



**FABIANA OLIVEIRA CUNHA**

**BALANÇO NUTRICIONAL E GANHO DE PESO DE POTROS  
MANGALARGA MARCHADOR ALIMENTADOS COM CAPIM-  
ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*) E CONCENTRADOS COM  
DIFERENTES RELAÇÕES CA:P**

**LAVRAS - MG  
2019**

**FABIANA OLIVEIRA CUNHA**

**BALANÇO NUTRICIONAL E GANHO DE PESO DE POTROS MANGALARGA  
MARCHADOR ALIMENTADOS COM CAPIM-ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*) E  
CONCENTRADOS COM DIFERENTES RELAÇÕES CA:P**

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

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Raquel Silva de Moura

**Orientadora**

Pro<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adalgiza Souza Carneiro de Rezende

**Coorientadora**

**LAVRAS - MG  
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Cunha, Fabiana Oliveira.

Balanço nutricional e ganho de peso de potros Mangalarga  
Marchador alimentados com capim-elefante (*Pennisetum  
purpureum*) e concentrados com diferentes relações Ca:P / Fabiana  
Oliveira Cunha. - 2019.

64 p. : il.

Orientador(a): Raquel Silva de Moura.

Coorientador(a): Adalgiza Souza Carneiro de Rezende.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Equinos em crescimento. 2. Forrageiras Tropicais. 3.  
Oxalato. I. Moura, Raquel Silva de. II. Rezende, Adalgiza Souza  
Carneiro de. III. Título.

**FABIANA OLIVEIRA CUNHA**

**BALANÇO NUTRICIONAL E GANHO DE PESO DE POTROS MANGALARGA  
MARCHADOR ALIMENTADOS COM CAPIM-ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*) E  
CONCENTRADOS COM DIFERENTES RELAÇÕES CA:P**

**NUTRITIONAL BALANCE AND AVERAGE WEIGHT GAIN OF MANGALARGA  
MARCHADOR COLTS FED WITH ELEPHANT-GRASS (*Pennisetum purpureum*) AND  
CONCENTRATES WITH DIFFERENT RATIOS OF CALCIUM TO PHOSPHORUS**

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

APROVADA em 25 de outubro de 2019.

Dr. Carla Luiza da Silva Ávila, UFLA  
Dr. Joel Augusto Muniz, UFLA  
Dr. Rafael Henrique Prado Silva, Zootecnista autônomo

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Raquel Silva de Moura  
**Orientadora**

Pro<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adalgiza Souza Carneiro de Rezende  
**Coorientadora**

**LAVRAS - MG  
2019**

## AGRADECIMENTOS

À Deus por me dar discernimento e fortaleza.

À minha família, pelo incentivo.

Ao Felipe por seu companheirismo.

À Universidade Federal de Lavras, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Departamento de Medicina Veterinária e Hospital Veterinário da UFLA pelo apoio na pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por auxiliarem na pesquisa.

Ao Núcleo Mangalarga Marchador do Alto Rio Grande e ao Haras Elfar.

Aos professores Raquel Silva, Adalgiza Souza, Thiago Bernardes, Carla Luiza, Paulo Borges, Eloisa Saliba, Rodrigo Norberto, Antônio Carlos, Joel Muniz, José Camisão e Daniel Casagrande pela orientação e colaboração na execução da pesquisa.

Aos alunos de iniciação científica Gina, Victor, Alan e Lívia pela amizade e ajuda na coleta de dados.

Ao Núcleo de Estudos em Equideocultura (NEQUI) pela ajuda na construção do conhecimento.

Ao Alex Silveira, Débora Roque, Dayana Melo, Rafael Henrique, Gabriela Oliveira e Gabriela Pereira.

Ao Núcleo de Estudos em Forragicultura (NEFOR), em especial ao Bruno e Ítalo.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia.

E a todas as pessoas que ajudaram em minha formação.

**Muito Obrigada!**

## RESUMO

Objetivou-se avaliar o balanço nutricional e o ganho de peso de potros desmamados alimentados com capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e diferentes relações Ca:P na dieta. O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras com duração de 190 dias. Foram utilizados 16 potros machos Mangalarga Marchador, com idade inicial média de  $6,7 \pm 1,6$  meses e  $127,38 \pm 26,55$  kg de peso corporal. O delineamento experimental foi em blocos casualizados. As dietas experimentais foram compostas por capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e concentrado com diferentes relações Ca:P de 2:1 (tratamento A), 3:1 (tratamento B), 5:1 (tratamento C) e 6:1 (tratamento D). O concentrado foi fornecido às 8, 13 e 16:30 horas individualmente e a forragem *ad libitum* às 9 e 17:30 horas em cocho coletivo. Os potros foram semanalmente pesados em balança totalizando oito períodos de avaliação para obtenção do ganho de peso diário (GPD), e avaliados quanto ao escore de condição corporal (ECC). Foi realizado ensaio de digestibilidade e excreção fracionada de Ca (EFCa) e P (EFP) para avaliação do balanço mineral dos animais. Todas as variáveis foram submetidas à análise de variância e utilizado teste de Tukey a 5%. Não houve diferença significativa no GPD dos potros alimentados com diferentes relações de Ca:P na dieta ( $p > 0,05$ ) e não houve mudança de ECC. Não houve diferença significativa nas concentrações de Cálcio, Fósforo e Uréia no sangue e urina dos animais ( $p > 0,05$ ). Para valores de Ca, apesar de não haver diferença significativa, todos os tratamentos, exceto o D, apresentaram valores menores que o normal de Ca séricos em equinos (10,04 a 11,77 mg/dL). Os valores séricos de P apresentaram dentro dos valores normais (entre 3,73 e 4,78 mg/dL). Não houve diferença significativa na EFCa ( $p > 0,05$ ). A EFP foi diferente entre os tratamentos A e B. O tratamento de menor concentração de Ca (A=2:1) na dieta foi o que apresentou maior valor de EFP ( $5,09 \pm 1,54\%$ ), demonstrando a reação do organismo na tentativa de manter a homeostase desses minerais. Para digestibilidade aparente (DA) houve diferença estatística ( $p < 0,05$ ) apenas para os valores de DA de Matéria Seca (DAMS), Energia Bruta (DAEB) e Cálcio (DACa). A DAMS foi maior no tratamento A e menor no tratamento D. A DACa foi menor no tratamento D podendo estar relacionado a maiores concentrações de Ca na dieta desse tratamento. O tratamento de maior nível de Ca (tratamento D) a DAMS foi menor ( $12,67 \pm 4,43$ ). Nestas condições experimentais, não foi possível verificar a influência da mineralização sobre o GPD e ECC de potros alimentados com forrageira com a presença de oxalato. O fornecimento de dieta com relação Ca:P 3:1 para potros quando alimentados com capim elefante com concentração de oxalato de 2,51% e relação Ca:Oxalato 0,16 mantém a homeostase dos minerais Ca:P do organismo.

**Palavras-chave:** Equinos em crescimento. Forrageiras tropicais. Oxalato. Minerais. Nutrição animal

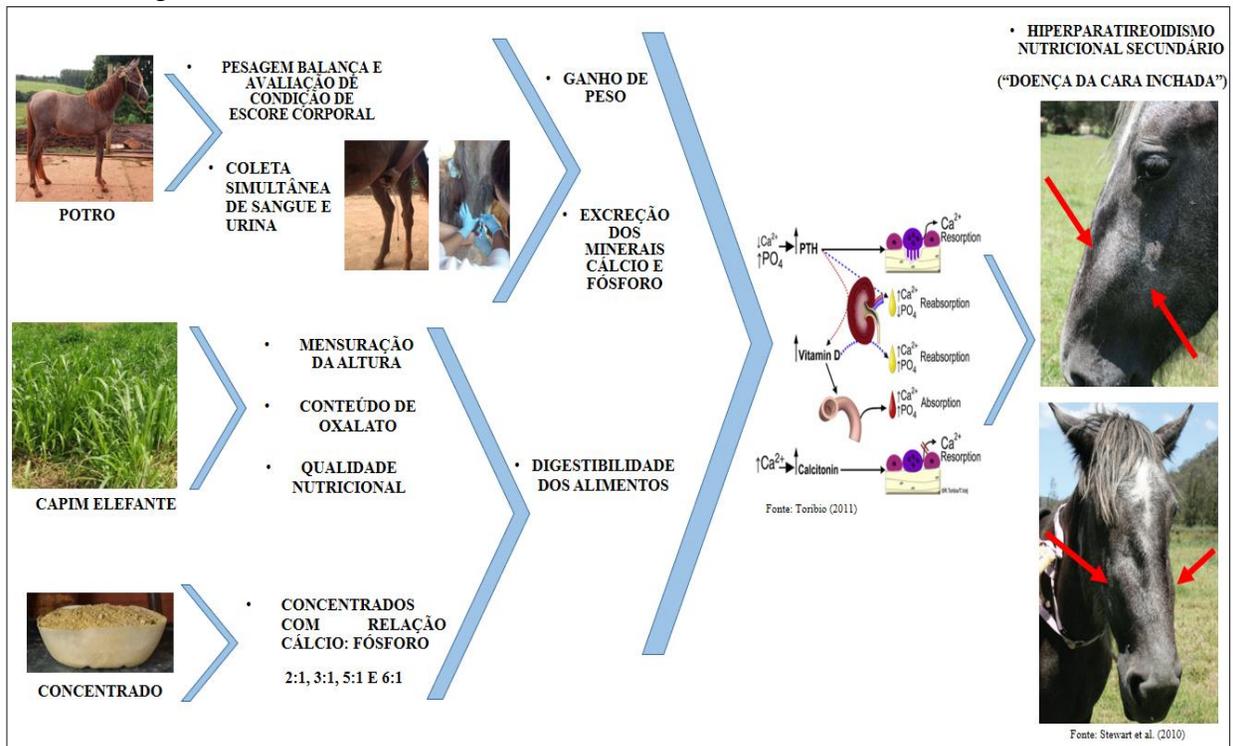
## ABSTRACT

Objective to evaluate the nutritional balance and weight gain of weaned foals fed with elephant grass (*Pennisetum purpureum*) and different Ca:P relations diet. The experiment was conducted at the Department of Animal Science of the Federal University of Lavras lasting 190 days. Sixteen male Mangalarga Marchador foals were used, with an average initial age of  $6,7 \pm 1,6$  months and  $127,38 \pm 26,55$  kg body weight. The experimental design was in blocks. The experimental diets were composed of elephant grass (*Pennisetum purpureum*) and concentrated with different Ca: P relations of 2:1 (treatment A), 3:1 (treatment B), 5:1 (treatment C) and 6:1 (treatment D) (duration 60 days). The concentrate was provided at 8, 13 and 16:30 hours, and forage *ad libitum* at 9 and 17:30 hours in the collective. The foals were weighed weekly on a balance totaling 8 periods assessment for daily weight gain (DWG), and calculated for body condition score (BCS). Ca (CaFE) and P (FEP) digestibility and excretion assay were performed to evaluate the mineral balance of animals. All variables were subjected to analysis of variance and Tukey test at 5%. There was no significant difference in DWG of foals fed different Ca: P ratios in the diet ( $p > 0,05$ ) and there was no change in BCS. There was no significant difference in the calcium, phosphorus and urea tests in the animals' blood and urine ( $p > 0,05$ ). For Ca values, although there is no significant difference, all values, except D, are below the normal Ca values in equine chemicals (10,04 to 11,77 mg / dL). Serum P values were within the normal range (between 3,73 and 4,78 mg / dL). There was no significant difference in CaFE ( $p > 0,05$ ). A FEP differed between treatments A and B. The treatment with the lower concentration of Ca (A = 2: 1) in the diet, showed the higher value of FEP ( $5,09 \pm 1,54.$ %). body's reaction in an attempt to maintain a homeostasis of these minerals. For apparent digestibility (AD) there was statistical difference ( $p < 0,05$ ) only for the values of AD of Dry Matter (ADDM), Crude Energy (ADCE) and Calcium (CaAD). ADDM was higher in treatment A and lower in treatment D. CaAD was lower in treatment D and may be related to higher levels of dietary Ca in this treatment. The highest Ca treatment (treatment D) at ADDM was lower ( $12,67 \pm 4,43$ ). These experimental conditions, it was not possible to verify the influence of mineralization on DWG and BCS of forage fed foals with oxalate. Dietary Ca: P ratio 3: 1 for foals fed elephant grass with 2.51% oxalate concentration and 0.16 Ca: Oxalate ratio maintains the body's homeostasis of Ca: P minerals.

**Keywords:** Horses in growth. Tropical forages. Oxalate. Minerals. Animal nutrition.

## RESUMO INTERPRETATIVO E RESUMO GRÁFICO

O conhecimento teórico-prático sobre nutrição de potros em crescimento fornece informações sobre o correto manejo nutricional para que, na idade adulta, o animal expresse seu desempenho potencial. O capim elefante é uma forrageira muito produtiva, utilizada na alimentação dos equinos, porém apresenta o fator anti-nutricional oxalato, o qual se sua relação com o cálcio (relação Ca:oxalato) for menor que 0,5, pode haver indisponibilidade deste mineral, afetando suas funções no organismo animal. Com a diminuição do cálcio, ocorre um desequilíbrio na relação cálcio:fósforo no organismo, consequentemente aumentando a produção de paratormônio. O paratormônio, para compensar esse desequilíbrio, atua reabsorvendo o cálcio dos ossos, provocando a doença denominada “cara inchada”, que é um aumento bilateral no volume dos ossos da face. É necessário que, antes de se fornecer os alimentos, estes devem estar em equilíbrio entre os nutrientes, levando em consideração fatores que possam reduzir a qualidade dessa dieta. No presente estudo, quando se fornece capim elefante com alta concentração de oxalato (2,33%) juntamente com concentrado com relação cálcio:fósforo de 2:1, 3:1, 5:1 e 6:1, observa-se que não houve diferença no ganho de peso dos animais em um período de 60 dias. Quando o concentrado apresenta relação Ca:P 2:1, ocasiona maior excreção fracionada de fósforo para manter a homeostase no organismo do animal. Já o fornecimento do concentrado com relação Ca:P de 6:1 diminui a digestibilidade da matéria seca da dieta.



**Resumo gráfico:** Pesagem e avaliação de escore corporal, coleta de sangue e urina de potros para análise de excreção mineral, coleta de altura e análise de oxalato na forrageira, concentrado com relação cálcio:fósforo 2:1, 3:1, 5:1 e 6:1.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Homeostase dos minerais cálcio e fósforo reguladas pelo paratormônio (PTH), calcitonina e vitamina D .....	20
Figura 2. Ordem de crescimento dos tecidos de acordo com a prioridade no organismo animal (crescimento alométrico).....	23
Figura 3. Manejo nutricional dos potros utilizados no experimento. Fornecimento individual de concentrado em unidade de serviço (à esquerda) e fornecimento da forragem em cocho coletivo (à direita) .....	39
Figura 4. Regiões zootécnicas utilizadas para avaliação de Escore de Condição Corporal (ECC) através de palpação.....	41
Figura 5. Colheita de urina (a esquerda) e sangue (a direita) para análise de excreção fracionada dos minerais Cálcio e Fósforo.....	44
Figura 6. Ganho de peso médio de potros desmamados da raça Mangalarga Marchador alimentados com capim elefante e concentrado com diferentes relações Ca:P.....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teor em porcentagem (%) de cálcio (Ca), fósforo (P), oxalato e relação cálcio/oxalato de forrageiras utilizadas para equinos .....	17
Tabela 2. Conteúdo de oxalato solúvel (%MS) em partes da planta de algumas espécies de forragem. ....	18
Tabela 3 Composição do concentrado da dieta experimental .....	38
Tabela 4. Composição da forragem capim elefante, dos concentrados dos tratamentos A, B, C e D e do núcleo utilizados na dieta experimental .....	39
Tabela 5. Composição núcleo para equinos KROMIUM® Industrial DSM .....	40
Tabela 6. Concentração de Cálcio (Ca), Fósforo (P), Creatinina e Uréia no sangue de potros alimentados com diferentes relações Ca:P na dieta .....	45
Tabela 7. Excreção Fracionada de Cálcio (Ca) e Fósforo (P) de potros alimentados com diferentes relações Ca:P na dieta .....	47
Tabela 8. Concentração de Cálcio (Ca), Fósforo (P), Creatinina e Uréia na urina de potros alimentados com diferentes relações Ca:P na dieta .....	49
Tabela 9. Consumo médio da forragem e consumo total (em Kg MS/dia) e % do peso corporal consumido de Matéria Seca.....	50
Tabela 10. Coeficiente de Digestibilidade Aparente, em %, da MS, PB, EB, MM, Ca, P, FDN e FDA de potros alimentados com diferentes relações Ca:P na dieta.....	51
Tabela 11. Ganho de peso diário (Kg) de potros alimentados com diferentes relações Ca:P na dieta .....	53
Tabela 12. Ganho de peso diário médio (Kg) de potros alimentados com diferentes relações Ca:P na dieta nos diferentes períodos de avaliação .....	54
Tabela 13. Dados meteorológicos da cidade de Lavras-MG durante o período experimental no ano de 2017 .....	55
Tabela 14. Interação entre as diferentes relações Ca:P e os períodos de avaliação sobre o ganho de peso diário (Kg) de potros Mangalarga Marchador .....	56
Tabela 15. Peso e escore de condição corporal inicial e final dos animais utilizados no experimento .....	58

