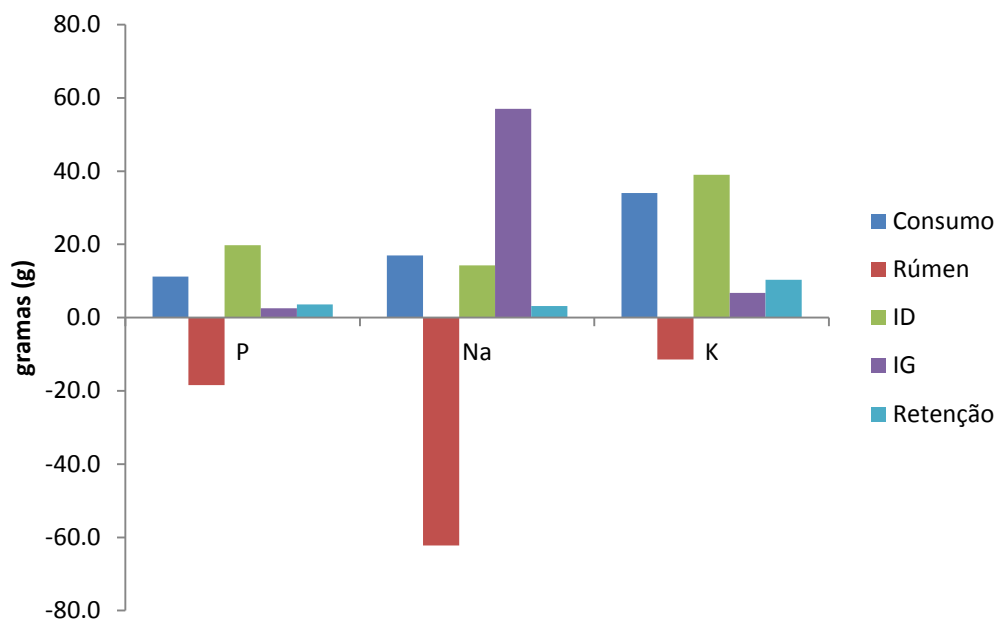


Figura 2 – Absorções médias de P, Na e K no trato gastrointestinal obtidas para as dietas ofertadas à vontade

Em média foram reciclados para o rúmen 23,3; 16,9; 18,8 e 14,7 g/dia (média de 18,4 g/dia) de P para as dietas CMi, CSm, SCm e SMi, respectivamente, indicando serem essas quantidades suficientes para fornecer o P solúvel necessário para o crescimento microbiano. Considerando que a produção de N microbiano não diferiu entre as dietas e que a matéria orgânica verdadeiramente digerida no rúmen foi em média de 2,50 kg, então a necessidade de P solúvel no rúmen é em média de 7,4g de P/kg de MODRv ($18,4/2,5$), ou 5g/kg de MOD. Considerando a produção média de N mic para as dietas ofertadas à vontade de 80,9g, e o teor médio de 7,4% de N na MS das bactérias (considerando as médias de BAL e BAP), então a síntese de MS microbiana seria de 1093g. Dividindo 18,4g de P em média por 1093, resulta em valor de 1,7% de P na MS microbiana, valor ligeiramente inferior aos 2 a 6% citados por Durand & Kawashima (1980) e superior aos valores de 0,9 a 1,2% de P para BAP e BAL, respectivamente, citados por Komisarczuk et al. (1987).

O principal local de absorção do P foi o ID, cuja média foi de 65,8%, equivalente a 19,8 g/dia, quantidade suficiente para manter a reciclagem de P salivar que foi em média de 18,4 g para as dietas ofertadas à vontade. A absorção de fósforo ocorre sob controle homeostático em nível intestinal, e é mediada pelo hormônio 1,25 dihidroxicolifecalCIFEROL (Vitamina D3). Greene et al. (1983) encontraram maior absorção de fósforo no intestino delgado, sendo que a absorção total média do fósforo foi de 33,6%. No estudo de VÉras et al. (2000), trabalhando com 25 bovinos Nelore e diferentes níveis de concentrado, a absorção aparente do fósforo foi de 37,3%, valor próximo ao encontrado no presente estudo.

Observa-se absorção média, em relação à quantidade de P que chegou ao intestino grosso de 25,55%. Dessa forma, fica evidente que ocorre absorção de fósforo no intestino grosso. Ray et al. (2013), trabalhando com vacas em lactação, e Park et al. (2002) e Greene et al. (1983) trabalhando com ovinos, também observaram desaparecimento de fósforo no intestino grosso.

O rúmen foi o principal local de absorção de Mg, correspondendo em média a 68% do Mg absorvido para todas as dietas. Martens et al. (1978) sugeriram que o mecanismo de absorção de magnésio pelo epitélio ruminal pode ser considerado processo de transporte ativo e que o rúmen é o local principal de absorção de magnésio. Da mesma forma, o NRC (2000) sugere o rúmen como principal local de absorção do magnésio em ruminantes. Greene et al. (1983) e Araujo et al. (1994) encontraram menor absorção no rúmen, com valor médio de 44% e 50,3% respectivamente. No trabalho de VÉras et al. (2000), foi obtida absorção aparente total para o magnésio de 39,6%.

O intestino grosso foi o principal local de absorção do sódio, apresentando média para as dietas oferecidas à vontade de 87,5% do Na que entrou no intestino grosso ou 57g. A absorção de sódio se dá de forma mais ativa na parte inferior do intestino, e o

Na dietético pode ser completamente absorvido, se estiver na forma livre. Greene et al. (1983) encontraram absorção média no intestino grosso de 5,8 g/dia ou 126%. O valor alto e positivo para absorção foi proporcionado pela reciclagem de sódio via saliva, fazendo com que maiores quantidades de sódio cheguem ao intestino e sejam absorvidas. Nessa pesquisa, em média para as dietas ofertadas à vontade 62,2g de Na foram recicladas via saliva.

O intestino delgado foi o principal local de absorção do potássio, com média de 84,9% do K que entrou nesse local, considerando as dietas ofertadas em consumo voluntário, equivalente a 39g/dia. Ressalta-se que o K também foi reciclado para o rúmen via saliva, obtendo-se em média, para as dietas ofertadas à vontade, o valor de 11,4g/dia. O potássio presente nos alimentos existe como íon simples, que normalmente é liberado para a matriz líquida no lúmen intestinal do trato digestivo, ficando prontamente disponível para a absorção (Emanuele & Staples, 1990; Ledoux & Martz, 1991). Greene et al. (1983) encontraram maior absorção de potássio no intestino delgado, com média de 56,6%. Vêras et al. (2000) encontraram absorção aparente média de 65,5%, valor próximo ao encontrado no presente estudo de 62%.

A absorção de cobre em ruminantes é considerada baixa (<1,0 – 10,0%) em relação aos valores descritos para monogástricos (Underwood and Suttle, 1999). Bezerros absorvem cerca de 70% do cobre presente na dieta, enquanto um bovino adulto absorve de 1 a 5% (NRC, 2001). Isso se deve, em grande parte, pelas complexas interações que ocorrem no ambiente ruminal.

No presente estudo, a absorção aparente total média das dietas com alimentação à vontade foi de 53,3%. Sendo que o tratamento SCm apresentou maior absorção ruminal de cobre, 119 mg/dia. O tratamento CMi apresentou absorção ruminal de 52,6 mg/dia, sendo esse valor 56% inferior ao do tratamento SCm. Diversos estudos

demonstraram que ocorre redução na absorção ruminal de cobre quando cálcio é adicionado a dieta (Kirchgeßner and Weser, 1965; Dick, 1954). Apesar da baixa absorção ruminal do tratamento CMi, ocorreu elevada absorção no intestino delgado (25,5%) e grosso (27,6%), sendo que a absorção aparente total das dietas CMi e SCm não diferiram estatisticamente.

Diversos fatores afetam a absorção de cobre em ruminantes, como a presença de molibdato e enxofre, que são capazes de interagir com o cobre formando tiomolibdatos. Um complexo insolúvel, que torna o cobre indisponível para absorção (Suttle, 1991). No experimento não foram feitas análises de molibdato e enxofre, assim como sua relação com a absorção do cobre. Segundo o NRC 2001, os requerimentos de cobre variam de 4-15 mg/kg MS dependendo da concentração de molibdato e enxofre na dieta.

A absorção aparente total de zinco modifica de acordo com a idade do animal. Bezerros pesando de 70 a 150kg a absorção de Zn chegou a 51% (Miller et al., 1968). No trabalho de Miller and Cragle (1965) com bovinos adultos, cerca de 12 a 14% do zinco dietético foi absorvido. Já Hansard et al. (1968) trabalhando com vacas adultas encontrou absorção aparente para o zinco de 22%. No presente estudo, a absorção aparente média para o zinco foi superior à encontrada na literatura, com média de 38,3%, sendo que as dietas com suplementação de Zn (CMi e SCm) apresentaram absorção aparente média de 50%.

Segundo Miller and Cragle (1965) a absorção de zinco ocorre principalmente no abomaso e intestino delgado. As dietas CMi e SCm, apresentaram elevada absorção ruminal, média de 43,7% do zinco que chegou ao rúmen foi absorvido. Já nas dietas CSm e SMi, média de 9,3% do zinco que chegou ao rúmen foi absorvido e também

observou-se elevada absorção de zinco no intestino grosso, média de 27%. Dessa forma, o intestino grosso também é um importante local de absorção de zinco.

Alguns trabalhos demonstraram haver redução na absorção de Zn, quando foi feita suplementação de cálcio na dieta (Mills et al., 1967; Perry et al., 1968). No presente estudo, as absorções de Zn das dietas CMi e SCm não diferiram, assim como a excreção fecal de Zn. Dessa forma, no presente estudo, não houve efeito da suplementação de cálcio sobre o metabolismo do zinco.

Poucos dados referentes ao manganês são encontrados na literatura, provavelmente pelo fato que a deficiência de manganês não é considerada grande problema em ruminantes (Hidiroglow, 1979). O coeficiente de absorção do manganês é de 1%, sendo o intestino delgado principal local de absorção do manganês (Sansom, 1978; Gibbons, 1976). A absorção aparente total encontrada no experimento foi em média 39,2%; sendo que as dietas CMi e SCm a absorção chegou a 53,1%.