## LISTA DE SIGLAS

ABCCMM	Associação Brasileira dos Criadores de Cavalo Mangalarga Marchador
m	Metros
Ca	Cálcio
P	Fósforo
HNS	Hiperparatireoidismo Nutricional Secundário
AGV's	Ácidos Graxos Voláteis
PTH	Paratormônio
OF	Osteodistrofia Fibrosa
NRC	National Research Council
SetEqui	Setor de Equideocultura
ECC	Escore de Condição Corporal
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
A	Tratamento com relação Ca:P 2:1
B	Tratamento com relação Ca:P 3:1
C	Tratamento com relação Ca:P 5:1
D	Tratamento com relação Ca:P 6:1
EFCa	Excreção Fracionada de Cálcio
EFP	Excreção Fracionada de Fósforo
EF	Excreção Fracionada
EE	Extrato etéreo
GP	Ganho de Peso
GPD	Ganho de Peso Diário
MM	Matéria mineral
MS	Matéria Seca
PB	Proteína bruta
FDN	Fibra em Detergente Neutro
FDA	Fibra em Detergente Ácido
PC	Peso Corporal
DZO	Departamento de Zootecnia
DA	Coeficiente de Digestibilidade Aparente
DIV	Digestibilidade <i>in vitro</i>
PF	Produção Fecal
FOS	Frutooligossacarídeos

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I: REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
1.    A IMPORTÂNCIA SOCIAL E ECONÔMICA DA EQUIDECULTURA E DO MANGALARGA MARCHADOR NO BRASIL .....	14
2.    SISTEMA BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE EQUINOS E USO DE FORRAGEIRAS TROPICAIS NA NUTRIÇÃO EQUINA .....	15
3.    HIPERPARATIREOIDISMO NUTRICIONAL SECUNDÁRIO EM EQUINOS... 19	
4.    NUTRIÇÃO MINERAL PARA POTROS .....	22
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>24</b>
<b>CAPÍTULO II: BALANÇO NUTRICIONAL E GANHO DE PESO DE POTROS MANGALARGA MARCHADOR ALIMENTADOS COM CAPIM-ELEFANTE (<i>Pennisetum purpureum</i>) E CONCENTRADOS COM DIFERENTES RELAÇÕES CA:P.....</b>	<b>35</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>35</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>35</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>37</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>59</b>

## INTRODUÇÃO

Os equinos são herbívoros não ruminantes e sua demanda nutricional pode ser suprida parcialmente ou totalmente pela ingestão de gramíneas, pois são a base de sua alimentação. Contudo, é necessário o fornecimento aos animais, de dietas que sejam baseadas em forragens de boa qualidade. No Sistema Brasileiro de Produção de Equinos, umas das forrageiras utilizadas no manejo nutricional é o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), a qual é uma gramínea tropical de elevada produtividade (30 toneladas de matéria seca por hectare por ano), fornecida nos períodos de escassez de pasto aos equinos na forma principalmente cortada e também podendo ser utilizada na forma de silagem e pastejo direto (BRANDI e FURTADO, 2009; VILELA et al., 2016; SILVA, 2014; CARVALHO e HADDAD, 1987). Como muitas forrageiras tropicais, o capim elefante apresenta o oxalato, fator antinutricional que indisponibiliza o mineral cálcio e que pode predispor os animais ao Hiperparatireoidismo Nutricional Secundário, enfermidade popularmente conhecido como “doença da cara inchada” (SMITHA PATEL, ALANGUDAGI e SALAKINKOP, 2013; DAHER et al., 2017; REZENDE, SILVA e INÁCIO, 2015; RAHMAN & KAWAMURA, 2011; CARVALHO e HADDAD, 1987).

Vários fatores influenciam nos níveis de oxalato presentes nas plantas, dentre eles estão o manejo, a espécie forrageira, as práticas de colheita, fatores climáticos e genéticos. Para animais não ruminantes, são aceitáveis níveis de oxalato menores que 0,5% e relação Ca:oxalato maior que 0,5:1, sendo que a relação Ca:oxalato é mais importante do que a porcentagem de oxalato (RAHMAN, ABDULLAH e KHADIJAH, 2012; BLANEY, GARTNER e McKENZIE, 1981).

Existem diversos métodos de se realizar avaliações nutricionais dos animais, dentre eles, tem-se a avaliação do balanço mineral em equinos, que avalia principalmente os minerais Ca e P, realizada a partir de testes de excreção fracionada de eletrólitos, com coleta de urina e soro sanguíneo para análises, a qual é mensurada como relação de *clearance* de creatinina, produto de excreção do metabolismo de creatina. (FRAPE, 2015). Em condições controladas o teste de excreção fracionada de minerais fornece uma avaliação importante sobre a função renal dos mesmos e permite a realização de interpretação fisiológica e clínica do animal (LEFEBVRE et al., 2008).

O equilíbrio de minerais na dieta de potros deve ser estudado principalmente quando existe a presença de fatores antinutricionais, como o oxalato, que pode causar prejuízos no desenvolvimento dos animais. Pesquisas são necessárias para avaliar a interação da condição nutricional e do balanço mineral de equinos quando alimentados com forrageiras tropicais e permitir o aprimoramento na formulação de dietas para equinos criados no Brasil.

Desta forma, objetivou-se avaliar o desenvolvimento ponderal em peso corporal (PC), escore de condição corporal (ECC) e o balanço nutricional de potros desmamados alimentados com dietas compostas por capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e concentrados balanceados com diferentes relações Ca:P.

## **CAPÍTULO I: REVISÃO DE LITERATURA**

### **1. A IMPORTÂNCIA SOCIAL E ECONÔMICA DA EQUIDEOCULTURA E DO MANGALARGA MARCHADOR NO BRASIL**

A equinocultura gera uma renda nacional de R\$ 16,15 bilhões, promove mais de 607 mil empregos diretos e 2.429.316 empregos indiretos (LIMA E CINTRA, 2016). De acordo com o Censo Agropecuário, o número de equinos no Brasil é de 5 milhões de cabeças, sendo Minas Gerais o principal estado criador de equinos, seguido do Rio Grande do Sul e Bahia. A raça nacional com maior número de animais é o Mangalarga Marchador, raça de origem na região sul do estado de Minas Gerais, com um total de 600 mil animais registrados. A Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Mangalarga Marchador (ABCCMM) congrega mais de 15 mil associados e realiza cerca de 240 eventos nos estados brasileiros. Esses dados demonstram a relevância da equideocultura no país, principalmente em relação ao mercado de rações, medicamentos veterinários, ferrageamento, esportes, lazer, equoterapia, comércio internacional de cavalos vivos, entre outros (LIMA E CINTRA, 2016; ABCCMM, 2019).

Vieira et al. (2015) em pesquisa sobre a caracterização da equideocultura no estado de Minas Gerais, concluiu que há uma diminuição do rebanho de equídeos. Apesar disso, o uso do cavalo no lazer, no esporte amador e profissional está em crescente expansão, sendo o principal uso do cavalo para auxílio na pecuária. Além disso, a criação do equinos no estado promove

benefícios sociais e econômicos, uma vez que, os criatórios movimentam cerca de 469 milhões de reais por ano e empregam 86 mil pessoas, promovendo grande número de eventos que tem ligação com a rede de restaurantes, bares e hotelarias gerando oportunidades de empregos (VIEIRA, 2011).

Diante da importância econômica que os equinos representam para o agronegócio, fazem-se necessários estudos para melhoria na criação, principalmente relacionadas ao manejo nutricional, que constitui a maior parte do custo de produção da propriedade rural e interfere diretamente no crescimento do animal.

## **2. SISTEMA BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE EQUINOS E USO DE FORRAGEIRAS TROPICAIS NA NUTRIÇÃO EQUINA**

Os equinos são classificados como herbívoros não-ruminantes com a região ceco-cólica bastante desenvolvidas, onde ocorre produção de Ácido Graxos Voláteis (AGV's) da sua demanda energética nutricional através do consumo de forrageiras. A fibra do alimento mantém a fermentação microbiana no trato digestivo dos equinos e quando esta não é fornecida em níveis adequados e associada a elevado nível de amido, podem deprimir a fermentação. Portanto, é recomendado o fornecimento de dietas baseadas em forrageiras de boa qualidade e fonte de fibra com alta disponibilidade de energia (BRANDI & FURTADO, 2009; NRC, 2007). A fibra da dieta também promove efeito psicológico da saciedade e produção de  $\beta$ -endorfinas no momento em que ocorre mastigação, além de produzir energia e prevenir a proliferação de bactérias patogênicas no processo da fermentação (BRAGA, ARAÚJO e LEITE, 2008). O capim é o alimento natural do cavalo e as forragens devem ser sempre valorizadas, principalmente as gramíneas, visto que em condições à pasto, cavalos pastejam cerca de 10 a 17 horas diariamente (CINTRA, 2016; NRC, 2007).

O sistema brasileiro de produção de equinos é um sistema de criação baseado na divisão da propriedade em piquetes com instalações adequadas para suplementação dos animais a campo, formação de pastagens adequadas para equinos e produção e fornecimento de suplementação volumosa no período seco. Esse sistema prioriza o uso de alimentos regionais, pois considera que o Brasil possui condições favoráveis como clima e vastas extensões de terras para criação de equinos a campo e elevada produção de forrageiras. Dentre as forrageiras utilizadas, tem-se o

capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), forrageira tropical de elevada produtividade, que é bastante utilizado em haras como forrageira destinada ao corte principalmente nos períodos de escassez de pasto (CARVALHO e HADDAD, 1987). O capim elefante (*Pennisetum purpureum*) pertence à família Poaceae e gênero *Pennisetum*. É uma gramínea de origem Africana, com hábito de crescimento cespitoso, perene, rústica, de elevado potencial produtivo, alta taxa de crescimento e de valor nutritivo e pode ser utilizado tanto na forma de capineira como para ensilagem e pastejo direto (DAHER et al., 2017; LIMA et al., 2008; EVANGELISTA e ROCHA, 1998; VILELA et al., 2016, SILVA, 2014). Produz até 30 toneladas de matéria seca por hectare por ano e possui baixa incidência de pragas e doenças comparada a outras espécies (VILELA et al., 2016). A produção de folhas do capim-elefante é bastante elevada e se torna estável quando o dossel atinge 1,41 m durante o verão e 1,84 m durante o inverno, contudo, a produção de colmo aumenta continuamente até o dossel atingir 2,60 m (ALVES, 2017). O fornecimento do capim aos equinos é na forma de folhas frescas inteira ou picada. O capim quando fornecido aos equinos cortado, com altura maior que 2,5 m possui baixa digestibilidade do seu talo, podendo causar cólicas, já com altura menor que 1,5 m pode causar quadros de diarreia. A altura ideal de corte para fornecimento aos animais é de 1,5 a 2,5 m de altura (CINTRA, 2016).

Várias forrageiras tropicais, assim como o capim-elefante, contém o fator anti-nutricional oxalato (SMITHA PATEL, ALANGUDAGI e SALAKINKOP, 2013). Fatores anti-nutricionais são substâncias presentes nos alimentos que interferem na utilização dos nutrientes e exercem efeito contrário ao ótimo da nutrição, podendo produzir efeitos adversos (CHEEKE e SHULL, 1985; AKANDE e FABIYI, 2010). O oxalato é um fator anti-nutricional que indisponibiliza para o animal o mineral cálcio. Algumas das forrageiras utilizadas na alimentação de equinos possuem altos teores de oxalato. Observa-se na Tabela 1 as concentrações dos minerais cálcio (Ca) e fósforo (P) e de oxalato de diferentes forrageiras.

Tabela 1. Teor em porcentagem (%) de cálcio (Ca), fósforo (P), oxalato e relação cálcio/oxalato de forrageiras utilizadas para equinos

Forragem	P	Ca	Oxalato	Ca:Oxalato
<i>Brachiaria humidicola</i>	0,14	0,29	2,98	0,09
<i>Cenchrus ciliaris</i>	0,16	0,44	2,11	0,20
<i>Pennisetum purpureum</i> cv Napier	0,21	0,71	2,81	0,28
<i>Panicum maximum</i>	0,34	0,41	1,12	0,36
<i>Melinis minutiflora</i>	0,20	0,55	1,05	0,52
<i>Zea mays</i>	0,19	0,23	0,18	1,27
<i>Sorghum bicolor</i>	0,06	0,45	0,35	1,28
<i>Megathyrsus maximum</i>	0,15	0,59	0,36	1,63
<i>Medicago sativa</i>	0,20	1,00	0,18	2,80
<i>Cynodon dactylon</i> cv. Capim Vaquero	0,13	0,46	0,35	1,31
<i>Cynodon dactylon</i> cv. Jiggs	0,32	0,95	0,18	5,27
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	0,32	0,61	0,35	1,74
<i>Andropogon gayanus</i>	0,18	0,47	0,18	2,61
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	0,20	0,40	0,00	-
<i>Cynodon dactylon</i> cv. Tierra Verde	0,21	0,42	0,00	-
<i>Chloris gayana</i> kunth	0,23	0,85	0,00	-
( <i>S. anceps</i> cv. kazungula)	-	0,20	2,82	0,07

Fonte: adaptado de Rezende, Silva e Inácio (2015).

O oxalato nas plantas desempenha diversas funções, as quais regula o Ca presente no vegetal, protege e a desintoxica de metais pesados (LIBERT e FRANCESCHI, 1987). A via biossintética do oxalato varia entre as plantas e há vários fatores que podem alterar seu teor em plantas forrageiras, tais como: a aplicação de fertilizantes, fatores climáticos, fatores genéticos das espécies de plantas, dentre outros fatores agrônômicos como a maturidade da planta (RAHMAN E KAWAMURA, 2011). O teor de oxalato varia de acordo com a estação do ano e a altura de corte para fornecimento aos animais, podendo também variar de acordo com a estação do ano, o clima e o tipo de solo e, ao contrário dos animais, as plantas são altamente tolerantes aos oxalatos (SILVESTRE, 2017; CALISKAN, 2000). Segundo Rhaman et al. (2006) o oxalato está distribuído na planta em teores mais altos nas folhas seguido pelo colmo (Tabela 2).

Tabela 2. Conteúdo de oxalato solúvel (%MS) em partes da planta de algumas espécies de forragem.

Forragem	Região da planta	Oxalato solúvel	Referência
<i>Setaria anceps</i>	folha	4,4	Jones and Ford (1972)
	colmo	2,8	
<i>Pennisetum clandestinum</i> (capim Kikuyo)	folha	1,33	Marais (1990)
	colmo	0,39	
	folha	2,44	Marais et al. (1997)
	colmo	0,98	
<i>Pennisetum purpureum cv Napier</i>	folha	2,78	Rahman et al. (2006)
	colmo	2,05	

Fonte: Adaptado de Rahman e Kawamura (2011)

O metabolismo do cálcio para cavalos é comprometido quando os animais tem acesso a plantas com altas concentrações de oxalato (HERBERT e DITTMER, 2017). Potros e éguas em lactação são mais susceptíveis à deficiência de cálcio quando a forrageira consumida tem a presença de oxalato (LEWIS, 1995). Para animais não-ruminantes, a quantidade de oxalato aceitável são teores menores que 0,5%, sendo que níveis maiores podem causar balanço negativo de cálcio. Já a relação Ca:Oxalato deve ser maior que 0,5, pois valores menores geram risco de Hiperparatireoidismo Nutricional Secundário. Para equinos, quando há a presença de 1% de oxalato, este reduz a absorção do mineral cálcio em 66%. (RAHMAN, ABDULLAH e KHADIJAH, 2012; BLANEY, GARTNER e MCKENZIE, 1981; SWARTZMANN, HINTZ e SCHRYVER, 1978).

Em regiões de clima tropical, como no Brasil, existe uma grande variedade de alimentos fibrosos e que são utilizados na alimentação de equinos, porém, antes das forrageiras serem fornecidas aos animais, devem ser realizadas análises bromatológicas das mesmas, além disso, deve-se levar em consideração a presença de fatores antinutricionais que consequentemente podem reduzir a qualidade da forragem. O conhecimento do efeito de fatores antinutricionais como o

oxalato é necessário para se realizar o manejo correto das plantas e da saúde animal (REZENDE, SILVA e INÁCIO, 2015).