No presente estudo 35,7% do Mn que chegou ao rúmen foi absorvido, sendo este o principal local de absorção do mineral. Há evidências que dietas com elevados teores de cálcio e fósforo aumentem os requerimentos de manganês (Hawkins et al., 1955; Dyer et al., 1964; Lassiter et al., 1972). A absorção ruminal da dieta SCm foi 15% superior à dieta CMi. No entanto, a absorção do tratamento CMi no intestino delgado foi de 21,3%; compensando assim a baixa absorção ruminal. Dessa forma, a absorção aparente total das dietas CMi e SCm não diferiram estatisticamente.

Nas Figuras 3, 4 e 5 pode-se observar a relação entre a absorção e o consumo de cobre, zinco e manganês. Através da relação pode-se observar as perdas endógenas de Cu, Zn e Mn de 0,03; 0,27 e 0,50 mg/PC/dia, respectivamente. Os valores obtidos para perda endógena de Cu foram superiores aos recomendados pelo ARC (1980) de 7,1 µg/kg PC. A perda endógena de Zn preconizada pelo NRC (2001) é de 0,033 mg/kg PC,

valor inferior ao encontrado neste trabalho. Não há dados precisos sobre perda endógena para o Mn, o NRC(2001) faz uma estimativa de <0,002 mg/kg PC para perda endógena, valor este bem abaixo do encontrado no presente estudo.