### **3. HIPERPARATIREOIDISMO NUTRICIONAL SECUNDÁRIO EM EQUINOS**

O Hiperparatireoidismo Nutricional Secundário (HNS) é uma enfermidade relacionada à dieta do animal, onde as concentrações séricas de cálcio [ $\text{Ca}^{2+}$ ] são diminuídas e de fosfato aumentadas. O HNS é causado pelo excesso de produção do paratormônio (PTH) devido a hipocalcemia resultante de um desequilíbrio dos minerais cálcio e fósforo e é uma das doenças de cavalos mais antigas, diagnosticada em equinos em 1974 na Austrália (STEWART, LIYOU e WILSON, 2010). Em situação de HNS o animal apresenta a osteodistrofia fibrosa dos ossos da face (doença da “cara inchada”), podendo apresentar também mastigação anormal, andar rígido e claudicações (FRAPE, 2015). A osteodistrofia fibrosa (OF) é caracterizada pela reabsorção óssea e substituição do tecido ósseo por um tecido conjuntivo (OSPINA, DONCEL e GARCIA, 2014; KROOK e LOWE, 1964).

Dentre os fatores que podem causar a “doença da cara inchada” em equinos estão: a deficiência de Ca, a deficiência de vitamina D, a ingestão excessiva de P ou a falha na ingestão e/ou absorção de Ca, sendo este último caso relacionado ao consumo de oxalatos presentes em algumas forrageiras (RAHMAN & KAWAMURA, 2011; CINTRA, 2016). Contudo, gramíneas ricas em oxalato são a principal causa de HNS por indisponibilizar o cálcio para o animal (QUEIROZ et al., 2015).

As forrageiras tropicais contêm oxalato solúvel em concentrações que induzem a deficiência de cálcio nos animais (SMITHA PATEL, ALANGUDAGI e SALAKINKOP, 2013). O oxalato é encontrado nas plantas na forma solúvel e insolúvel (ligado ao mineral cálcio). Na forma solúvel pode se ligar ao cálcio da dieta no estômago e intestino delgado, e, não havendo cálcio disponível, o oxalato é absorvido pelo intestino delgado e posteriormente se liga ao cálcio no organismo, reduzindo as concentrações plasmáticas do cálcio e induzindo a produção do paratormônio (PTH) para manter a homeostase (HERBERT e DITTMER, 2017; RAHMAN, ABDULLAH e KHADIJAH, 2012; HERBERT e DITTMER, 2017). O oxalato se complexa ao cálcio formando oxalato de cálcio, que é insolúvel ao pH do trato intestinal. O oxalato se torna

solúvel em pH menor que 1,0. Na região do ceco o oxalato insolúvel, ligado ao cálcio, se torna fonte de carbono para as bactérias e ocorre a liberação do cálcio, porém como já ocorreu a passagem pelo local de absorção, intestino delgado, esse mineral não é absorvido e aproveitado pelo animal por ser eliminado nas fezes (WARD et al., 1982; MCKENZIE et al., 1981; STEWAR, LIYOU e WILSON, 2010).

A homeostase do Ca é controlada pelo rim, intestino e os ossos. Os três hormônios que atuam em situação de desequilíbrio desse mineral são o paratormônio (PTH), a calcitonina e a vitamina D ativa. O PTH é secretado pelas glândulas paratireóides e atua na reabsorção óssea ativando os osteoclastos, causando reabsorção do cálcio ósseo. Nos rins o PTH atua aumentando a excreção de P para equilibrar a relação Ca:P no organismo e ativa a absorção de cálcio a nível intestinal. A calcitonina atua nos rins quando os níveis de Ca séricos estão aumentados, inibindo a reabsorção óssea e diminuindo a absorção intestinal. A vitamina D ativa (1,25 dihidroxicolecalciferol) que passa por transformações no fígado e rins para ser metabolicamente ativa, atua nas células da mucosa do duodeno, ativando a síntese da proteína Calbindin ou PTCa, responsável pela absorção do Ca (BERTECHINI, 2012; TORIBIO, 2011) (Figura 1).

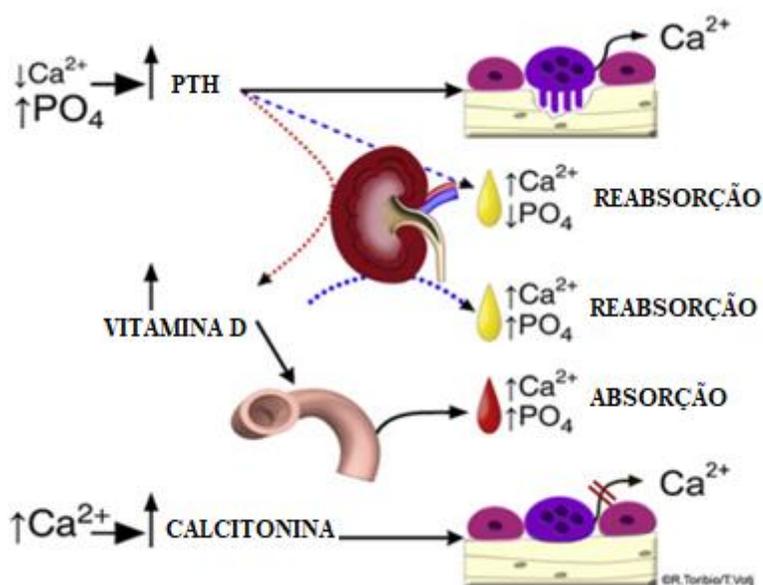


Figura 1. Homeostase dos minerais cálcio e fósforo reguladas pelo paratormônio (PTH), calcitonina e vitamina D

Fonte: Adaptado de Toribio (2011)

Na Austrália, um estudo realizado por Herbert e Dittmer (2017) sobre relato de caso de intoxicação de equinos por ingestão de forrageira com presença de altas concentrações de oxalato, verificaram que os animais apresentaram bruxismo, rigidez, cifose, letargia, tremuras, aumento do volume da cabeça e fraturas espontâneas, concluindo que a hipocalcemia está associada ao conteúdo de oxalato presente nas forrageiras.

Curcio et al. (2010) em trabalho de relato de caso em fazenda com equinos da raça Mangalarga Marchador, avaliaram os animais alimentados com 3 forragens diferentes, sendo 38 animais alimentados com capim Aruana (*Panicum maximum*) e 12 alimentados com Tifton (*Cynodom sp.*) e Hermátria (*Hermathria altissima*). Os animais mantidos na pastagem Aruana (oxalato entre 6,15 e 6,61 %), entre seis meses e três anos de idade apresentaram OF com aumento bilateral e simétrico dos ossos da face. Em animais de até 11 meses de idade perceberam com mais evidência um aumento de volume na porção distal do rádio, caracterizando fisite, sendo que os sinais clínicos foram mais notórios em potros entre seis a 12 meses de idade. Os animais criados nas demais forrageiras (0,34% de oxalato no Tifton e 0,30% na Hermátria) não apresentaram sinais clínicos, além de apresentarem na bioquímica sanguínea relação Ca:P adequada.

Puoli Filho et al. (1999) ao avaliar o efeito da suplementação mineral sobre a mobilização de Ca nos ossos de potras de 12 meses em pastagem *Brachiaria humidicola* (forrageira tropical – teor de oxalato entre 1,18 a 2,0%; relação Ca:oxalato de 0,10:1 a 0,25:1), observaram a mobilização nos ossos dos animais ao longo do tempo conforme ingeriam a forrageira. Os animais que recebiam maior quantidade de suplementação mineral de Ca apresentaram adequada relação Ca:P nos ossos, retendo mais minerais. Nesse trabalho, mesmo elevando a concentração de cálcio no sal mineral em duas vezes superior ao recomendado pelo NRC (1989), os animais ainda apresentaram mobilização de Ca dos ossos (avaliação realizada por biópsia óssea do fêmur e medição do Ca por espectrofotometria de absorção atômica).

Trabalhos científicos demonstram que altas concentrações de oxalato em forrageiras juntamente com dieta desbalanceada de relação Ca:P fornecidas aos equinos podem comprometer o desenvolvimento corporal dos animais e depreciar seu valor zootécnico. Diante dos efeitos prejudiciais do oxalato aos animais, é de grande relevância a realização de estudos para identificar e avaliar a presença desse fator antinutricional nas plantas e sua interferência sobre a nutrição equina e conseqüentemente no crescimento corporal, principalmente na categoria de potros.

#### 4. NUTRIÇÃO MINERAL PARA POTROS

Os minerais desempenham diversas funções nos equinos como formação de componentes estruturais, cofatores enzimáticos e influenciam na absorção, metabolismo e excreção de alguns nutrientes. São classificados como macrominerais (fornecidos em g/kg ou %) ou microminerais (fornecidos em ppm ou mg/kg). Dentre os minerais, o cálcio e o fósforo são macrominerais que possuem importantes funções vitais nos animais, atuando na coagulação do sangue, contração muscular, regulação de enzimas, formação óssea, eficiência no desempenho e participação no metabolismo energético (BERTECHINI, 2012). Esses minerais estão relacionados entre si no metabolismo orgânico dos animais e atuam de forma combinada sendo que o fornecimento inadequado de um deles na dieta limita a utilização do outro. Aproximadamente 80% do fósforo e 90% do cálcio em todo o corpo estão presentes nos ossos e dentes, onde a relação cálcio:fósforo do esqueleto é de 2:1 e no restante do corpo é de 1,7:1 (CUNHA, 2012) Assim, quando a alimentação não supre as exigências nutricionais, os ossos desempenham a função de reposição desses minerais o que necessita que as dietas para equinos sejam formuladas com relação Ca:P variando entre 1,8:1 até 6:1 e tanto a falta quanto o excesso de cálcio na dieta podem causar prejuízo nutricional aos animais. Até mesmo quando esses macrominerais estão em quantidades adequadas na dieta, alguns potros podem desenvolver anormalidades ósseas (NRC, 2007).

Quando potros em crescimento recebem dieta desbalanceada dos minerais Ca e P, conseqüentemente podem apresentar doenças ortopédicas do desenvolvimento (DOD) devido ao não crescimento e fechamento das placas epifisárias dos ossos longos (FRAPE, 2015). As perdas endógenas de cálcio em potros em crescimento são maiores que em animais adultos (NRC, 2007). Furtado et al. (2009), ao avaliar a disponibilidade biológica e exigência de cálcio em equinos em crescimento, concluíram que as exigências de cálcio de equinos criados nas condições brasileiras são menores que as recomendadas pelas tabelas internacionais. Ao avaliar o efeito do Ca sobre a digestibilidade de P em pôneis (tratamentos com relação Ca:P de nível: baixo=1:15; intermediário=2.58; alto=4.27), VAN DOORN et al. (2004) observaram que os animais obtiveram retenção maior de Ca quando o nível de Ca na dieta era alto, além disso a digestibilidade aparente do P foi menor quando os animais eram alimentados com nível intermediário e alto de Ca. O metabolismo do

cálcio para cavalos é comprometido quando os animais tem acesso à plantas com altas concentrações de oxalato, sendo que potros e éguas em lactação são as categorias mais susceptíveis à deficiência de cálcio (HERBERT e DITTMER, 2017; LEWIS, 1995). Em equinos de 12 meses, as concentrações séricas normais de Ca e P são de 2,7-4 mmol/L (média 3,3) e 1,4-2,3 mmol/L (média 1,8) respectivamente (LEWIS, 1995).

Nos animais, a ordem crescente do coeficiente de crescimento dos principais tecidos do corpo do nascimento até a idade adulta possuem características alométricas, onde cada tecido cresce em determinada velocidade, apresentados na seguinte ordem de deposição: tecido nervoso, ósseo, muscular e adiposo (BRIDI e CONSTANTINO, 2009) (Figura 2). Contudo, na espécie equina, o crescimento alométrico e compensatório dos tecidos ainda é pouco conhecida, o que pode levar a diferentes padrões de crescimento das características de interesse zootécnico, como o peso corporal (SOUZA et al., 2017).

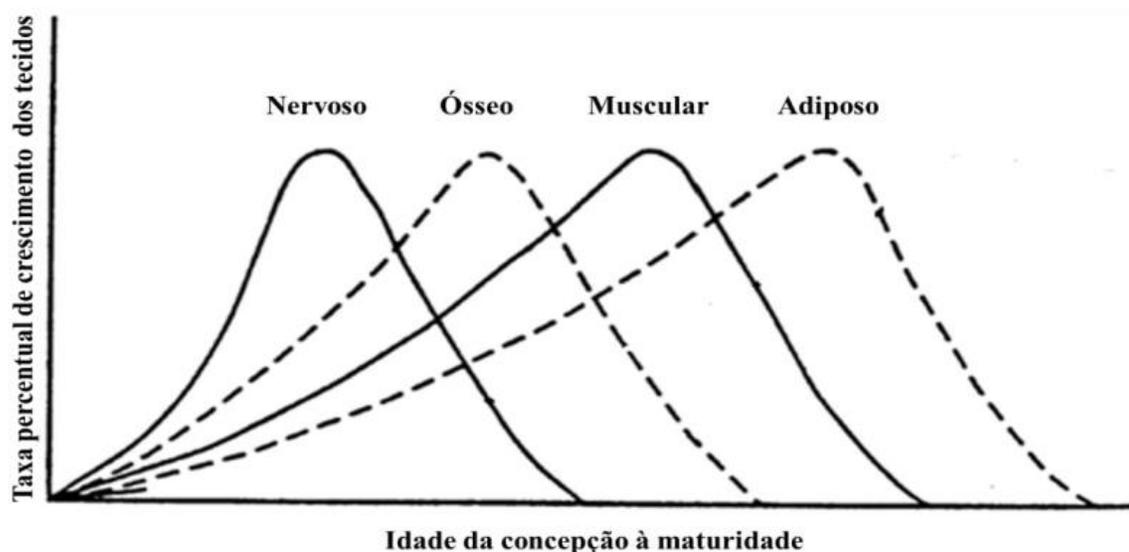


Figura 2. Ordem de crescimento dos tecidos de acordo com a prioridade no organismo animal (crescimento alométrico)

Fonte: Lawrence e Fowler (2002), citado por Souza (2017)

O crescimento em medidas morfométricas na raça Mangalarga Marchador é mais rápido e homogêneo na idade de seis a 24 meses (SOUZA et al., 2019). Nessa raça os potros apresentam aos 12 meses de idade cerca de 88% da média à idade adulta da altura na cernelha em machos e 90% em fêmeas (CABRAL et al., 2004). Segundo Rezende et al. (2000), potros de dois a 12 meses quando suplementados com concentrado acrescido de mistura mineral apresentaram à desmama

maior altura na cernelha e perímetro torácico que potros não suplementados no período da amamentação. Contudo, a ingestão de forragens não garante a necessidade adequada de minerais (GEOR, HARRIS e COENEN, 2013).

Em relação ao ganho de peso diário, este é mais rápido no início da vida do animal e diminui conforme ele envelhece. Ao nascer o peso do potro corresponde a 10% do peso adulto, atingindo cerca de 60% do peso adulto aos 12 meses (NRC, 2007). Contudo, é necessário se atentar principalmente a nutrição de potros, que podem apresentar maiores ganhos de peso, mas se os mesmos estiverem em condição de obesidade, possíveis prejuízos ao crescimento dos animais podem ocorrer (FRAPE, 2015; JACKSON e PAGAN, 1993). Em potros da raça Mangalarga Marchador, dos seis aos 24 meses de idade é a fase na qual o crescimento em ganho de peso dos animais é maior, mais rápido e homogêneo (SOUZA et al., 2017).

A obtenção do peso corporal dos animais é uma prática importante na criação de equinos, uma vez que, de acordo com o peso, serão administrados medicamentos, vermífugos e o fornecimento dos alimentos, sendo o peso corporal diretamente influenciado pela alimentação fornecida para o animal (GOBESSO et al., 2014). Juntamente com o peso, tem-se a avaliação do escore de condição corporal (ECC), que é uma pontuação da condição corporal do animal que auxilia em identificar a condição nutricional do animal e que possui correlação com o peso. Em equinos, ao determinar o ECC avalia-se a deposição de gordura corporal nas regiões do pescoço, inserção da cauda, costado e garupa, a ser realizada de forma visual e por palpação de regiões zootécnicas. O ECC é dado em pontuações, sendo o sistema de 0 a 5 considerado o mais simples para ser utilizado em equinos (CARROL e HUNTINGTON, 1988). A partir de pesagens e avaliação de ECC realizadas conjuntamente de forma rotineira, o progresso do desenvolvimento corporal dos animais é observado, podendo-se controlar e fazer ajustes no manejo alimentar para que o animal atinja o peso desejável (JACKSON e PAGAN, 1993).

## **REFERÊNCIAS**

AFONSO, A. M. C. **Comportamento alimentar de equinos em treinamento submetidos a três manejos**. 2010. 77 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2010.

AKANDE K.E., FABIYI, E.F. Effect of Processing Methods on Some Anti-nutritional Factors in Legume Seeds for Poultry Feeding. **International Journal of Poultry Science**, 9 (10): 996-1001, 2010.

ALMEIDA, M. I. V. et al. Valor nutritivo do Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum*, Shum), do Feno de Alfafa (*Medicago sativa*, L.) e do Feno de Capim *Coast-cross* (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) para Equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 25(4): 743-752, 1999.

ALVES, E. B. **Efeito da altura do dossel e da época do ano sobre as características agronômicas e nutricionais do capim-elefante fresco e ensilado**. 2017. 56p. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DO CAVALO MANGALARGA MARCHADOR. **Padrão racial da raça Mangalarga Marchador**. Disponível em <<http://www.abccmm.org.br>> Acessado em: 26 de Fevereiro de 2019.

BETERCHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2012. 373p.

BLANEY, B. J.; GARTNER, R. J. W.; MCKENZIE, R. A. The inability of horses to absorb calcium oxalate. **Journal of Agricultural Science**, 97 (3): 639–64, 1981.

BLANEY, B. J.; GARTNER, R. J. W.; MCKENZIE, R. A. The effects of oxalate in some tropical grasses on the availability to horses of calcium, phosphorus and magnesium. **The Journal of Agricultural Science**, 97 (3): 507-5014, 1981.

BRAGA, A. C.; ARAÚJO, K. V.; LEITE, G. G. Níveis de fibra em detergente neutro em dietas para equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 37(11): 1965-1972, 2008.

BRANDI, R. A., FURTADO, C. E. Importância nutricional e metabólica da fibra na dieta de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38: 246-258, 2009.

BRIDI, A. M., CONSTANTINO, C. Qualidade e Avaliação de Carcaças e Carnes Bovinas. **Anais do Congresso Paranaense dos Estudantes de Zootecnia, Maringá**, 2009.

CABRAL, G. C. et al. Avaliação morfométrica de equinos da raça Magalarga Marchador: Medidas Lineares<sup>1</sup>. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 33(4): 989-1000, 2004.

CALISKAN, M. **The Metabolismo of Oxalic Acid**. Department of Biology. Hatay Turkey. 2000. p. 103-106.

CAPLE, I. W., DOAKE, P. A, ELLIS, P. G. Assessment of the calcium and phosphorus nutrition in horses by analysis of urine. **Australian Veterinary Journal**, 58(4):125-131, 1982.

CARROL, C. L.; HUNTINGTON, P. J. Body condition scoring and weight estimation of horses. **Equine Veterinary Journal**, 20(1): 41-45, 1988.

CARVALHO, R. T. L.; HADDAD, C. M. **Pastagens e alimentação de equinos**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 85p.

CINTRA, A.G.C. **O Cavalo: características, manejo e alimentação**. São Paulo: Editora Roca, 2016. 384 p.

COLES, E. H. **Patologia clínica veterinária**. 3.ed. São Paulo. Editora Manole. 1984. 565p.

CUNHA, T.J. **Horse Feeding and nutrition**. U.S.A. Academic Press, INC. 2ªEdição. 2012. 445 p.

CURCIO, B.R. et al. Osteodistrofia fibrosa em equinos criados em pastagem de *Panicum maximum* cultivar Aruana: relato de casos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 62(1): 37-41, 2010.

DAHER, R. F. et al. Variação sazonal na produção de forragem de clones intra e interespecíficos do capim-elefante. **Revista Agraria**, 10(38): 294-303, 2017.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, Suprema: INCT – Ciência Animal, Editora UFV, 2012. 214p.

DIAS, A. C. C. Development of Mangalarga Marchador suckling foals supplemented with fructooligosaccharides. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 46(9):747-754, 2017.

DORETTO, J. S., SILVA, M. A. M. L., LAGOS, M. S. Determinação dos valores de referência para uréia e creatinina sérica em equinos. **Boletim Medicina Veterinária – Espírito Santo do Pinhal**, 3(3): 67-71, 2007.

EDWARDS, D. J., BROWNLOW, M. A., HUTCHINS, D. R. Indices of renal function: reference values in normal horses. **Australian Veterinary Journal**, 66(2): 60–63, 1989.

EVANGELISTA, A. R., ROCHA, G. P. **Forragicultura**. Lavras: Editora UFLA/FAEPE, Lavras, 1998. 246p.

FERNANDES, W. R. et al. Avaliações dos níveis séricos de uréia, creatinina, sódios e potássio em cavalos da raça P.S.I. submetidos a exercícios de diferentes intensidades. **Veterinária e Zootecnia**, 17(3): 359-366, 2010.

FERREIRA, S. C. et al. Avaliação do consumo e da digestibilidade do capim elefante (*Pennisetum purpureum*) picado e do feno de guandu (*Cajanus cajan*) desintegrado em equinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 47(2): 239-248, 1995.

FIGUEIREDO, W. M. C. et al. Lisina para potros da raça Mangalarga Marchador. **Ciência e Agrotecnologia**, 26(3): 626-632, 2002.

FRAPE, D. L. **Nutrição e alimentação de equinos**. São Paulo: Editora Roca., 2015. 602 p.

FURTADO, C. E. et al. Disponibilidade biológica e exigências de cálcio em equinos em crescimento recebendo dietas com diferentes níveis de cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38(3): 493-499, 2009.

GARCIA, F. P. S., ALFAYA, H., LINS, L. A., HAETINGER, C., NOGUEIRA, C. E. W. Determinação do crescimento e desenvolvimento de potros puro sangue inglês em Bagé- RS. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**.577-580, 43-46, 2011.

GEOR, R. J., HARRIS, P. A., COENEN, M. **Equine applied and clinical nutrition. Importance of nutrition for health, welfare and performance**. Saunders Elsevier, 2013. 679 p.,

GOBESSO, A. A. O. et al. Deposição óssea de cálcio e fósforo, densidade radiográfica e desenvolvimento corporal em potros alimentados com minerais orgânicos. **Brazilia Journal of Veterinary Research and Animal Science**, 51(2): 142-148, 2014.

HENNEKE, D. R. et al. Relationship between body condition score, physical measurements and body fat percentage in mares. **Equine Veterinary Journal**, 15(4): 371-372, 1983.

HERBERT, E. W., DITTMER, K. E. Case Report: Acute and chronic oxalate toxicity in Miniature horses associated with soursob (*Oxalis pes-caprae*) ingestion. **Equine Veterinary Education**, 29(10): 549-557, 2017.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 5º Distrito de Meteorologia. Estação climatológica principal de Lavras (Universidade Federal de Lavras). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acessado em: 06 de fevereiro de 2019.

JACKON, S. G.; PAGAN, J. D. Groeth management of young horses. A key to future sucess. **Journal of Equine Veterinary Science**, 13(1): 10-11, 1993.

JORDAN, R. M. et al. Effect of calcium and phosphorus level on growth, reproduction and bone development of ponies. **Journal of Animal Science**, 40(1): 78-85, 1975.

KANEKO, J., HARNEY, J. W., BRUSS, M. L. **Clinical Biochemistry of domestic Animals**. 5 ed. San Diego CA: Academic Press, 1997. 932p.

KING, C. Practical use of urinary fractional excretion. **Journal of Equine Veterinary Science. Veterinary Review**, 14(9): 464-468, 1994.

KNOTTENBELTT, D.C.; PASCOE. R.R.; NASCIMENTO, F.G. **Afecções e distúrbios do cavalo**. São Paulo: Editora Manole, 1998. 284p.

KROOK, L., LOWE, J. E. **Nutritional Secondary Hyperparathyroidism in the Horse: With a Description of the Norma Equine Parathyroid Gland**. Philadelphia: Editors: P. CoLiRs, Hannover - L. 2.SAUNDERS., 1964. 98p.

LANE, V. M, MERRITT, A.M. Reliability of single-samplephosphorus fractional excretion determination as a measure of daily phosphorus renal clearancein equids. **American Journal Veterinary Research**, 44(3):500-502, 1983.

LEFEBVRE, H. P. et al. Fractional excretion tests: a critical review of methods and applications in domestic animals. **Veterinary Clinical Pathology**, 37(1): 4-20, 2008.

LEWIS, L.D., **Feeding and Care of the Horse**. Wiley-Blackwell; 2 ed. 1996. 400p.

LEWIS, L. D. **Equine Clinical Nutrition Feeding and Care**. Philadelphia: Williams & Wilkins, 1995. 587 p.

LIBERT, B.; FRANCESCHI, V. R., Oxalate in crop plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 35: 926–938, 1987.

LIMA, R. A. S.; CINTRA, A. G. **Revisão do Estudo do complexo do agronegócio do cavalo**. Câmara de Equideocultura do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Brasília, ESALQ/USP/FAJ, 2016. 52p.,

LIMA, E. S. et al. Composição e digestibilidade in vitro de genótipos de capimelefante, aos 56 dias de rebrota, **Archivos de zootecnia**, 57(218): 279-282, 2008.

McKenzie, E. C. et al. Comparasion of volumetric urine collection versus single-sample urine collection in horses consuming diets varying in cátion-anion balance. **American Journal of Veterinary Research**. 64(3): 284-291, 2003.

MEACHAM, V. B. A review of clacium, phosphorus and magnesium metabolismo in the horse. **Journal of Equine Veterinary Science**, 4(5): 210-214, 1984.

MOSS ,P. C. B. et al. Validação do Nanolipe® como método para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes pelos equinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 69(3): 687-694, 2017.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES - NRC – **Nutrients requirements of horses**. 6 ed. Washington: National Academy of Science, 2007. 341p.

OSPINA, J. C., DONCEL, B., GARCIA, N. V. Maxillofacial fibrous osteodystrophy in Equine: Case Report. **Brazilian Journal of Veterinary Pathology**, 7(2): 100-105, 2014.

PUOLI FILHO, J. N. P. et al. Suplementação mineral e mobilização de cálcio nos ossos de equinos em pastagem de *Brachiaria humidicola*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 34(5): 873-878, 1999.

QUEIROZ, D. J., et al. Hiperparatireoidismo nutricional secundário em equinos e ruminantes: Revisão de literatura. **Nucleus Animalium**, 7(1): 51-58, 2015.

R DEVELOPMENT CORE TEAM, **R: a language and environment for statistical computing**. R Foudation Computing Statistical, Viena. 2018. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>

RAHMAN, M. M. et al. Effects of Different Levels of Oxalic Acid Administration on Feed Intake and Nutrient Digestibility in Goats. **Sains Malaysiana**, 46(4): 515–519, 2017.

RAHMAN, M. M., ABDULLAH, R. B., KHADIJAH, W. E. A review of oxalate poisoning in domestic animals: tolerance and performance aspects. **Journal of animal Physiology and Animal Nutrition**, 97(2013): 605- 614, 2012.

RAHMAN, M. M., KAWAMURA, O. Oxalate accumulation in forage plantas: some agronomic, climatic and genetic aspects. **Journal Animal Science**, 24(3): 439-448, 2011.

RALSTON, S. L. Feeding the rapidly growing foal. **Jounal of Equine Veterinary Science**, 17(12): 634-636, 1997.

RALSTON, S. L., SQUIRES, E. L., NOCKELS, C. F. Digestion in the aged horse. **Journal of Equine Veterinary Science**, 9: 203-5, 1989.

RAMOS, L. C. V. O. Hidroxiprolina e fosfatase alcalina como parâmetros fisiológicos indicadores do *status* metabólico do cálcio e do fósforo em equinos. **Revista Acadêmica**, 5(4): 359-368, 2007.

REZENDE, A. S. C. R., SILVA, R. H. P., INÁCIO, D. F. S. Volumosos na alimentação de equídeos. **Caderno de Ciências Agrárias**, 7(1): 116-131, 2015.

REZENDE, A. S. C. et al. A. Efeito de dois diferentes programas nutricionais sobre o desenvolvimento corporal de potros Mangalarga Marchador. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29(2): 495-501, 2000.

REZENDE, A. S. C.; VELOSO, J.A.F.; VAL, L.C. et al. Efeito de nível do concentrado suplementar sobre o crescimento de potros pós-desmama. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 38(6): 927-941, 1986.

SALIBA, E. O. S.; FARIA, E. P.; RODRIGUEZ, N. M. Use of infrared spectroscopy to estimate fecal output with marker Lipe®. **International Journal of Food Science Nutrition Diet.**, 4: 1-10, 2015.

SILVA, S. **Plantas forrageiras de A a Z**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2<sup>a</sup> ed., 2014. 312 p.

SILVESTRE, J. C. A. **Variação nas concentrações de oxalato, cálcio e fósforo no capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Shum. cv. Cameroon) em diferentes alturas de corte e em diferentes estações do ano**. 2017. 35p. Monografia (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

SMITHA PATEL, P. A., ALAGUNDAGI, S. C., SALAKINKOP, S. R. The anti-nutritional factors in forages – A review. **Current Biotica**, 6(4): 516-526, 2013.

SOUZA, F. A. C., FERNADES, T. J., MOURA, R. S., MEIRELLES, S. L. C., RIBEIRO, R. A., CUNHA, F. O., MUNIZ, J. A. Nonlinear modeling growth body weight of Mangalarga Marchador horses. **Ciência Rural**, 47(4): 1- 6, 2017.

SOUZA, F.A.C. de; FERNANDES, T.J.; CUNHA, F.O.; RIBEIRO, R.A.; MUNIZ, F.R.; MEIRELLES, S.L.C.; MUNIZ, J.A.; MOURA, R.S. Morphometric characteristics of the Mangalarga Marchador horse breed determined by nonlinear models. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 54(e01145): 1-10, 2019.

STEWART, J.; LIYOU, O; WILSON, G. Bighead in Horses – Not an Ancient Disease. **The Australian Equine Veterinarian**, 29(1): 55-62, 2010.

SWARTZMAN, J.A., HINTZ, H.F., SCHRYVER, H.F. Inhibition of calcium absorption in ponies fed diets containing oxalic acid. **American Journal of Veterinary Research**, 39(10): 1621-1623, 1978.

TADELE, Y. Important anti-nutritional substances and inherent toxicants of feeds. **Food Science and Quality Management**, 36: 40-48, 2015.

TILLEY, J. M., TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, 18(2): 104-111, 1963.

TORIBIO, R.E. Disorders of calcium and phosphate metabolism in horses. **Veterinary Clinical Equine**, 27: 129-147, 2011.

VAN DOORN, D. A. et al. influence of calcium intake on phosphorus digestibility in mature ponies. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 88: 412-418, 2004.

VIEIRA, E.R. et al. Caracterização da equideocultura no estado de Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 67(1): 319-323, 2015.

VIEIRA, E.R. **Aspectos econômicos e sociais do complexo agronegócio cavalo no estado de Minas Gerais**. 2011. 140 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte., 2011.

VILELA, D. et al. **Pecuária de leite no Brasil: Cenários e avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 435p.

VITTI, D.M.S.S.; FURTADO, C.E.; QUADROS, J.B.S.; et al. Efeitos de diferentes níveis de cálcio dietético na cinética de cálcio e fósforo em equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 37(3): 478-486, 2008.

WARD, G.; HARBERS, L.H. Effect of pH on extractability of calcium and oxalate from Alfalfa leaflets. **Journal of Dairy Science**, 65(1): 154-160, 1982.