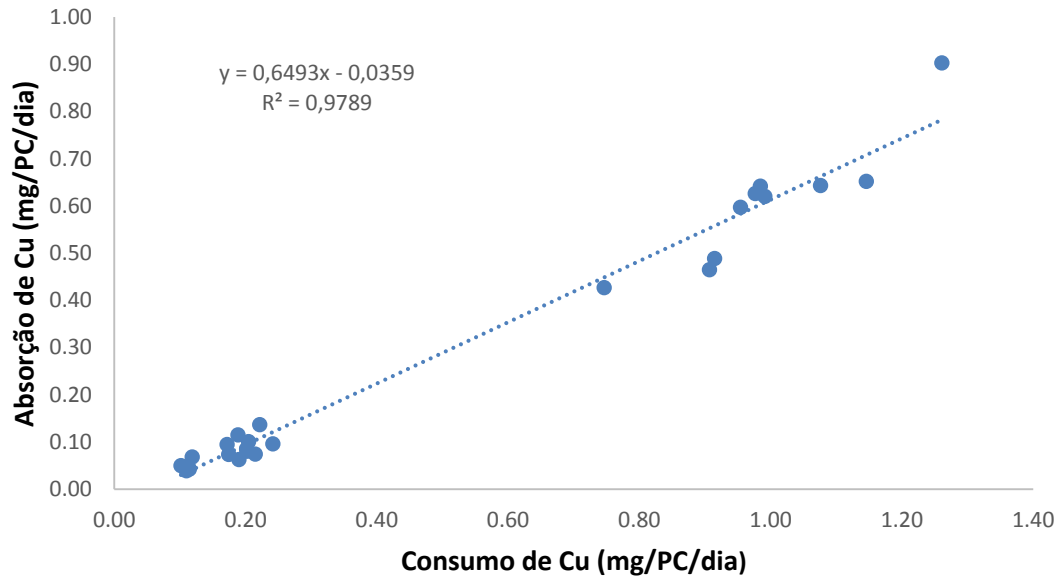


Figura 3 – Absorção de cobre em relação ao consumo desse em bovinos Nelore

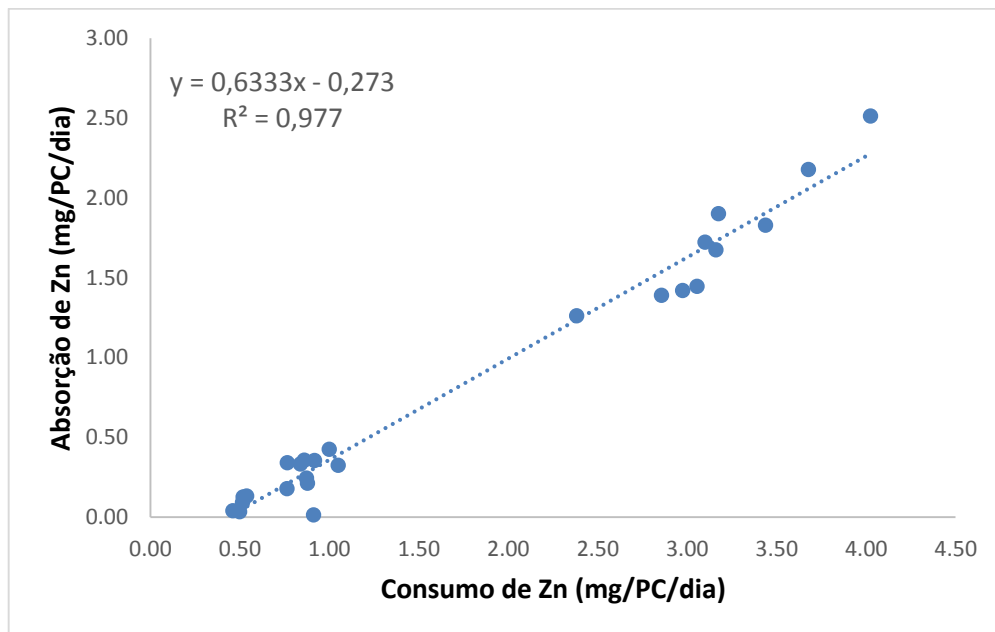


Figura 4 – Absorção de zinco em relação ao consumo desse em bovinos Nelore

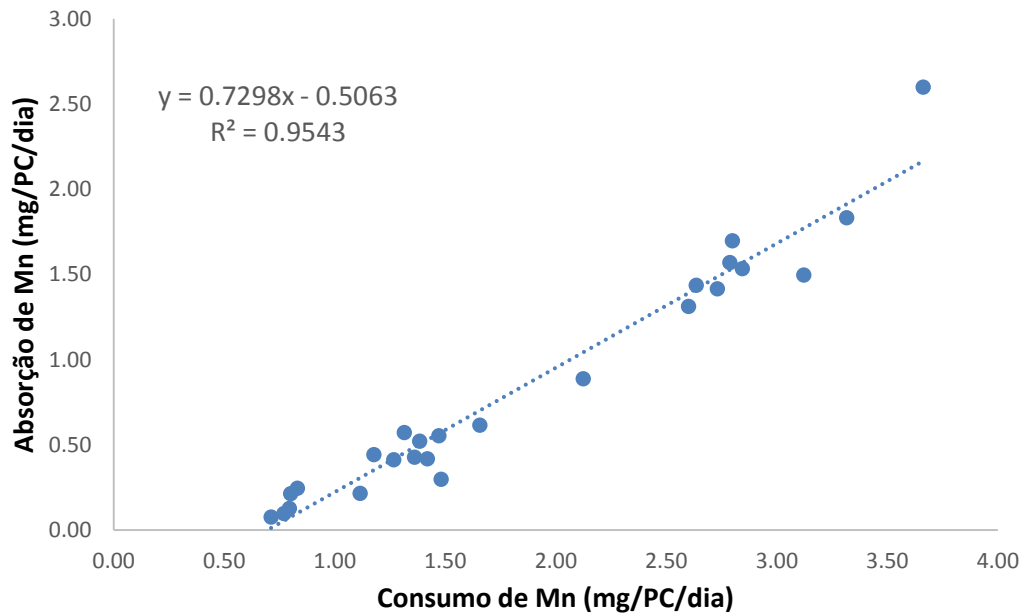


Figura 5 – Absorção de manganês em relação ao consumo desse em bovinos Nelore.

Segundo o NRC (2001) nas primeiras 4 semanas de vida de um bezerro, a absorção de cobre é de 60%. Com o desenvolvimento do rúmen, um bovino adulto absorve de 1 a 5% do cobre dietético. O valor de absorção verdadeiro encontrado para o Cu nesse experimento é muito superior, 64,9%.

Na revisão de literatura realizada pelo ARC (1980) para determinar o valor de eficiência de absorção do zinco concluiu que em pré-ruminantes a absorção é de 50%, em bovinos jovens a absorção é de 30% e em bovinos adultos 20% do zinco dietético é absorvido. No presente estudo, a absorção verdadeira encontrada para o zinco foi de 63%, valor muito superior ao adotado pelo ARC (1980) para bovinos jovens.

O NRC (2001) adota coeficiente de 0,75% para absorção do manganês, valor muito inferior frente ao encontrado no presente estudo de 72%.

As dietas SCm e SMi atenderam 47 e 73%, respectivamente, das exigências de cálcio e fósforo dos animais, sendo a última não suplementado com microminerais. Não houve diferença no consumo, na digestibilidade aparente total, e nas digestibilidades parciais dos constituintes da dieta. Prados (dados ainda não publicados) trabalhando

com animais Nelore em crescimento e terminação, recebendo as mesmas dietas deste experimento, não encontrou diferença significativa no desempenho dos animais e nas características de carcaça.

Animais alimentados com as dietas CMi e CSm que receberam 100% das exigências de cálcio e fósforo apresentaram maiores excreções destes minerais nas fezes. Os animais excretaram 56 e 25%, respectivamente, de cálcio e fósforo a mais quando comparados aos animais alimentados com as dietas SCm e SMi. Maior excreção de fósforo no meio ambiente tem grande impacto ambiental, sendo o fósforo um dos principais nutrientes envolvidos na eutrofização das águas, causando destruição da fauna e da flora de muitos ecossistemas aquáticos.

Observa-se que as excreções urinárias de Ca e P são muito pequenas, podendo dessa forma serem evitadas essas análises em amostras de urina. Contudo, observa-se que quantidades significativas de Na, K e Mg são excretadas na urina, tornando necessário essas avaliações para obter os coeficientes de retenção verdadeiros desses minerais.

Dessa forma, a exigência de cálcio e fósforo pode ser reduzida em 53 e 27% respectivamente, de acordo com as exigências estimadas pelo BR CORTE (2010), ou seja para 0,18% e 0,16% na base da MS total da dieta.