## CAPÍTULO II

### **BALANÇO NUTRICIONAL E GANHO DE PESO DE POTROS MANGALARGA MARCHADOR ALIMENTADOS COM CAPIM-ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*) E CONCENTRADOS COM DIFERENTES RELAÇÕES CA:P**

### **NUTRITIONAL BALANCE AND AVERAGE WEIGHT GAIN OF MANGALARGA MARCHADOR COLTS FED WITH ELEPHANT-GRASS (*Pennisetum purpureum*) AND CONCENTRATES WITH DIFFERENT RATIOS OF CALCIUM TO PHOSPHORUS**

**ABSTRACT:** The nutritional imbalance of foals caused by the anti-nutritional factor oxalate predisposes animals to Secondary Nutritional Hyperparathyroidism. The objective of this study was to evaluate the nutritional balance of foals fed elephant grass and concentrate with different Ca: P ratios. The experiment was conducted at the Federal University of Lavras for 190 days. Sixteen male foals, Mangalarga Marchador, with  $6.7 \pm 1.6$  months of age and  $127.38 \pm 26.55$  kg were used. The design was in randomized blocks. The diets were composed of elephant grass (*Pennisetum purpureum*) and concentrated with different Ca: P ratios of 2: 1 (treatment A), 3: 1 (treatment B), 5: 1 (treatment C) and 6: 1 (treatment D). The foals were weighed to obtain daily weight gain (DWG) and the body condition score (BCS) was evaluated. A digestibility and fractional excretion assay of Ca (CaFE) and P (PFE) was performed. The variables were subjected to analysis of variance and 5% Tukey test was used. There was no significant difference in DWG, calcium, phosphorus and urea concentrations in blood and urine ( $p>0.05$ ). Treatments A, B and C had lower than normal serum Ca values. PFE was different between treatments A and B, and treatment A presented higher values ( $5.09 \pm 1.54\%$ ), showing the reaction of the organism in the attempt to maintain the homeostasis of these minerals. Dietary Ca: P ratio 3: 1 for foals fed elephant grass with 2.51% oxalate concentration and 0.16 Ca: Oxalate ratio maintains the body's homeostasis of Ca: P minerals.

**Keywords:** Horses in growth. Tropical forages. Oxalate. Minerals. Animal nutrition.

**RESUMO:** O desbalanço nutricional de potros causado pelo fator anti-nutricional oxalato, predispõe os animais ao Hiperparatireoidismo Nutricional Secundário. Objetivou-se avaliar o balanço nutricional de potros alimentados com capim-elefante e concentrados com diferentes relações Ca:P. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Lavras e teve duração de 190 dias. Foram utilizados 16 potros, machos, Mangalarga Marchador, com  $6,7 \pm 1,6$  meses de idade e  $127,38 \pm 26,55$  kg. O delineamento foi em blocos casualizados. As dietas foram compostas por capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e concentrados com diferentes relações Ca:P de 2:1 (tratamento A), 3:1 (tratamento B), 5:1 (tratamento C) e 6:1 (tratamento D). Os potros foram pesados para obtenção do ganho de peso diário (GPD) e avaliado o escore de condição corporal (ECC). Foi realizado ensaio de digestibilidade e excreção fracionada de Ca (EFCa) e P (EFP). As variáveis foram submetidas à análise de variância e utilizado teste de Tukey a 5%. Não houve diferença significativa no GPD e nas concentrações de Cálcio, Fósforo e Uréia no sangue e urina ( $p>0,05$ ). Os tratamentos A, B e C apresentaram valores menores que os normais para Ca sérico. A EFP foi diferente entre os tratamentos A e B, sendo que o tratamento A, apresentou maiores

valores ( $5,09 \pm 1,54\%$ ), demonstrando a reação do organismo em manter a homeostase desses minerais. O fornecimento de dieta com relação Ca:P 3:1 para potros quando alimentados com capim elefante com concentração de oxalato de 2,51% e relação Ca:Oxalato 0,16 mantém a homeostase dos minerais Ca:P do organismo.

**Palavras-chave:** Equinos em crescimento. Forrageiras tropicais. Oxalato. Minerais. Nutrição animal

## INTRODUÇÃO

Os equinos são animais herbívoros não ruminantes e a base de sua alimentação são as forrageiras. Para a escolha de volumoso adequado, deve-se levar em consideração a qualidade nutricional e microbiológica e a presença de fatores antinutricionais, como o oxalato (REZENDE, SILVA e INÁCIO, 2015). Este fator antinutricional indisponibiliza o mineral cálcio, causando diversos prejuízos aos animais, dentre eles a osteodistrofia fibrosa ou “doença da cara inchada”.

Os minerais desempenham diversas funções fisiológicas nos equinos, dentre eles os macrominerais cálcio e fósforo são vitais aos animais por atuarem principalmente na formação óssea e desenvolvimento dos animais (BETERCHINI, 2012; NRC, 2007). O metabolismo do cálcio para cavalos é comprometido quando os animais tem acesso a plantas com altas concentrações de oxalato, sendo que potros e éguas em lactação são as categorias mais susceptíveis à deficiência de cálcio (HERBERT e DITTMER, 2017; LEWIS, 1995).

O capim-elefante é uma forrageira tropical altamente produtiva e bastante utilizada na equideocultura. Entretanto, possui a presença de oxalato. Concentrações de oxalato na forrageira maiores que 0,5% e/ou relação cálcio:oxalato menor que 0,5:1 podem ser prejudiciais aos equinos, causando mobilização óssea, claudicação e hiperparatireoidismo nutricional (REZENDE, SILVA e INÁCIO, 2015; NRC, 2007).

Objetivou-se com este estudo, avaliar o balanço nutricional e o ganho de peso de potros desmamados alimentados com dietas compostas por capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e concentrado balanceado com diferentes relações Ca:P.

## MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos realizados no experimento foram aprovados no protocolo número 422/2018 do Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Minas Gerais. O experimento foi conduzido no Setor de Equideocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (SetEqui-UFLA). Lavras está localizada no Estado de Minas Gerais, cuja latitude é 21°14'43 Sul, longitude 44°59'59 Oeste e altitude de 918,84 metros (INMET,2019). Os animais foram transportados da propriedade de origem e conduzidos para um piquete no SetEqui-UFLA para execução do experimento. Foram utilizados 16 potros machos da raça Mangalarga Marchador, com idade inicial média de  $6,7 \pm 1,6$  meses e  $127,38 \pm 26,55$  kg de peso corporal. Os potros foram escolhidos na propriedade de origem em função do sexo, grau de parentesco, data de nascimento e peso corporal, tendo sido todos desmamados com idade de quatro a cinco meses.

O experimento constituiu de quatro tratamentos: fornecimento da forrageira capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv Napier) mais concentrados com diferentes relações cálcio:fósforo (Ca:P) (Tratamento A = 2:1, Tratamento B = 3:1; Tratamento C = 5:1 e Tratamento D = 6:1). O concentrado foi formulado para suprir 40 % da exigência de matéria seca, considerando o consumo de matéria seca de 3% do peso corporal do animal. Em cada fornecimento do concentrado, não ultrapassou a quantidade de 500 gramas de concentrado/100 kg de peso corporal/fornecimento, segundo recomendações preconizadas pelo NRC (2007). Os concentrados foram formulados para serem isoenergéticos e isoprotéicos, com 16 % de proteína, variando apenas a relação Ca:P em cada tratamento, fornecido na forma farelada e balanceados para atender ou ultrapassar todas as exigências diárias de minerais e vitaminas estabelecidas para potros desmamados com idade entre 6 a 12 meses de idade (NRC, 2007), e peso adulto esperado de 400 a 500 kg (Tabela 3). O delineamento foi em blocos casualizados com quatro repetições para todas as variáveis, onde cada bloco correspondeu a quatro potros escolhidos de forma mais homogênea e em seguida sorteados dentro dos tratamentos.

O experimento teve duração de 190 dias. Houve um período pré experimental com duração de 130 dias, onde os animais foram transportados da propriedade de origem para a Universidade Federal de Lavras e realizada a doma inicial e adaptação dos animais ao ambiente e manejo. Nesse

período os animais foram mantidos a pasto, alimentados com gramínea do gênero *Cynodon*, sal mineral e água *ad libitum* e concentrado com relação Ca:P 1,8:1 fornecido gradativamente na quantidade de 1,2 % do peso corporal. Os potros foram vacinados contra raiva, tétano, influenza equina e encefalomielite, e vermifugados de acordo com o peso corporal. Após o período pré-experimental, os animais foram transferidos para o piquete experimental e iniciado o fornecimento das dietas experimentais e coleta de dados com duração de 60 dias.

Tabela 3 Composição do concentrado da dieta experimental

Ingrediente	% cada ingrediente do concentrado			
	2:1	3:1	5:1	6:1
Milho triturado	63	63	63	63
Farelo de soja	25	25	25	25
Fosfato Bicálcico	1,2	1,2	1,2	1,2
Calcário Calcítico	1,4	3,3	7	9
Caulim	9,4	7,5	3,8	1,8
TOTAL	100	100	100	100
Núcleo comercial <sup>1</sup>	60 g/animal/ dia			

<sup>1</sup> Núcleo comercial (1000g produto): Ca, 130g (mín), 150g (máx); P, 50g (mín)

Para a realização do manejo nutricional (Figura 3), o concentrado foi fornecido individualmente, juntamente com um núcleo (Núcleo DSM para equinos KROMIUM® Industrial) em unidade de serviço com cobertura de telhas. Foram realizados três tratos diários do concentrado, às 8, 13 e 16:30 horas. Uma hora após o fornecimento do concentrado, os potros eram soltos no piquete experimental e em seguida fornecida, em cocho coletivo, a forrageira picada *ad libitum*, às 9 e 17:30 horas. A água foi disponibilizada em bebedouros para consumo *ad libitum*.

A altura do dossel do capim foi mensurada no momento do corte, realizada do nível do solo até a inflexão da folha mais alta, coletada em diversos pontos da capineira de forma aleatória com um bastão de três metros graduado em centímetros, por um único mensurador (ALVES, 2017).

Amostras representativas dos concentrados e da forragem foram coletadas, colocadas em sacos plástico, identificadas e armazenadas em freezer a - 20° C até posteriores análises. As análises de composição química foram realizadas segundo Detmann, Souza e Valadares Filho (2012), onde determinou-se as concentrações de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia

bruta (EB), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e oxalato (Tabelas 4 e 5).



Figura 3. Manejo nutricional dos potros utilizados no experimento. Fornecimento individual de concentrado em unidade de serviço (à esquerda) e fornecimento da forragem em cocho coletivo (à direita)

Fonte: do autor

Tabela 4. Composição da forragem capim elefante, dos concentrados dos tratamentos A, B, C e D e do núcleo utilizados na dieta experimental

	Forragem	A	B	C	D	NU1
Altura forragem (m)	2,50	---	---	---	---	---
% Matéria Seca	15,79	88,97	89,39	88,86	89,30	90,83
% Ca	0,39	1,34	1,71	3,93	4,68	17,66
% Oxalato	2,51	---	---	---	---	---
Relação Ca:Oxalato	0,15	---	---	---	---	---
%P	0,55	0,58	0,42	0,56	0,56	3,55
% PB	4,89	18,41	18,00	18,98	17,59	---
% EE	2,10	2,79	2,04	2,00	2,57	---
% MM	11,13	12,13	13,56	13,77	14,05	74,08
% FDN	80,64	17,13	19,35	19,06	20,30	---
% FDA	65,54	7,15	7,23	5,65	7,91	---
% LIGNINA	8,50	0,62	0,63	0,53	1,02	---
% CELULOSE	57,52	5,23	4,86	3,99	5,77	---
EB (cal/g)	3680	3576	3478	3423	3452	---
%NIDN	1,55	3,93	6,22	5,37	3,81	---
%NIDA	2,34	1,86	1,85	1,64	2,83	---

Tabela 5. Composição núcleo para equinos KROMIUM® Industrial DSM

Cálcio (mín)	130,00	g/kg
Cálcio (máx)	150,00	g/kg
Fósforo (mín)	50,00	g/kg
Enxofre (mín)	34,00	g/kg
Magnésio (mín)	25,00	g/kg
Cobalto (mín)	8,50	mg/kg
Cobre (mín)	1500,00	mg/kg
Cromo (mín)	70,00	mg/kg
Ferro (mín)	5000,00	mg/kg
Iodo (mín)	54,00	mg/kg
Manganês (mín)	6.000,00	mg/kg
Selênio (mín)	15,00	mg/kg
Zinco (mín)	6.000,00	mg/kg
Vitamina D3 (mín)	68.000,00	U.I/kg
Vitamina E (mín)	17.000,00	U.I/kg
Biotina (mín)	340,00	mg/kg
Flúor (máx)	500,00	mg/kg

Níveis de garantia por kg do produto

Para avaliação do ganho de peso diário (GPD), os potros foram pesados em balança eletrônica fixa digital (Toledo MGR-3000), individualmente. A pesagem foi realizada semanalmente, totalizando 8 períodos de pesagem ao longo do experimento (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8). Em seguida avaliados quanto ao escore de condição corporal (ECC) em uma escala de 0 a 5 (CARROL & HUNTINGTON, 1988) por um único avaliador previamente treinado. A avaliação de ECC foi realizada por meio de avaliação visual e palpação nas regiões zootécnicas do pescoço, dorso, costado e garupa, onde basicamente foram classificados em: ECC 0 (muito magro), 1 (magro), 2 (moderado), 3 (ideal), 4 (obeso) e 5 (muito obeso) (Figura 4).

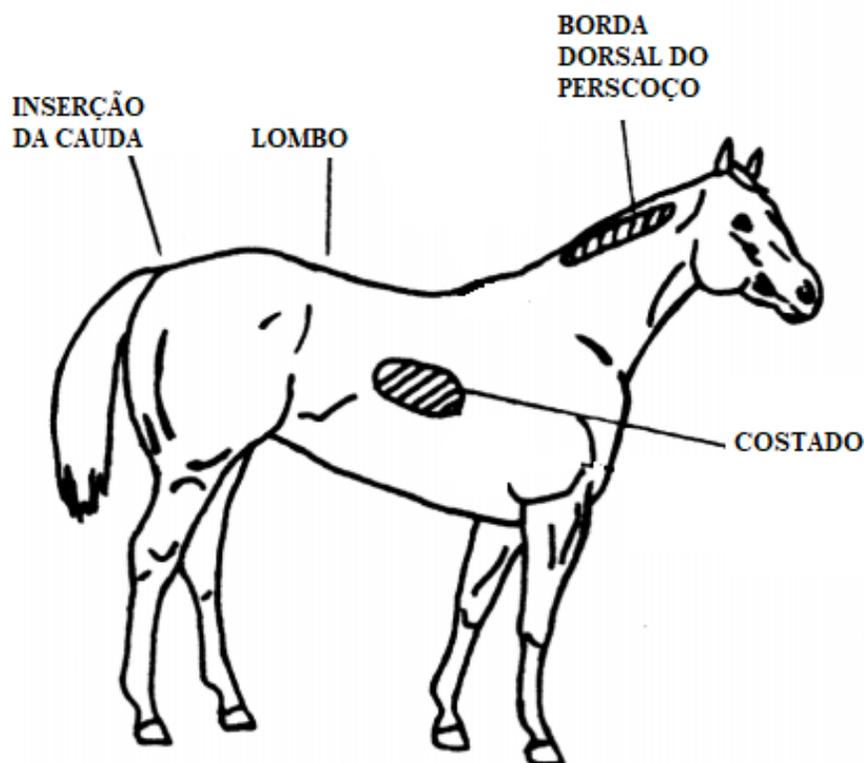


Figura 4. Regiões zootécnicas utilizadas para avaliação de Escore de Condição Corporal (ECC) através de palpação.

Fonte: Adaptado de Henneke et al. (1983)

Na última semana do experimento, foi realizado ensaio de digestibilidade, com duração de três dias. Para o ensaio de digestibilidade foi realizada a colheita parcial de fezes utilizando o indicador NANOLIPE®, o qual é um indicador externo de digestibilidade e consumo alimentar. Nele há incorporação de nanopartículas que se misturam de forma homogênea e rápida na digesta. Possui como vantagens reduzir o período de adaptação da dieta, obter maiores taxas de recuperação do indicador, melhorar a eficiência em determinar a produção fecal e avaliar a digestibilidade aparente quando ele é fornecido por dois dias consecutivos e realizada coleta de fezes 24 horas após a administração ao animal por via oral (MOSS et al., 2017). A análise com esse indicador foi realizada através de Espectroscopia no Infravermelho realizada no Laboratório produtos de Pesquisa Simões e Saliba (P2S2) (SALIBA, FARIA e RODRIGUEZ, 2015). O indicador foi fornecido antes do manejo alimentar da manhã, no primeiro e segundo dia do ensaio, administrado através de cápsulas por via oral (MOSS et al., 2017) através de uso de uma seringa, com auxílio de

água como meio veículo para ingestão pelo animal, e 24 horas antes do período de coleta fecal, para adaptação e eliminação uniforme nas fezes. As colheitas parciais de fezes foram realizadas uma única vez no período da manhã do segundo e terceiro dia do ensaio antes do fornecimento do concentrado. As fezes foram coletadas diretamente da ampola retal com o animal contido na unidade de serviço. As amostras fecais de cada animal foram armazenadas em sacos plásticos, identificadas e congeladas em freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$  até posteriores análises laboratoriais.

Para estimativa do consumo alimentar e digestibilidade foram utilizadas as seguintes fórmulas:

**Produção Fecal (PF) com uso do indicador externo NANOLIPE<sup>®</sup> (SALIBA, FARIA e RODRIGUEZ, 2015):**

$$\text{PF (kg)} = \frac{\text{NANOLIPE}^{\text{®}} \text{ fornecido (g)}}{\text{Concentração nas fezes de NANOLIPE}^{\text{®}}} \times 100 \quad (1)$$

**Digestibilidade *In Vitro* da Matéria Seca (DIVMS) dos concentrados e forragem da dieta:**

$$\text{DIVMS (\%)} = 1 - \frac{\text{Resíduo da amostra (g)}}{\text{I x MS Alimento}} \quad (2)$$

Onde Resíduo da amostra = resíduo da amostra de cada concentrado e forragem do processo de DIVMS; I = a quantidade de alimento (g); MS Alimento = o teor de MS determinada a  $105^{\circ}\text{C}$  do alimento;

**Consumo de Matéria Seca (MS), conforme Saliba et al. (2013):**

$$\text{Consumo (kg MS)} = \frac{\text{Produção de fezes}}{(100 - \text{DIVMS})} \times 100 \quad (3)$$

**Coefficiente de digestibilidade aparente (DA), através da fórmula descrita por Pond et al. (1995):**

$$DA(\%) = \frac{(\text{Nut.cons.}(g) - \text{Nut.fezes}(g))}{\text{Nutriente consumido}(g)} \times 100 \quad (4)$$

As amostras dos alimentos e das fezes foram descongeladas em temperatura ambiente, homogeneizadas e retirada quantidade representativa para serem analisadas. Foram pesadas, secas em estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas, em seguida foram novamente pesadas e conduzidas para serem moídas em moinho tipo Willey em peneira de 1mm e em seguidas armazenadas em potes plásticos previamente lavados para posterior análises (DETMANN, SOUZA E VALADARES FILHO, 2012).

No terceiro dia de ensaio, antes do primeiro fornecimento de alimento para os animais, foram realizadas simultaneamente colheitas parciais de urina e sangue (Figura 5) para estimar a excreção fracionada (EFE = Excreção Fracionada de Eletrólitos) dos minerais cálcio (EFCa) e fósforo (EFP) e também análise de creatinina e uréia. Os animais foram contidos com cabresto para mobilização dos mesmos no momento da colheita da urina e sangue.

Para a colheita da urina, foi realizada a limpeza da região do prepúcio e pênis e introduzida sonda uretral no canal da uretra. A urina foi colhida em frasco coletor na quantidade de 100 mL e armazenada em potes esterilizados e identificados, em seguida foram acondicionadas em recipiente tampado e estéril e imediatamente conduzida para serem transportadas para análise de Ca, P, uréia e creatinina no Laboratório de Toxicologia da Escola de Veterinária da UFMG.

A colheita de sangue foi realizada via punção da veia jugular e o sangue inserido em tubos de *vacutainer*, por pressão negativa, com anticoagulante EDTA K3 e sem anticoagulante e identificadas. As amostras foram imediatamente centrifugadas a 4000G por 10 minutos para separação da fração líquida do sangue (plasma e soro), acondicionadas em tubos *ependorf* de 2 mL e imediatamente encaminhadas para análises no Laboratório de Toxicologia da Escola de Veterinária da UFMG para análise de Ca, P, uréia e creatinina.



Figura 5. Colheita de urina (a esquerda) e sangue (a direita) para análise de excreção fracionada dos minerais Cálcio e Fósforo

Fonte: do autor

A estimativa da excreção fracionada de Ca e P foi calculada a partir das concentrações de creatinina das amostras de sangue e urina coletadas simultaneamente, com base na fórmula (McKENZIE et al., 2003; GEOR, HARRIS e COENEN, 2013):

$$EF_X\% = \frac{[Cr] \text{ sangue}}{[Cr] \text{ urina}} \times \frac{[X] \text{ urina}}{[X] \text{ sangue}} \times 100$$

Onde:  $EF_X\%$  = porcentagem de excreção fracionada do mineral X (Ca ou P);

[Cr] = concentração de creatinina em mmol/L;

[X] = concentração do mineral X (Ca, P) em mmol/L.

A DIVMS (fórmula 2), foi realizada no Laboratório de Pesquisa Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras. Para a obtenção da DIVMS das amostras da forragem e dos concentrados de cada tratamento seguiu-se a metodologia de Tilley e Terry (1963)

com a utilização de líquido ruminal como inóculo. A Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (DIVMS) do capim elefante foi de 44,31% e dos concentrados dos tratamentos A, B, C e D foram 92,66%, 93,32%, 91,14% e 88,77%, respectivamente. A produção fecal (PF) média dos animais estimada pelo indicador externo NANOLIPE® foi de 1,58 Kg MS/animal/dia.

Todas as variáveis foram submetidas à análise de variância com auxílio do software R (DEVELOPMENT CORE TEAM, 2018) no Departamento de Estatística da UFLA, sendo comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período do ensaio de digestibilidade e coleta de dados para excreção fracionada (EF), a forragem fornecida aos animais apresentou 2,5 metros, altura dentro do esperado para o corte de tamanho ideal para fornecimento aos equinos, segundo Cintra (2016) que relata medida de 1,5 a 2,5m. A concentração de oxalato foi de 2,51% e relação Ca:Oxalato 0,16, valores que podem predispor os animais ao quadro de Hiperparatireoidismo Nutricional Secundário, pois segundo Rahman, Abdullah e Khadijah (2012) e Blaney, Gartner e McKenzie (1981), por serem animais não-ruminantes, os valores aceitáveis são níveis de oxalato menores que 0,5% e relação Ca:oxalato maior que 0,5:1.

Não houve diferença significativa nas concentrações de Cálcio, Fósforo e Uréia no sangue dos animais nos diferentes tratamentos ( $p>0,05$ ) (Tabela 6).

Tabela 6. Concentração de Cálcio (Ca), Fósforo (P), Creatinina e Uréia no sangue de potros alimentados com diferentes relações Ca:P na dieta

Tratamentos*	Ca (mg/dL)	P (mg/dL)	Creatinina (mg/dL)	Uréia (mg/dL)
A	10,71±2,82 a	4,78±0,73 a	3,00±0,19 a	28,48±2,26 a
B	10,04 ±2,08 a	4,43±0,36 a	2,16±0,34 b	32,54±5,88 a
C	10,38±0,84 a	3,69±0,28 a	2,64±0,28 ab	29,59±5,53 a
D	11,77±1,97 a	3,73±0,93 a	2,49±0,33 ab	31,28±5,86 a

\*Tratamentos: A= relação Ca:P de 2:1, B= relação Ca:P de 3:1, C= relação Ca:P de 5:1 e D= relação Ca:P de 6:1 na dieta.

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

Para valores de Ca, apesar de não haver diferença significativa ( $p>0,05$ ), todos os tratamentos, exceto o tratamento D, apresentaram valores menores que o normal de Ca séricos em

equinos. Kaneko, Harney e Bruss (1997) relatam intervalo de concentração de Ca sanguíneo entre 11,7 e 13,6 mg/dL. Isso mostra que, apesar do aumento crescente de Ca na dieta nos tratamentos, os animais apresentaram valores inferiores aos normais de Ca sérico quando alimentados com capim elefante (*Pennisetum purpureum* cv Napier) com concentração de oxalato de 2,51%. Ramos et al. (2007), ao avaliarem parâmetros fisiológicos de potros em sistema de criação intensivo e extensivo, não observaram diferença entre os sistemas e encontraram valores de Ca sérico em potros de 4 e 14 meses de 12,78 e 13,65 mg/dl, valores superiores aos encontrados nesta pesquisa. Nestas condições experimentais, as relações Ca:P 2:1; 3:1 e 5:1 na dieta não foram suficientes para manter níveis adequados de Ca sérico. Para o mineral fósforo os valores séricos apresentaram dentro dos valores normais descritos por Kaneko et al. (1997) (3,1 a 5,6 mg/dL).

A creatinina no sangue foi diferente entre os tratamentos A (relação Ca:P de 2:1 na dieta) e B (relação Ca:P de 3:1 na dieta), sendo o tratamento A com maiores valores (3,00±0,19 mg/dL). No presente estudo, os animais de todos os tratamentos apresentaram valores séricos de creatinina acima dos valores normais relatados por Coles (1984) entre 1,0 e 1,9 mg/dL e Doretto, Silva e Lagos (2007) que em estudo com animais sadios e criados em condições climáticas da região Sudeste do país encontraram valores séricos de creatinina entre 1,46 e 1,88 mg/dL. Como a creatinina, juntamente com o Ca, é um indicador bioquímico útil da insuficiência renal (Knottenbelt, Pascoe e Nascimento, 1998) o maior valor de creatinina sérica é apresentado no tratamento A, de menor concentração de Ca na dieta. Em avaliação dos níveis de creatinina em cavalos submetidos à exercício com diferentes intensidades de esforço, Fernandes et al. (2010) ao observar o aumento da concentração de creatinina sérica, sugeriram ser uma diminuição na taxa glomerular e/ou fatores pré renais, além de associar o aumento da elevação desses níveis podendo estar relacionada a diminuição da sua excreção. Contudo, em relação à dieta dos animais, Coles (1984) relata que a creatinina sérica não sofre influência da mesma. Dessa forma, as diferenças observadas entre os tratamentos A e B podem ser devido a fatores do próprio metabolismo.

Não houve diferença significativa na concentração de Uréia no sangue dos animais nos diferentes tratamentos ( $p>0,05$ ) sendo que todos os tratamentos tiveram valores semelhantes aos encontrados por Kaneko, Harney e Bruss (1997), que descreve valores entre 21,4 e 51,36 mg/dl para equinos. O efeito dos tratamentos sobre a excreção fracionada de cálcio (EFCa) não teve diferença significativa ( $p>0,05$ ) (Tabela 7). Já a excreção fracionada de Fósforo (EFP) foram

diferentes entre os tratamento A (relação Ca:P de 2:1 na dieta) e B (relação Ca:P de 3:1 na dieta) ( $p < 0,05$ ).

Tabela 7. Excreção Fracionada de Cálcio (Ca) e Fósforo (P) de potros alimentados com diferentes relações Ca:P na dieta

Tratamentos*	EFCa (%)	EFP (%)
A	1,71±1,00 a	5,09±1,54 a
B	2,17±1,43 a	1,92±1,56 b
C	2,86±0,69 a	3,10±1,65 ab
D	3,82±2,46 a	2,29±2,24 ab

\*Tratamentos: A= relação Ca:P de 2:1, B= relação Ca:P de 3:1, C= relação Ca:P de 5:1 e D= relação Ca:P de 6:1 na dieta.

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A EFE é dada em porcentagem e é a fração de eletrólitos filtrados que não é reabsorvida e consequentemente é excretada na urina, os valores variam de acordo com o tipo da dieta e a ingestão de eletrólitos do cavalo. Para a mensuração da EFE, o animal deve estar adaptado à dieta para que alcance a homeostase eletrolítica (LEFEBVRE et al., 2008). Os valores de EFCa e EFP normais para equinos são 0 a 33% e de 0 a 0,5%, respectivamente encontrados em trabalhos com cavalos adultos (KING, 1994). Valores de EFCa de 5,3 a 40% e EFP de 0,05 a 4,1% são relatados por Geor, Harris e Coenen (2013). No presente estudo são apresentados valores dentro do parâmetro determinado para EFCa de 1,71±1,00 (tratamento A) a 3,82±2,46 (tratamento D) segundo King (1994) e apesar de não haver diferença significativa ( $p > 0,05$ ), nota-se a crescente nos valores da EFCa, quanto maior a relação Ca:P, maiores valores de EFCa. Assim como VAN DOORN et al. (2004) associou o aumento na ingestão de Ca com o aumento na excreção urinária de Ca, foi observado na pesquisa. Portanto, o tratamento D (relação Ca:P de 6:1) foi o tratamento que promoveu maiores valores de EFCa.

Quando cavalos são alimentados com dieta de baixo Ca e alta P, a EFCa diminui e a EFP aumenta (CAPLE, DOAKE e ELLIS, 1982), o que pode ser observado no presente estudo. O tratamento de menor concentração de Ca (A=2:1) na dieta foi o que apresentou menor valor de EFCa (1,71±1,00) e maior valor de EFP (5,09±1,54 %), demonstrando a reação do organismo em manter a homeostase desses minerais. Pois, na tentativa de equilibrar a relação Ca:P, o paratormônio (PTH) atua aumentando a excreção de P e ativa a absorção a nível intestinal (TORIBIO, 2011). Em cavalos adultos, os valores de EFP são relatados entre 0,023 a 2,77 %

(EDWARDS, BROWNLOW e HUTCHINS, 1989), valores que são inferiores aos encontrados nos tratamentos A e C. Contudo, potros apresentam valores mais altos de EFP que animais adultos (KING, 1994). Estudando níveis crescentes de Ca (0,15; 0,45 e 0,75%) e níveis padrões de P na dieta de potros de 10 meses de idade, Vitti, Furtado e Quadros (2008) constataram que diferentes proporções de Ca:P na dieta são determinantes sobre a excreção, retenção e absorção de cálcio pelos animais. Observaram também que animais alimentados com nível de 0,15% de Ca, a excreção do P foi maior, provavelmente devido a influência da falta de Ca, demonstrando a importância da relação Ca:P na dieta. Segundo os autores deve-se considerar o efeito do PTH nos animais que recebem dietas deficientes em Ca, o qual atua no sentido de manter os níveis plasmáticos de Ca fazendo com que haja maior excreção de P pelos rins.

A EFP tem sido sugerido como um indicador sensível de diagnóstico do balanço de Ca e P em cavalos (LANE e MERRITT., 1983). Foram observados valores de EFP superiores ao normal no tratamento A, 0,5 a 4,1%, segundo Geor, Harris e Coenen, 2013, podendo estar associado ao quadro de Hiperparatireoidismo Nutricional Secundário (HNS), pois segundo KING (1994) um aumento na EFP pode estar associado além de doenças renais e hiperparatireoidismo primário também se associa ao quadro de Hiperparatireoidismo Nutricional Secundário. Como a EFP é um indicador de balanço de Ca:P e uma forma de interpretação das funções fisiológica dos animais, o tratamento B (relação Ca:P 3:1), se diferenciou do tratamento A de maior valor de EFP e menor concentração de Ca na dieta e que foi semelhante aos tratamentos C e D. Contudo, o tratamento B, foi o tratamento de menor valor de EFP, sendo um tratamento viável economicamente em comparação aos demais tratamentos C e D, os quais necessitam de mais cálcio na dieta e refletem no mesmo valor de EFP de B, sendo mais vantajoso o seu uso nestas condições experimentais.

Em situação de desbalanço da relação Ca:P no organismo, a relação entre Ca e PTH do organismo é inversamente proporcional, fazendo com que a glândula paratireóide responda ao mínimo de mudança da concentração de Ca. Na Austrália, alguns cavalos mesmo recebendo diariamente minerais para proteção contra a indução de deficiência mineral por oxalato, apresentaram sinais clínicos da “doença da cara inchada” (STEWART, LIYOU e WILSON, 2010). Meacham (1984) em estudo sobre a absorção e interação do Ca e P com compostos como o ácido oxálico relata que é importante compreender essas interações quando se formular dieta para cavalos, principalmente quando estão em crescimento.

Não houve diferença significativa nas concentrações de Cálcio, Fósforo, Creatinina e Uréia na urina dos potros alimentados com diferentes relações de Ca:P na dieta ( $p>0,05$ ) (Tabela 8).

Tabela 8. Concentração de Cálcio (Ca), Fósforo (P), Creatinina e Uréia na urina de potros alimentados com diferentes relações Ca:P na dieta

Tratamentos*	Ca (mg/dL)	P (mg/dL)	Creatinina (mg/dL)	Uréia (mg/dL)
A	13,39±11,10 a	14,36±4,35 a	186,06±53,71 a	1875,00±221,03 a
B	19,34±11,00 a	8,00±6,58 a	205,06±30,62 a	2185,37±1302,15 a
C	18,98±14,85 a	7,46±6,82 a	149,37±95,26 a	1166,50±536,26 a
D	23,14±10,02 a	5,50±6,08 a	138,50±39,42 a	1470,25±277,41 a

\*Tratamentos: A= relação Ca:P de 2:1, B= relação Ca:P de 3:1, C= relação Ca:P de 5:1 e D= relação Ca:P de 6:1 na dieta.