Eficiência Microbiana

Hoover & Sokes (1991) verificaram que a produção de proteína microbiana é diretamente proporcional à ingestão de proteína degradada no rúmen. Animais com consumo em nível de manutenção (dieta MSMi) receberam menor aporte de nutrientes, desta forma menor ingestão de proteína degradada no rúmen, o que resulta em menor

produção de proteína microbiana observada para a dieta MSMi, quando se utilizou a técnica das bases purinas no omaso.

Como a síntese microbiana não diferiu entre as dietas ofertadas à nível de alimentação ad libitum, pode-se sugerir que o aporte de minerais provindos dos alimentos foi suficiente para manter a produção microbiana, não havendo necessidade da suplementação adicional de calcário, fosfato bicálcico e microminerais.

O valor médio de eficiência microbiana foi de 125,7 g de Pmic/kg de NDT, valor próximo ao estimado pelo BR CORTE (Valadares Filho et al., 2010), de 120g de Pmic/kg de NDT. O valor médio de eficiência em relação a matéria orgânica digerida ingerida foi de 136,5 g de Pmic/kg de MOD.

Os valores encontrados para produção de N microbiano em relação à matéria orgânica digerida no rúmen aparente foram de 53,07g/kg, já em relação a matéria orgânica digerida no rúmen verdadeira foi de 33,2 para as dietas ofertadas à vontade. Rotta et al. (2014), comparando diferentes técnicas para quantificar a produção de nitrogênio microbiano, observou valor de Nmic em relação a MODRv de 29,1g/kg, valor próximo ao encontrado no presente estudo. Já em relação a MODRa, o valor encontrado por Rotta et al. (2014) de 28,3g/kg foi bastante inferior.

CONCLUSÃO

A suplementação mineral não altera os consumos e as digestibilidades aparentes totais dos constituintes das dietas, e conseqüentemente a ingestão de energia, assim os menores teores de cálcio e fósforo de 0,18 e 0,16% na MS total da dieta, respectivamente, são considerados adequados para bovinos em crescimento.

Considerando as dietas ofertadas à vontade, a reciclagem salivar líquida de fósforo para o rúmen foi em média de 18,4 g/dia, que corresponde a 7,4g de P/kg de

matéria orgânica verdadeiramente degradada no rúmen, e resulta no teor de 1,7% de P na matéria seca microbiana, sendo essa quantidade reciclada adequada para manter o crescimento microbiano.

O rúmen é o principal local de absorção de magnésio, enquanto ocorre reciclagem salivar líquida de Na e K para esse local. Os principais locais de absorção do P e do K são o intestino delgado, enquanto o Na é absorvido principalmente no intestino grosso.

A absorção verdadeira de cobre, zinco e manganês é de 65, 63 e 73%, respectivamente. Já as perdas endógenas líquidas são de 0,04; 0,27 e 0,50 mg/PC/dia, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. 1980. The nutrient requirements of ruminant Livestock. Slough, England: **Commonwealth Agricultural Bureaux**.
- ALLEN, M.S., LINTON, J.A.V. 2007. **In vivo methods to measure digestibility and digestion kinetics of feed fractions in the rumen**. In. RENNO, F.P., SILVA, L.F.P. (Eds.) Simpósio Internacional Avanços em Técnicas de Pesquisa em Nutrição de Ruminantes, Pirassununga. Anais, Pirassununga, p. 72-89.
- ARAÚJO, G. G. L., SILVA, J. F. C., VALADARES FILHO, S. C. et al. 1994. Absorções aparentes totais e parciais de cálcio, magnésio, fósforo e potássio pelas vacas lactantes. **Rev. Bras. Zootec.** v.23, p.773-781
- BARBOSA, A. M., VALADARES, R. F. D., VALADARES FILHO, S. C. et al. 2011. Endogenous fraction and urinary recovery of purine derivatives obtained by different methods in Nellore cattle. **J. Anim. Sci.** v.89, p.510-519.
- BAUCHART, D., LEGAY-CARMIER-CARMIER, F., DOREAU, M. et al.1986. Effects of the addition of non-protected fat in rations for milk cows over the

concentration and chemical composition of rumen bacteria and protozoa. **Reprod. Nutr. Dev.** v.26, p.309-310.

BENCHAAR, C., BAYOURTHE, C., VERNAY, M. et al. 1995. Composition chimique des bacteries libres ou adherents au contenu du rumen et du duodenum chez la vache (Chemical composition of free or attached bacteria from rumen or duodenum contents of cows). **Ann. Zootech.** v.44, p.139

BR-CORTE. 2010. Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados. 2nd ed. Suprema. http://cqbal.agropecuaria.ws/webcqbal/brcorte/brcorte2010_eng.php

CARE, A.D., BEARDSWORTH, P.M.; BREVES, G. 1984. The absorption of calcium and phosphate from the rumen. **Acta. Vet. Scand.** [suppl] v.86, p.152-158

CHEN, X.B., GOMES, M.J. 1992. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives- an overview of technical details. International Feed Research unit. Rowett Research Institute. Aberdeen, UK.(Occasional publication). 21p.

CRAIG, W.M., BROWM, D.R., BRODERICK, G.A. et al. 1987. Post-prandial compositional changes of fluid- and particle-associated ruminal microorganisms. **J. Anim. Sci.** v.65, p.1042-1048.

DELMAS, P.D. 1993. Biochemical Markers of Bone Turnover. **J. Bone Miner. Res** 8, S549-S555

DeLUCA, H.F. 1979. The vitamin D system in the regulation of calcium and phosphorus metabolism. **Nutrition Reviews**, v.37, p.161-193.

DETMANN, E. SOUZA, M. A., VALADARES FILHO, S. C. et al. 2012. **Métodos para Análise de Alimentos.** 214p.

DETMANN, E. E VALADARES FILHO, S.C. 2010. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.** v.62, p. 980-984.

DICK, A. T. 1954. Studies on the assimilation and storage of copper in crossbred sheep. **Aust. J. Agric. Res.** 5:511

DURAND, M. AND KAWASHIMA, R. 1980. **Influence of minerals in rumen microbial digestion.** In: Ruckebusch, Y. and Thivend, p. (eds). Digestive

physiology and Metabolism in Ruminants. MTP Press, Lancaster, UK, pp. 375-408.

DURAND, M., AND S. KOMIZARCZUK, 1988. Influence of major minerals on rumen microbiota. **J. Nutr.** v.118, p.249-260

DYER, I. A., AND M. A. ROJAS. 1965. Manganese requirements and functions in cattle. **J. Am. Vet. Med. Assoc.** 147: 1393-1396.

EMANUELE, S.M., STAPLES, C.R. Ruminal release of minerals from six forage species. **J. Anim. Sci.**, v.68, n.7, p.2052-2060, 1990.

ERICKSON, G.E., KLOPFENSTEIN, T.J., MILTON, C.T. 1999. Effect of dietary phosphorus on finishing steer performance, bone status and carcass maturity. **J. Anim. Sci.** v.77, p. 2832-2836.

FIELD, A. C. 1983 A review of requirements of dairy and beef cattle for major elements. **Livest. Prod. Sci.**, Amsterdam v.10, n.4, p.327-338.

FRANCE, J. & SIDDON, R.C. 1996. Determination of digesta flow by continuous marker infusion. **Journal of Theoriology Biology.** v.121, p.105-120.

FUJIHARA, T., ØRSKOV, E.R., REEDS, P.J. et al. 1987. The effect of protein infusion on urinary excretion of purine derivatives in ruminants nourished by intragastric nutrition. **J. Agric. Sci.** v.109, p.7-12.

GEORGE, S.K., DIPU, M.T., MEHA, U.R; ET AL. 2005. Improved HPLC method for the simultaneous determination of allantoin, uric acid and creatinine in cattle urine. **Journal of Cromatography.** v.832, p.134-137.

GIBBONS, R. A., S. N. DIXON, K. HALLIS ET AL. 1976. Manganese Metabolism in cows and goats. **Biochim. Biophys. Acta.** 444(1):1-10.

GOETSCH, A.L. & OWENS, F.N. 1985. Effects of calcium source and level on site of digestion and calcium levels in the digestive tract of cattle fed high-concentrate diets. **J. Anim. Sci.** v.61, p.995-1003.

GONZALES, J., ARROYO, J.M., OUARTI, M. et al. 2012. Composition of free and adherent ruminal bacteria inaccuracy of the microbial nutrient supply estimates obtained using free bacteria as reference samples and ¹⁵N as the marker. **Animal.** v.6, p.468-475

- GRACE, N.D., M. J. WYATT AND J.C. MACRAE. 1974. Quantitative digestion of fresh herbage by sheep. III. The movement of Mg, Ca, P, K and Na in the digestive tract. **J. Agr. Sci. (Camb.)** v.82, p.321.
- GREENE, L. W., J. P. FONTENOT AND K. E. WEBB, JR. 1983. Site of magnesium and other macromineral absorption in steers fed high levels of potassium. **J. Anim. Sci.** v.57, no.2, p.503-510.
- GREENE, L. W., WEBB K. E., FONTENOT J. P. 1983. Effect of potassium level on site of absorption of magnesium and other macroelements in sheep. **J. Anim. Sci.** v.56, p.1214-1221.
- HANSARD, S., A. MOHAMMED, AND J. TURNER. 1968. Gestation age effects upon maternal-fetal zinc utilization in the bovine. **J. Anim. Sci.** 27:1097-1102.
- HAWKINS, G. E., JR. G. H. WISE, G. MATRONE ET AL. 1955. Manganese in the nutrition of young dairy cattle fed different levels of calcium and phosphorus. **J. Dairy Sci.** 38:536-547.
- HIDROGLOW, M. 1979. Manganese in ruminant nutrition. **Can. J. Anim. Sci.** 59:217-236
- HOOVER, W.H., STOKES, S.R. 1998. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.1, p. 1405-1420.
- HUHTANEN, P., BROTZ, P.G., SATTER, L.D. 1997. Omasal sampling technique for assessing fermentative digestion in the forestomach of dairy cows. **J. Anim. Sci.** v.75, p.1380–1392.
- KAY, R. N. B. 1960. The rate of flow and composition of various salivary secretions in sheep and calves. **The Journal of Physiology**, 150, pp. 515-537
- KINCAID, R.L., RODEHUTSCORD, M., 2005. **Phosphorus metabolism in the rumen**. In: Pfeffer, E., Hristov, A.N. (Eds.), Nitrogen and Phosphorus Nutrition of Cattle. Reducing the Environmental Impact of Cattle Operations, CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 187-194
- KIRCHGESSNER, M., & U. WESER. 1965. Complex-stability and copper absorption. 4. On the dynamics of copper absorption. **Z. Tierphysiol Tiererenahr Futtermittelkd.** 20:44-49.