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

As dietas para equinos formuladas nas propriedades rurais geralmente utilizam as concentrações de Ca e P total presentes nos alimentos e normalmente apresentam relação Ca:P entre 1,8:1 até 6:1 (NRC, 2007). Jordan et al. (1975), não observaram efeitos prejudiciais em potros alimentados com dieta com relação Ca:P de até 6:1, desde que a ingestão de fósforo fosse aceitável. Da mesma forma isso pode explicar a inexistência de diferença significativa nas análises entre os tratamentos do presente estudo, pois os animais também aceitaram os níveis de fósforo fornecido. Nesse trabalho, apesar do aumento dos níveis de cálcio nos tratamentos, eles foram proporcionais aos níveis de fósforo, não afetando significativamente os níveis de cálcio e fósforo presentes na urina. Em estudo com diferentes níveis de suplementação de Ca na dieta (0,15; 0,45 e 0,75%), Vitti, Furtado e Quadros (2008) concluíram que a ingestão de níveis crescentes de Ca afetou o metabolismo e a cinética deste elemento, entretanto, a proporção Ca:P que é importante ser consideradas. Além disso, o metabolismo de fósforo em equinos em crescimento não foi afetado pelos teores de Ca na dieta.

Não houve diferença estatística ( $p>0,05$ ) no consumo total de MS e porcentagem do PC consumido de MS. Porém, houve diferença estatística no consumo de MS da forragem (Tabela 9).

Tabela 9. Consumo médio da forragem e consumo total (em Kg MS/dia) e % do peso corporal consumido de Matéria Seca

Tratamento*	Forragem (Kg MS/dia)	Consumo Total (Kg MS/dia)	% do PC Consumido de MS
A	2,35±0,12b	4,63±0,39a	2,25±0,26a
B	2,65±0,19a	4,49±0,33a	2,73±0,42a
C	2,55±0,06ab	4,49±0,42a	2,49±0,31a
D	2,61±0,17ab	4,34±0,29a	2,72±0,24a

\*Tratamentos: A= relação Ca:P de 2:1, B= relação Ca:P de 3:1, C= relação Ca:P de 5:1 e D= relação Ca:P de 6:1 na dieta.

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Todos os animais consumiram em média 2,55 % do PC de MS total/dia, valor que está dentro do intervalo de consumo de MS de equinos, segundo o NRC (2007), que varia de 1,5 a 3,1% do peso corporal (PC), sendo a média de 2% do PC. Em relação ao consumo do capim elefante, o grupo de animais que consumiram maior quantidade de foram os animais do tratamento B (Ca:P 3:1). Já o consumo médio de MS do capim elefante foi 1,47 % do PC, diferente dos valores descritos por Ferreira et al. (1995), que foi de 2,3% do PC para potros em crescimento da raça Campolina, essa diferença podendo ser relativo ao porte de cada raça, e semelhantes a Almeida et al. (1999) que observaram consumo de capim elefante de éguas adultas da raça Mangalarga Marchador (idade 7,5±3,0 anos) obtendo valores de 1,55% do PC, considerando o PC de 414 ± 43 kg. O aumento ou não da ingestão de MS de forragens coincide com a qualidade da mesma, em termos de digestibilidade, proteína e carboidratos (NRC, 2007).

Na tabela 10 encontra-se os valores do coeficiente de digestibilidade aparente (DA) da Matéria Seca (DAMS), proteína bruta (DAPB), Energia Bruta (DAEB), cálcio (DACa), fósforo (DAP), matéria mineral (DAMM), Fibra em Detergente Neutro (DAFDN) e Fibra em Detergente Ácido (DAFDA) da dieta. Houve diferença estatística ( $p < 0,05$ ) apenas para os valores de DAMS, DAEB e DACa.

Tabela 10. Coeficiente de Digestibilidade Aparente, em %, da MS, PB, EB, MM, Ca, P, FDN e FDA de potros alimentados com diferentes relações Ca:P na dieta

Tratamentos*	DAMS (%)	DAPB (%)	DAEB (%)	DACa (%)	DAP (%)	DAMM (%)	DAFDN (%)	DAFDA (%)
A	26,35± 6,92a	52,25± 11,53a	50,39± 0,47ab	58,39± 6,63ab	73,67± 4,07a	69,13± 6,27a	79,32± 1,28a	79,88± 2,07a
B	23,93± 3,30ab	37,81± 23,78a	51,59± 1,19ab	35,11± 19,60ab	65,71± 10,70a	62,00± 9,13a	78,88± 2,00a	82,93± 2,89a
C	19,94± 9,65ab	46,13± 17,24a	48,96± 1,08a	64,79± 5,13b	72,08± 2,75a	71,42± 2,72a	78,80± 2,61a	80,97± 3,38a
D	12,67± 4,43b	30,15± 16,07a	54,50± 3,20b	22,30± 32,08a	65,50± 6,60a	57,80± 10,88a	79,45± 0,90a	82,44± 1,77a

\*Tratamentos: A= relação Ca:P de 2:1, B= relação Ca:P de 3:1, C= relação Ca:P de 5:1 e D= relação Ca:P de 6:1 na dieta.

DA = Coeficiente de Digestibilidade Aparente

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

A DAMS foi maior no tratamento A e menor no tratamento D. A DACa também foi menor no tratamento D podendo estar relacionado a maiores concentrações de Ca na dieta desse tratamento. Segundo o NRC (2007) uma absorção de cálcio eficiente é de 50% para todas as idades de equinos. Assim, no tratamento D (22,30±32,08%) não foram encontrados esses valores de eficiência de absorção do Ca, sendo que os tratamentos que mais se aproximam desse valor foram o tratamento A (58,39±6,63%) e C (64,79±5,13%). Além disso, a concentração máxima tolerada de Ca na dieta de equinos é de 2% (NRC, 2007) e o tratamento D apresentou valores superiores (4,68%) de Ca, juntamente com o tratamento C (3,93% de Ca). Contudo, dietas com relação Ca: P entre 1:1 e 6:1 são consideradas seguras para cavalos (Lewis, 1995).

Ao avaliar a influência da ingestão de Ca sobre a digestibilidade de P em pôneis, VAN DOORN et al. (2004) analisaram relações Ca:P de 1,15:1, 2,58:1 e 4,27:1 e observaram que a DAMS não foi influenciada pelo nível de Ca na dieta, diferente dos resultados encontrados no presente estudo, onde o tratamento de maior nível de Ca (tratamento D) a DAMS foi menor (12,67±4,43%). Os autores não observaram diferença na ingestão do P nos tratamentos, mas encontraram diferença significativa na DAP, relatando que diminuiu quando a dieta apresentou intermediário e alto nível de Ca, porém, sem diferença estatística entre esses dois tratamentos, concluindo também que altos níveis de Ca na dieta diminuem a digestibilidade do P. No presente

trabalho, a DAP não teve diferença significativa ( $p>0,05$ ), o mesmo nível de P foi utilizado para todos os tratamentos. VAN DOORN, et al. (2004) encontraram diferença na DACa, observando maiores valores DA nos animais do tratamento de baixo nível de inclusão de Ca (DACa 42,2%) diferenciando dos demais tratamentos (nível intermediário de Ca: DACa de 27,9% e alto nível de Ca: DACa 27,4%). Os resultados de DACa encontrados foram valores diferentes entre si nos tratamentos C e D. Em relação a idade dos animais e a digestibilidade, Elzinga et al. (2014) comparando a digestibilidade de equinos adultos saudáveis e idosos saudáveis, observaram que os dois grupos são semelhantes. Já em estudo comparando animais jovens com idosos, Ralston, Squires e Nockels (1989) encontraram maiores valores de digestibilidade em animais jovens.

Em animais ruminantes o teor de oxalato aceitáveis na dieta são níveis muito superiores ao de não-ruminantes (até 2% de oxalato solúvel segundo Rahman, Abdullah e Khadijah 2012). Rahman et al. (2017) em estudo com cabras, investigaram os efeitos da administração de ácido oxálico na ingestão de alimentos e digestibilidade dos nutrientes dos animais, utilizando níveis de oxalato de 0; 2,25; 4,50 e 6,75 g/animal/dia juntamente com o fornecimento de capim elefante. Os autores observaram que a administração de ácido oxálico não teve efeito sobre a digestibilidade aparente da MS, PB e FDN. O experimento demonstrou que a administração de ácido oxálico influenciou na ingestão de matéria seca, mas não influenciou na digestibilidade da matéria seca e de nutrientes em cabras.

Não houve diferença estatística ( $p>0,05$ ) para DAFDN. Segundo Brandi e Furtado (2009), dietas de equinos devem manter pelo menos 12% de fibra, pois níveis baixo causa depleção da digestibilidade, portanto a quantidade de FDN na dieta deve ser conhecida. A dieta do experimento apresentou níveis satisfatórios de FDN (80,64% FDN no capim elefante).

O capim elefante coletado ao longo do experimento apresentou média de  $2,13\pm 0,77$  metros, altura dentro do esperado para o corte de tamanho ideal para fornecimento de equinos segundo Cintra (2016) de 1,5 a 2,5m. A concentração de oxalato presente na forrageira foi de  $2,33 \pm 0,09\%$  e a relação Ca:Oxalato  $0,21\pm 0,05$ .

Não houve diferença significativa no ganho de peso diário (GPD) dos potros alimentados com diferentes relações de Ca:P na dieta ( $p>0,05$ ) (Tabela 11).

Tabela 11. Ganho de peso diário (Kg) de potros alimentados com diferentes relações Ca:P na dieta

<b>Tratamentos*</b>	<b>Ganho de peso diário (Kg)</b>
<b>A</b>	0,4285±0,8176 a
<b>B</b>	0,3344±0,6528 a
<b>C</b>	0,4846±0,5937 a
<b>D</b>	0,3609±0,4214 a

\*Tratamentos: A= relação Ca:P de 2:1, B= relação Ca:P de 3:1, C= relação Ca:P de 5:1 e D= relação Ca:P de 6:1 na dieta.

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

No presente estudo, o GPD médio dos animais dos tratamentos foi de 0,4021Kg. Figueiredo et al. (2002), ao avaliarem potros Mangalarga Marchador de 6 meses de idade alimentados com capim elefante e adição de concentrado com diferentes níveis de lisina (28,9; 40,9; 52,3; 64,2 e 75,9g), observaram que não houve diferença entre os tratamentos para o GPD, sendo os valores variando de 0,498 kg a 0,619 kg. Para animais com peso adulto esperado de 500 kg, espera-se que potros de 6 meses de idade obtenham GPD de 0,5 kg (NRC, 2007).

Dias et al. (2017), relatam que potros Mangalarga Marchador do nascimento aos 75 dias de idade suplementados com frutooligossacarídeos (FOS) não afeta no GPD dos animais comparado a um grupo controle sem o FOS, descrevendo valores de GPD dos animais de 1,0 kg. Esse valor de GPD, difere da pesquisa, é devido a diferença de idade dos animais, pois, segundo Garcia et al. (2011), 30 dias após o nascimento o peso corporal do potro dobra, e, logo após o primeiro mês, o ganho de peso diminui constantemente com a idade.

Houve diferenças significativas de GPD dos potros nos períodos de avaliação ( $p < 0,05$ ) (Tabela 12).

Tabela 12. Ganho de peso diário médio (Kg) de potros alimentados com diferentes relações Ca:P na dieta nos diferentes períodos de avaliação

<b>Períodos de avaliação</b>	<b>Ganho de peso diário (Kg)</b>
<b>P1</b>	0,2228±0,3121 cb
<b>P2</b>	0,4601±0,2622 b
<b>P3</b>	-0,0421±0,5981 cd
<b>P4</b>	1,2142±0,3947 a
<b>P5</b>	0,4513±0,2077 b
<b>P6</b>	0,6250±0,7234 b
<b>P7</b>	-0,3705±0,5132 d
<b>P8</b>	0,6562±0,4053 b

Médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

O GPD no P1 diferiu do P4 e P7. O GPD no P2, P5, P6 e P8 diferiram do P3, P4 e P7. O GPD no P3 diferiu do P2, P4, P5, P6 e P8. GPD no P4 diferiu de todos os demais períodos de avaliação, sendo os maiores ganhos de pesos obtidos neste período de avaliação. O GPD no P7 também diferiu de todos os demais períodos de avaliação, exceto o P3 de avaliação. Houve perda de peso dos animais no P3 (-0,0421±0,5981 Kg), o qual foi compensado no P4 (1,2142±0,3947 Kg) onde obtiveram o maior GPD durante o experimento, e depois ocorreu nova perda de peso dos animais no P7 (-0,3705±0,5132 Kg). Durante o experimento, nos períodos 3 e 7 os animais apresentaram perda de peso, possivelmente isso ocorreu devido ao grande volume de chuvas (235,8 mm) que ocorreu no início e no final do mês de Novembro (Tabela 13), o que coincide com a perda de peso no período de avaliação. Como o experimento foi realizado a campo, exposto às intempéries, as chuvas excessivas podem ter interferido, prejudicando os animais no momento de aproximar-se do cocho e consumir a forragem, pois o solo e o cocho no piquete experimental eram descobertos.

Tabela 13. Dados meteorológicos da cidade de Lavras-MG durante o período experimental no ano de 2017

Mês	Temperatura Mínima (média) (°C)	Temperatura Máxima (média) (°C)	Umidade Relativa do Ar (média) (%)	Precipitação Total (mm)
Junho	10,9	23,0	67,3	0
Julho	12,3	26,5	61,3	1,4
Agosto	13,4	28,9	48,9	32,6
Setembro	17,1	29,3	63,4	125,3
Outubro	17,2	27,2	73,5	126,4
Novembro	18,4	28,9	74,1	235,8
Dezembro	18,4	27,7	77,9	179,8

Fonte: Dados da Rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 5º Distrito de Meteorologia. Estação climatológica principal de Lavras (Universidade Federal de Lavras)

Verificando a interação entre tratamento e período de avaliação, houve diferença significativa entre os tratamentos somente no P6 ( $p < 0,05$ ), onde o GPD no tratamento A (relação Ca:P de 2:1 na dieta) diferiu de todos os demais, com maior valor ( $1,3250 \pm 0,8617$  Kg) (Tabela 14 e figura 6). Analisando os períodos dentro de cada tratamento, verificou-se que no tratamento A o GPD no P1 e P2 diferiram do P4, P6 e P7. O GPD no P3 diferiu do P4 e P6. O GPD no P4 diferiu de todos os demais períodos de avaliação, exceto o P6. O GPD no P5 e P8 diferiram do P4 e P7. O GPD no P6 diferiu do P1, P2, P3 e P7. O GPD no P7 diferiu de todos os demais períodos de avaliação, exceto o P3.

No tratamento B, o GPD no P1 e P6 diferiram somente do P4. O GPD no P2 e P5 foi semelhante a todos os períodos. O GPD no P3 e P7 diferiram do P4 e P8. O GPD no P4 diferiu do P1, P3, P6 e P7. No tratamento C, o GPD no P1, P3 e P5 diferiram somente do P4. O GPD no P2 e P8 diferiu apenas do P7. O GPD no P6 foi semelhante a todos os períodos. O GPD no P7 diferiu do P2, P4 e P8. Analisando todos os períodos dentro de cada tratamento o P4 foi o que apresentou maiores valores de GPD. No tratamento D, somente o GPD no P4 foi diferente do P7 de avaliação.

Ao comparar o período de avaliação versus tratamentos, o GPD nos tratamentos se diferenciaram estatisticamente ( $p < 0,06$ ) apenas no P6, sendo o tratamento A diferente dos demais, exceto do tratamento D. Ao se adaptarem a dieta, os animais ao longo dos períodos modificam o GPD, variando a cada período. Essas variações que ocorreram entre os períodos e tratamentos de avaliação, possivelmente não foram influenciadas pela relação Ca:P da dieta, mas sim por possíveis

mudanças no próprio comportamento dos animais, como consumo do dia, seletividade, tempo destinado a ingestão de forragens, hierarquia para chegada ao cocho, consumo de água e interação entre os potros, pois cada animal possui uma particularidade comportamental. Contudo, Afonso (2010) em estudo com animais da raça Mangalarga Marchador alimentados com capim elefante, relatam que em manejo composto por piquete coletivo com acesso a pastagem e incrementado com oferta diversificada de alimentos forrageiros, motiva o comportamento alimentar dos animais. Além disso, conclui que o capim elefante como fonte exclusiva de forragem pode ser interessante quando fornecido na forma picada e inteira, com ofertas elevadas, devido à intensa seletividade dos animais, pois os mesmos possuem preferência alimentar própria e podem escolher partes da planta para o consumo.