- KOMISARCZUK, S., DURAND, M., BEAUMATIN, P.H. et al. 1987. Utilization de l'azote ^{15}N pour la mesure de la proteosynthese microbienne dans les phases solide et liquid d'un fermenteur semi-continu (Rusitec) (Use of ^{15}N to measure the microbial protein synthesis in the solid and liquid phases of a semi continuous fermenter (Rusitec). **Reprod. Nutr. Dev.** v.27, p.261-262.
- KOMISARCZUK, S., DURAND, M., BEAUMATIN, PH. et al. 1987a. Effects of phosphorus deficiency on rumen microbial activity associated with the solid and the liquid phase of a fermentor (Rusitec). **Reproduction, Nutrition, Development.** v.27, p.907-919.
- KOMISARCZUK, S., R. J. MERRY, AND A. B. MCALLAN. 1987. Effect of different levels of phosphorus on rumen microbial fermentation and synthesis determined using a continous culture technique. **Br. J. Nutr.** v.57, p.279-290
- KRIZSAN, S.J., AHVENJÄRVI, S., VOLDEN, H. et al. 2010. Estimation of rumen outflow in dairy cows fed grass silage-based diets by use of reticular sampling as an alternative to sampling from the omasal. **Journal of Dairy Science**, v.9, p.1138–1147.
- LASSITER, J. W., W. J. MILLER, F. M. PATE AND R. P. GENTRY. 1972. Effect of dietary calcium and phosphorus on ^{54}Mn metabolism following a single tracer intraperitoneal and oral doses in rats. **Proc. Soc. Exp. Biol. Med.** 139:345-348.
- LEÃO, M.I. 2002. **Metodologias de coletas de digestas omasal e abomasal em novilhos submetidos a três níveis de ingestão: consumo, digestibilidade e produção microbiana.** Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. p.57.
- LEÃO, M.I., COELHO DA SILVA, J.F. Técnicas de fistulação de abomaso em bezerros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 1. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 17, 1980, Fortaleza, **Anais Fortaleza: SBZ**, 1980, p.37.
- LEDOUX, D.R.; MARTZ, F.A. 1991. Ruminal solubilization of selected macrominerals from forages and diets. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.5, p.1654-1661.
- MAROUNEK, M., D. DUSKOVÁ, AND V. SKRIVANOVÁ. 2003. Hydrolysis of phytic acid and its availability in rabbits. **Br. J. Nutr.** v.89, p.287-294

- MARTENS, H. J. HARMEYER AND H. MICHAEL. 1978. Magnesium transport by isolated rumen epithelium of sheep. **J. Vet. Sci.** 24:161
- MARYZ, L.D.S., VALADARES FILHO, DETMANN, E. et al. 2013. Intake and ruminal digestion determined using omasal and reticular digesta samples in cattle fed diets containing sugar cane in natura or ensiled sugar cane compared with maize silage. **Livest. Prod. Sci.**, v.155, p. 71-76.
- MATSUI, T., MURAKAMI, Y., YANO, H. et al. 1999. Phytate and phosphorus movements in the digestive tract of horses. **Equine Vet. J. Suppl.** v.30, p.505-507.
- MCDOUGALL, E.I. 1948. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. **Biochemical Journal**, v.43, p.99-109.
- McDOWELL, L.R. 1992. **Minerals in animal and human nutrition.** San Diego: Academic, 524p.
- MERRY, R.J., MCALLAN, A.B., 1983. A comparison of the chemical composition of mixed bacteria harvested from the liquid and solids fractions of rumen digesta. **Br. J. Nutr.** v.50, p.701-709.
- MILLER, J. K., AND R. G. CRAGLE. 1965. Gastrointestinal sites of absorption and endogenous secretion of zinc in dairy cattle. **J. Dairy Sci.** 48:370-373.
- MILLER, W. J., Y. G. MARTIN, R. P. GENTRY, AND D. M. BLACKMON. 1968. ⁶⁵Zn and stable zinc absorption, excretion and tissue concentrations as affected by type of diet and level of zinc in normal calves. **J. Nutr.** 94:391-401.
- MILLS, C. F., A. C. DALGARNO, R. B. WILLIAMS, AND J. QUARTERMAN. 1967. Zinc deficiency and zinc requirements of calves and lambs. **Br. J. Nutr.** 21:751-768.
- MUSCHEN, H., PETRI, A., BREVES, G. et al. 1988. Response of lactating goats to low phosphorus intake. 1. Milk-yield and fecal excretion of P and Ca. **J. Agric. Sci** v.111, p. 255-263
- NRC – National Research Council. **Nutrient Requirements of Beef Cattle.** updated 7th.ed. Washington, DC: National Academy Press, 2000. 242p.