Tabela 14. Interação entre as diferentes relações Ca:P e os períodos de avaliação sobre o ganho de peso diário (Kg) de potros Mangalarga Marchador

Tratamentos*	Ganho de peso diário (Kg)							
	Períodos de avaliação*							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
A	0,3127±	0,2947±	-0,2502±	1,5180±	0,4582±	1,3250±	-0,7677±	0,5375±
	0,2447	0,2950	0,5528	0,0899	0,0699	0,8617	0,6556	0,1887
	Aa	Aa	ABa	Ca	ADa	CDa	Ba	ADa
B	0,0157±	0,4730±0,	-0,3750±	1,2320±	0,5277±	0,0750±	-0,1605±	0,8875±
	0,2904	2049	0,6105	0,3972	0,1470	0,5620	0,5605	0,5603
	ABa	ABCa	Aa	Ca	ABCa	ABb	Aa	BCa
C	0,2970±	0,6437±	0,2897±	1,3212±	0,3470±	0,5000±	-0,3217±	0,8000±
	0,2670	0,2440	0,7014	0,4226	0,0699	0,5831	0,5101	0,3830
	ABa	BCa	ABa	Ca	ABa	ABCb	Aa	BCa
D	0,2657±	0,4287±	0,1670±	0,7857±	0,4722±0,	0,6000±	-0,2320±	0,4000±
	0,4401	0,2688	0,4564	0,2259	4019 ABa	0,3742	0,1220	0,3464
	ABa	ABa	ABa	Ba	ABab	ABab	Aa	ABa

\*Tratamentos: A= relação Ca:P de 2:1, B= relação Ca:P de 3:1, C= relação Ca:P de 5:1 e D= relação Ca:P de 6:1 na dieta.

\*Período de avaliação: P (número do período de avaliação do ganho de peso realizada semanalmente) Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

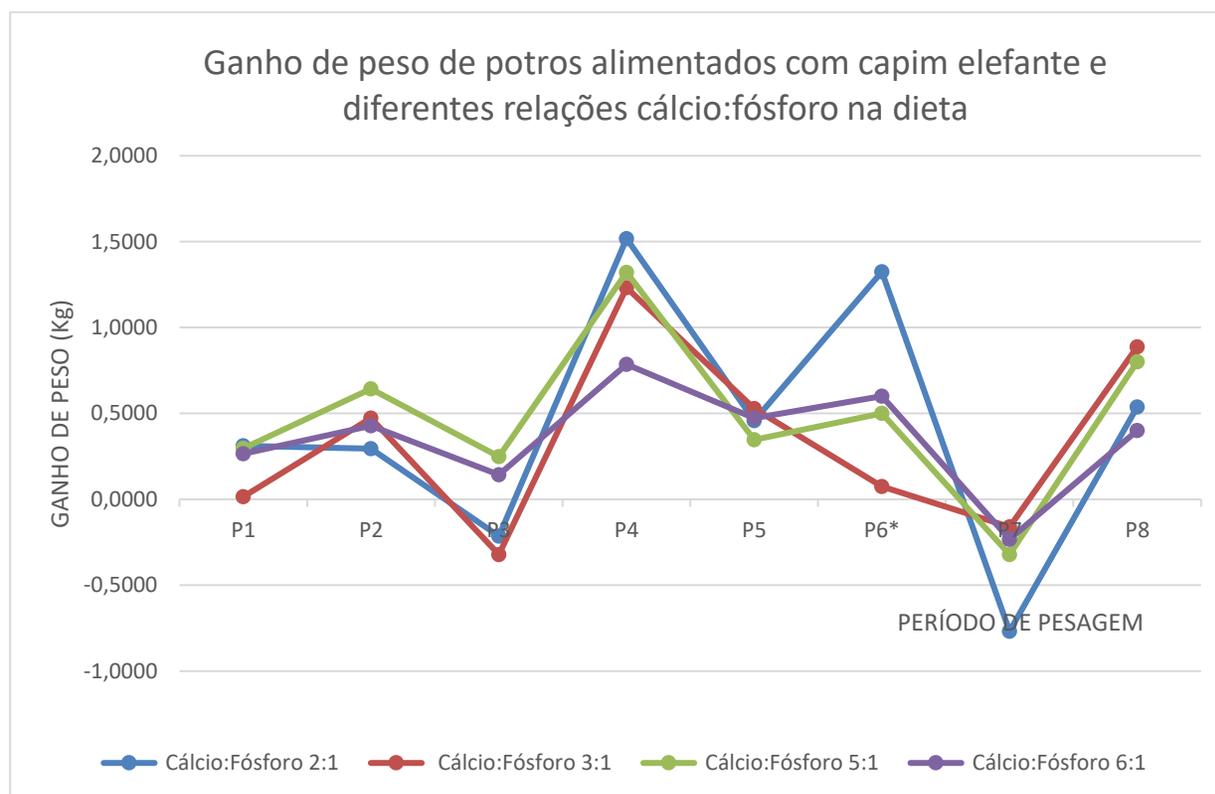


Figura 6. Ganho de peso médio de potros desmamados da raça Mangalarga Marchador alimentados com capim elefante e concentrado com diferentes relações Ca:P

Fonte: do Autor

Segundo Rahman, Abdullah e Khadijah (2012) a diminuição na ingestão de alimentos devido ao consumo do fator antinutricional oxalato pode ter algum efeito sobre o ganho de peso dos animais, porém, não há nenhum dado na literatura que relate isso. O consumo alimentar total dos animais da pesquisa foi em média de 2,55% Kg MS do peso corporal por dia. Rahman, Abdullah e Khadijah (2012) relatam que a suplementação com fósforo e cálcio na dieta antes e durante a exposição do oxalato é um meio eficaz de reduzir perdas como distúrbios nutricionais e os animais também devem ter acesso à água e alimento à vontade, o que ocorreu durante o experimento. Krook e Lowe (1964) ao avaliarem o ganho de peso de potros, observaram que os animais apresentaram ganho de peso normal em um período de 41 semanas, com médias de peso entre 0,37, 0,35 e 0,46 kg/dia.

Considerando que potros da raça Mangalarga Marchador aos seis meses de idade apresentam cerca de 33,4% do peso adulto, e o peso adulto segundo o padrão da raça está entre

350kg a 450kg (REZENDE, VELOSO e VAL, 1986; SOUZA, 2017), os animais do presente experimento apresentaram peso dentro do esperado para a raça, com médias de 209,1kg, 169,4kg, 183,5kg e 161,1kg nos tratamentos A, B, C e D respectivamente. Potros em crescimento podem ter boas taxas de crescimento, desde que na ração seja incluído equilíbrio mineral adequado (RALSTON, 1997).

O Escore de Condição Corporal (ECC) foi avaliado em escala de 0 a 5 segundo Carrol e Huntington (1988) e não houve alteração durante o experimento (Tabela 15) permanecendo as mesmas pontuações de 2; 2,5 e 3.

**Tabela 15. Peso e escore de condição corporal inicial e final dos animais utilizados no experimento**

Animal	Início do Experimento		Final do Experimento	
	Peso (kg)	Escore (0-5)	Peso (kg)	Escore (0-5)
D1	173	2,5	200,0	2,5
D2	170	2,5	191,0	2,5
D3	190	3	226,5	3
D4	116	2,5	132,5	2,5
D5	142	2,5	172,0	2,5
D6	123	2,5	150,5	2,5
D7	134	2	149,0	2
D8	157	2,5	197,5	2,5
D9	185	3	219,5	3
D10	189	2,5	227,0	2,5
D11	131	2,5	163,0	2,5
D12	145	2,5	168,0	2,5
D13	111	2,5	137,5	2,5
D14	113	2,5	139,0	2,5
D15	132	2,5	165,5	2,5
D16	242	2,5	254,0	2,5

## CONCLUSÃO

Nestas condições experimentais, não foi possível verificar a influência da mineralização sobre o ganho de peso diário e o escore de condição corporal de potros alimentados com forrageira com a presença de oxalato.

O fornecimento de dieta com relação Ca:P 3:1 para potros quando alimentados com capim elefante (*Pennisetum purpureum* cv Napier) com concentração de oxalato de 2,51% e relação Ca:Oxalato 0,16 mantém a homeostase dos minerais Ca:P do organismo.

## REFERÊNCIAS

AFONSO, A. M. C. **Comportamento alimentar de equinos em treinamento submetidos a três manejos**. 2010. 77 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2010.

ALMEIDA, M. I. V. et al. Valor nutritivo do Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum*, Shum), do Feno de Alfafa (*Medicago sativa*, L.) e do Feno de Capim *Coast-cross* (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) para Equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 25(4): 743-752, 1999.

ALVES, E. B. **Efeito da altura do dossel e da época do ano sobre as características agronômicas e nutricionais do capim-elefante fresco e ensilado**. 2017. 56p. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

BETERCHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2012. 373p.

BLANEY, B. J.; GARTNER, R. J. W.; MCKENZIE, R. A. The inability of horses to absorb calcium oxalate. **Journal of Agricultural Science**, 97 (3): 639-64, 1981.

BLANEY, B. J.; GARTNER, R. J. W.; MCKENZIE, R. A. The effectsof oxalate insome tropical grasses on the availability to horses of calcium, phosphorus and magnesium.**The Journal of Agricultural Science**, .97 (3): 507-5014, 1981.

BRANDI, R. A., FURTADO, C. E. Importância nutricional e metabólica da fibra na dieta de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38: 246-258, 2009.

CAPLE, I. W., DOAKE, P. A, ELLIS, P. G. Assessment of the calcium and phosphorus nutrition in horses by analysis of urine. **Australian Veterinary Journal**, 58(4):125-131, 1982.

CARROL, C. L.; HUNTINGTON, P. J. Body condition scoring and weight estimation of horses. **Equine Veterinary Journal**, 20(1): 41-45, 1988.

CINTRA, A.G.C. **O Cavalo: características, manejo e alimentação**. São Paulo: Editora Roca, 2016. 384 p.

COLES, E. H. **Patologia clínica veterinária**. 3.ed. São Paulo. Editora Manole. 1984. 565p.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, Suprema: INCT – Ciência Animal, Editora UFV, 2012. 214p.

DIAS, A. C. C. Development of Mangalarga Marchador suckling foals supplemented with fructooligosaccharides. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 46(9):747-754, 2017.

DORETTO, J. S., SILVA, M. A. M. L., LAGOS, M. S. Determinação dos valores de referência para uréia e creatinina sérica em equinos. **Boletim Medicina Veterinária – Espírito Santo do Pinhal**, 3(3): 67-71, 2007.

EDWARDS, D. J., BROWNLOW, M. A., HUTCHINS, D. R. Indices of renal function: reference values in normal horses. **Australian Veterinary Journal**, 66(2): 60–63, 1989.

FERNANDES, W. R. et al. Avaliações dos níveis séricos de uréia, creatinina, sódios e potássio em cavalos da raça P.S.I. submetidos a exercícios de diferentes intensidades. **Veterinária e Zootecnia**, 17(3): 359-366, 2010.

FERREIRA, S. C. et al. Avaliação do consumo e da digestibilidade do capim elefante (*Pennisetum purpureum*) picado e do feno de guandu (*Cajanus cajan*) desintegrado em equinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 47(2): 239-248, 1995.

FIGUEIREDO, W. M. C. et al. Lisina para potros da raça Mangalarga Marchador. **Ciência e Agrotecnologia**, 26(3): 626-632, 2002.

GEOR, R. J., HARRIS, P. A., COENEN, M. **Equine applied and clinical nutrition. Importance of nutrition for health, welfare and performance**. Saunders Elsevier, 2013. 679 p.,

HENNEKE, D. R. et al. Relationship between body condition score, physical measurements and body fat percentage in mares. **Equine Veterinary Journal**, 15(4): 371-372, 1983.

HERBERT, E. W., DITTMER, K. E. Case Report: Acute and chronic oxalate toxicity in Miniature horses associated with soursob (*Oxalis pes-caprae*) ingestion. **Equine Veterinary Education**, 29(10): 549-557, 2017.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 5º Distrito de Meteorologia. Estação climatológica principal de Lavras (Universidade Federal de Lavras). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acessado em: 06 de fevereiro de 2019.

JORDAN, R. M. et al. Effect of calcium and phosphorus level on growth, reproduction and bone development of ponies. **Journal of animal Science** 40(1): 78-85, 1975.

KANEKO, J., HARNEY, J. W., BRUSS, M. L. **Clinical Biochemistry of domestic Animals**. 5 ed. San Diego CA: Academic Press, 1997. 932p.

KING, C. Practical use of urinary fractional excretion. **Journal of Equine Veterinary Science. Veterinary Review**, 14(9): 464-468, 1994.

KNOTTENBELTT, D.C.; PASCOE. R.R.; NASCIMENTO, F.G. **Afecções e distúrbios do cavalo**. São Paulo: Editora Manole, 1998. 284p.

KROOK, L., LOWE, J. E. **Nutritional Secondary Hyperparathyroidism in the Horse: With a Description of the Norma Equine Parathyroid Gland**. Philadelphia: Editors: P. ColiRs, Hannover - L. 2.SAUNDERS,, 1964. 98p.

LANE, V. M, MERRITT, A.M. Reliability of single-sample phosphorus fractional excretion determination as a measure of daily phosphorus renal clearance in equids. **American Journal Veterinary Research**, 44(3):500-502, 1983.

LEFEBVRE, H. P. et al. Fractional excretion tests: a critical review of methods and applications in domestic animals. **Veterinary Clinical Pathology**, 37(1): 4-20, 2008.

LEWIS, L.D., **Feeding and Care of the Horse**. Wiley-Blackwell; 2 ed. 1996. 400p.

LEWIS, L. D. **Equine Clinical Nutrition Feeding and Care**. Philadelphia: Williams & Wilkins, 1995. 587 p.

McKenzie, E. C. et al. Comparison of volumetric urine collection versus single-sample urine collection in horses consuming diets varying in cation-anion balance. **American Journal of Veterinary Research**. 64(3): 284-291, 2003.

MEACHAM, V. B. A review of calcium, phosphorus and magnesium metabolism in the horse. **Journal of Equine Veterinary Science**, 4(5): 210-214, 1984.

MOSS ,P. C. B. et al. Validação do Nanolipe® como método para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes pelos equinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 69(3): 687-694, 2017.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES - NRC – **Nutrients requirements of horses**. 6 ed. Washington: National Academy of Science, 2007. 341p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM, **R: a language and environment for statistical computing**. R Foudation Computing Statistical, Viena. 2018. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>

RAHMAN, M. M. et al. Effects of Different Levels of Oxalic Acid Administration on Feed Intake and Nutrient Digestibility in Goats. **Sains Malaysiana**, 46(4): 515–519, 2017.

RAHMAN, M. M., ABDULLAH, R. B., KHADIJAH, W. E. A review of oxalate poisoning in domestic animals: tolerance and performance aspects. **Journal of animal Physiology and Animal Nutrition**, 97(2013): 605- 614, 2012.

RALSTON, S. L. Feeding the rapidly growing foal. **Jounal of Equine Veterinary Science**, 17(12): 634-636, 1997.

RALSTON, S. L., SQUIRES, E. L., NOCKELS, C. F. Digestion in the aged horse. **Journal of Equine Veterinary Science**, 9: 203-5, 1989.

RAMOS, L. C. V. O. Hidroxiprolina e fosfatase alcalina como parâmetros fisiológicos indicadores do *status* metabólico do cálcio e do fósforo em equinos. **Revista Acadêmica**, 5(4): 359-368, 2007.

REZENDE, A. S. C. R., SILVA, R. H. P., INÁCIO, D. F. S. Volumosos na alimentação de equídeos. **Caderno de Ciências Agrárias**, 7(1): 116-131, 2015.

REZENDE, A. S. C; VELOSO, J.A.F.; VAL, L.C. et al. Efeito de nível do concentrado suplementar sobre o crescimento de potros pós-desmama. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 38(6): 927-941, 1986.

SALIBA, E. O. S.; FARIA, E. P.; RODRIGUEZ, N. M. Use of infrared spectroscopy to estimate fecal output with marker Lipe®. **International Journal of Food Science Nutrition Diet.**, 4: 1-10, 2015.

SOUZA, F. A. C., FERNADES, T. J., MOURA, R. S., MEIRELLES, S. L. C., RIBEIRO, R. A., CUNHA, F. O., MUNIZ, J. A. Nonlinear modeling growth body weight of Mangalarga Marchador horses. **Ciência Rural**, 47(4): 1-6, 2017.

STEWART, J.; LIYOU, O; WILSON, G. Bighead in Horses – Not an Ancient Disease. **The Australian Equine Veterinarian**, 29(1): 55-62, 2010.

TILLEY, J. M., TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, 18(2): 104-111, 1963.

TORIBIO, R.E. Disorders of calcium and phosphorus metabolism in horses. **Veterinary Clinical Equine**, 27: 129-147, 2011.

VAN DOORN, D. A. et al. influence of calcium intake on phosphorus digestibility in mature ponies. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 88: 412-418, 2004.

VITTI, D.M.S.S.; FURTADO, C.E.; QUADROS, J.B.S.; et al. Efeitos de diferentes níveis de cálcio dietético na cinética de cálcio e fósforo em equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 37(3): 478-486, 2008.