- NRC – National Research Council. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. updated 7th.ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 408p.
- PARK, W. Y., T. MATSUI, and H. YANO. 2002. Post-ruminal phytate degradation in sheep. **Anim. Feed Sci. Technol.** 101:55-60
- PERRY, T. W., W. M. BEESON, W. H. SMITH, AND M. T. MOHLER. 1968. Value of zinc supplementation of natural rations for fattening beef cattle. **J. Anim. Sci.** 27:1674-1677.
- PRADOS, L.F. 2012. **Desempenho e exigências nutricionais de bovinos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de cálcio e fósforo**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa (dissertação de mestrado). 112p.
- PUGGAARD, L., LUND, P., LIESEGANG, A. et al. 2013. Long term effect of reduced dietary phosphorus on feed intake and milk yield in dry and lactating dairy cows. **Livest. Prod. Sci.** v.159, p.18-28.
- RAY, P. P., JARRETT, J., KNOWLTON, K. F. 2013. Effect of dietary phytate on phosphorus digestibility in dairy cows. **Journal of Dairy Science.** 96:1156-1163.
- REYNAL, S.M., BRODERICK, G.A.; BEARZI, C. 2005. Comparison of four markers for quantifying microbial protein flow from the rumen of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.88, p.4065-4082.
- RODRIGUEZ, C.A., GONZALES, J., ALVIR, M.R. et al. 2000. Composition of bacteria harvested from the liquid and solid fractions of the rumen of sheep as influenced by intake level. **Br. J. Nutr.** 84, 369-376.
- ROTTA, P.P., VALADARES FILHO, S.C., COSTA E SILVA, L.F. et al.2014. Comparison of purine bases and ¹⁵N for quantifying microbial nitrogen yield using three marker systems and different sampling sites in zebu cross breed bulls. **Livest. Prod. Sci.** v.167, p.144-153.
- ROTTA, P.P.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al.2014. Digesta sampling sites and marker methods for estimation of ruminal outflow in bulls fed different proportions of corn silage or sugarcane. **J. Anim. Sci.** v.92, p.2996-3006.

- SANSOM, B. F., H. W. SYMONDS, AND M. J. VAGG. 1978. The absorption of dietary manganese by dairy cows. **Res. Vet. Sci.** 24:366-369.
- SAS – Institute SAS/STAT software: changes and enhancements through release 6.12. Cary, Statistical Analysis System Institute, 1997. 1167p.
- SUTTLE, N. F. 1991. The interactions between copper, molybdenum and sulphur in ruminant nutrition. **Annual Review of Nutrition** 11:121-140.
- UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. 1999. **The mineral nutrition of livestock**. 3.ed. London. UK: CABI Publishing, 614p.
- UNDERWOOD, E. J. & SUTTLE, N. F. (1999). **The Mineral Nutrition of Livestock**, 3rd ed. CABI publishing, Oxon, U.K.
- USHIDA, K.; LASSALAS, B.; JOUANY, J.O. 1985. Determination of assay parameters for RNA analysis in bacterial and duodenal samples by spectrophotometry influence of samples treatment and preservation. **Rep. Nutr. Dev.** v.25, n.6, p.1037-1046.
- VALADARES FILHO, S. C., MARCONDES, M. I., PAULINO, P. V. R., et al. 2010. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados – BR CORTE**. 2 ed. Viçosa : UFV, Suprema Gráfica Ltda. 193p.
- VALADARES FILHO, S. C., PAULINO, P. V. R.; MAGALHÃES, K. A. 2006. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos – BR CORTE**. 1 ed. Viçosa : UFV, Suprema Gráfica Ltda. 142p.
- VALADARES FILHO, S. C., ROTTA, P. P., COSTA E SILVA, L. F. 2011. **Técnicas de coleta duodenal, abomasal, omasal e reticular na avaliação do fluxo ruminal**. In: III Simpósio Internacional Avanços em Técnicas de Pesquisa em Nutrição de Ruminantes. 3 ed. Pirassununga: USP, 5D Editora. 248p.
- VALENTE, T.N.P., DETMANN, E., VALADARES FILHO, S.C. et al. 2011. Avaliação dos teores de fibra em detergente neutro em forragens, concentrados e fezes bovinas moídas em diferentes tamanhos e em sacos de diferentes tecidos. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 40, p.1148-1154.
- VARNER, L.W. & WOODS, W. 1972. Calcium levels in high grain beef cattle rations. **J. Anim. Sci.** 35:415-417.

- VÉRAS, A.S.C., VALADARES FILHO, S.C.V., COELHO DA SILVA, J.F. et al. 2000. Consumo e digestibilidade aparente em bovinos Nelore, não-castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado. **Rev. Bras. Zootec.**, 29(6):2367-2378 (supl. 2).
- WILLIAMS, P. J., AND T. G. TAYLOR. 1985. A comparative study of phytate hydrolysis in the gastrointestinal tract of the golden hamster (*Mesocricetus auratus*) and the laboratory rat. **Br. J. Nutr.** v54, p.429-435
- YANO, F., YANO, H.; BREVES, G. 1989. **Calcium and phosphorus metabolism in ruminants.** 1989, Sendai. [S.I]: Academic Press, p.277.
- ZANETTI, D. 2014. **Exigências nutricionais, frequência de alimentação e níveis de cálcio e fósforo para bovinos holandês × zebu em confinamento.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa (dissertação de mestrado). 78p.