



**CAROLINA PADOVANI PIRES**

**INTER-RELAÇÃO ENTRE BALANÇO CÁTION-  
ANIÔNICO DO ALIMENTO E O pH URINÁRIO  
DE GATOS**

**LAVRAS – MG**

**2011**

**CAROLINA PADOVANI PIRES**

**INTER-RELAÇÃO ENTRE BALANÇO CÁTION-ANIÔNICO DO  
ALIMENTO E O pH URINÁRIO DE GATOS**

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

Orientadora

Dra. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad

**LAVRAS – MG**

**2011**

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

Pires, Carolina Padovani.

Inter-relação entre balanço cátion-aniônico do alimento e o pH  
urinário de gatos / Carolina Padovani Pires. – Lavras : UFLA, 2011.  
94 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.  
Orientador: Flávia Maria de Oliveira Borges Saad.  
Bibliografia.

1. Felinos. 2. Urina. 3. Hemogasometria. 4. Dieta. 5. Excesso de  
base. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.80892461

**CAROLINA PADOVANI PIRES**

**INTER-RELAÇÃO ENTRE BALANÇO CÁTION-ANIÔNICO DO  
ALIMENTO E O pH URINÁRIO DE GATOS**

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

APROVADA em 10 de janeiro de 2011.

Dr. Aulus Cavaleiri Carciofi                      UNESP

Dra. Priscila Vieira e Rosa                      UFLA

Dr. Carlos Eduardo do Prado Saad              UFLA

Dra. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad  
Orientadora

**LAVRAS – MG**

**2011**

*Aos meus pais, Ana e Junior, pelo exemplo de ética, perseverança e dedicação para realização desse sonho.*

*Às minhas avós, Luiza e Mercedes, que sempre estiveram na torcida, ajudando com orações ou, mesmo, com palavras amigas.*

*Aos meus irmãos, Isabela e Danilo, pelo incentivo e apoio, apesar da distância.*

*Aos meus cunhados, Marisa e Christopher, pelo apoio.*

*A todos os familiares que torceram pelo meu sucesso.*

## OFEREÇO

A todos que acreditaram e me apoiaram durante essa jornada.

## DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida.

À minha orientadora, professora Flávia Maria de Oliveira Borges Saad, pela oportunidade, confiança e apoio.

À Universidade Federal de Lavras, pelo incentivo à pesquisa.

Ao professor Aulus Cavalieri Carciofi, pela inestimável colaboração.

À professora Priscila Logato, por sua grande ajuda.

Ao professor Carlos Eduardo do Prado Saad, pela colaboração.

Ao professor Márcio Zangerônimo, pelos ensinamentos e colaboração.

Aos professores do Departamento de Zootecnia e de outros Departamentos, que sempre estiveram dispostos a ajudar.

À Alltech, por viabilizar novas pesquisas na área de animais de companhia.

Ao CNPq, pelo incentivo à pesquisa, por meio da disponibilidade de bolsas.

Ao amigo João Paulo, pela amizade e fundamental colaboração.

Aos amigos Wandréa e Warley, pela confiança e incentivo.

Aos meus grandes e verdadeiros amigos, que sempre desejaram minha vitória porque esta os deixava felizes também.

A todos os integrantes do Nenac que, de alguma forma, participaram dessa caminhada.

Aos técnicos do Laboratório de Ciência Animal do Departamento de Zootecnia, que sempre estão dispostos a ajudar.

Aos animais do CENAC, por fazerem possíveis pesquisas na área de nutrição.

Às companheiras Natália, Franciele, Patrícia e Juliana, pelo grande apoio.

Aos amigos Maionese, Aline, Gilson e Gilberto que sempre me incentivaram e apoiaram.

Ao Ely pela paciência e companherismo.

Aos meus filhotes, Nina e Nemo, pela lealdade incondicional.

## **BIOGRAFIA**

Carolina Padovani Pires, filha de João Feliciano Pires Júnior e Ana Maria Padovani Pires, nasceu em 26 de julho de 1983, em Americana, SP.

Em agosto de 2003 ingressou na Universidade Federal de Minas Gerais, onde, em julho de 2008, graduou-se em Medicina Veterinária.

Em março de 2009, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Lavras, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos.

Em abril de 2010 foi aprovada no exame de qualificação e em 10 de janeiro de 2011 submeteu-se à defesa de Dissertação para a obtenção do título de “Mestre”.



## RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão de níveis de um acidificante comercial (0,0%, 0,3%, 0,6%, 0,9% na matéria seca) no balanço ácido-básico do organismo, coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, pH urinário, equilíbrio hidro-eletrolítico de gatos adultos, bem como a adequação de equações propostas na literatura utilizando excesso de bases no alimento para estimar o pH urinário de gatos, um ensaio foi conduzido no Centro de Estudos em Nutrição de Animais de Companhia (CENAC) da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG. Para tanto, foram utilizados 24 gatos adultos, machos e fêmeas, constituintes da população permanente do gatil distribuída em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, constituído de seis animais por tratamento, sendo um animal por parcela experimental. A análise estatística foi realizada pelo pacote estatístico Statistical Analysis System, no qual as médias foram testadas para normalidade e homogeneidade do resíduo. Atendendo às premissas fundamentais, foram então analisadas pelo teste F e, quando significativas ( $p < 0,05$ ), desdobradas as regressões, considerando 5% de significância. A utilização do aditivo, nos níveis estudados, não alterou o pH urinário, os parâmetros sanguíneos e o equilíbrio ácido-básico e hidro-elétrólítico dos animais, bem como a digestibilidade dos nutrientes, escore fecal, consumos de alimento e de água. O alimento utilizado apresentou-se extremamente catiônico devido ao alto teor de cálcio, e associado a um baixo nível de cloro que ocasionou um quadro de hipocloremia nos animais, as equações propostas por Jeremias (2009), Kienzle e Wilms-Eilers (1994), Yamka, Friesen e Schakenraad (2006) para estimar o pH urinário utilizando excesso de base do alimento considerando o enxofre, não descreveram o valor real mensurado desta variável estudada.

Palavras-chave: Dieta. Excesso de base. Felinos. Hemogasometria. Urina.

## ABSTRACT

Aiming to evaluate the effect of inclusion levels of one commercial acidifying (0.0%, 0.3%, 0.6%, 0.9% dry matter) in acid-base balance of body, coefficients digestibility of nutrients, urine pH, fluid and electrolyte balance in adult cats, as well as the adequacy of equations proposed in the literature using base excess in food to estimate the urinary pH of cats, a test was conducted at the Center for Nutrition Companion Animals (CENAC), Federal University of Lavras, MG. Therefore, we used twenty four adult cats, male and female components of the permanent population of cattery distributed in a completely randomized design with four treatments, consisting of six animals per treatment, one animal per experimental plot. Statistical analysis was performed using the statistical package Statistical Analysis System, in which the means were tested for normality and homogeneity of the waste. Given the fundamental premises were then analyzed by F test and when significant ( $p < 0.05$ ), deployed to the regressions, considering 5% significance level. The use of the additive levels studied did not alter urine pH, blood parameters and acid-base balance and fluid and electrolyte of the animals and the digestibility of nutrients, fecal score, consumption of food and water. The food used had to be extremely cationic due to the high calcium content, and associated with a low level of chlorine that caused a frame hypochloremia in animals, the equations proposed by Jeremias (2009), Kienzle e Wilms-Eilers (1994), Yamka, Friesen e Schakenraad (2006), to estimate the urinary pH using excess basic food considering the sulfur did not describe the actual value measured in this variable studied.

Keywords: Diet. Base excess. Felines. Blood gas analysis. Urine.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores médios normais do exame gasométrico de gatos .....	17
Tabela 2	Equações propostas para estimar pH urinário em função do excesso de base (EB) da dieta .....	28
Tabela 3	Tratamentos experimentais do primeiro ensaio experimental .....	36
Tabela 4	Composição do alimento comercial <sup>1</sup> em base da matéria natural (MN), em base da matéria seca (MS) e obtida por meio de análise laboratorial em base de matéria seca (MS).....	37
Tabela 5	Composição mineral do acidificante comercial .....	38
Tabela 6	Escore fecal baseado na consistência e aspecto das amostras de fezes colhidas durante o primeiro ensaio experimental .....	39
Tabela 7	Médias e coeficiente de variação do consumo (g/dia) em base de matéria seca (MS), da produção de fezes (g/dia), da porcentagem de água nas fezes e do escore fecal.....	48
Tabela 8	Médias e coeficiente de variação do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), extrato etéreo hidrólise ácida (CDAEHA), matéria mineral (CDAMM), energia digestível aparente (EDA), em kcal/kg e energia metabolizável aparente (EMA), em kcal/kg .....	50
Tabela 9	Classificação mercadológica dos alimentos completos industrializados para gatos, de acordo com os valores dos coeficientes de digestibilidade (%) dos nutrientes.....	52
Tabela 10	Médias e coeficiente de variação do consumo de água (ml/dia) de bebida e do alimento, volume urinário (ml/dia), matéria seca da urina, balanço de água .....	53
Tabela 11	Médias e coeficiente de variação do pH urinário observados nos tratamentos e média geral e coeficiente de variação do pH urinário nos períodos inicial e final .....	57
Tabela 12	Coeficientes de correlação e significância.....	59
Tabela 13	Médias de pH sanguíneo, pressão parcial de dióxido de carbono (pCO <sub>2</sub> ), pressão parcial de oxigênio (pO <sub>2</sub> ), concentração de bicarbonato (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), dióxido de carbono total (CO <sub>2</sub> T), saturação de oxigênio (SatO <sub>2</sub> ) e excesso de base (EB), dos animais em jejum e seis horas após alimentação .....	61
Tabela 14	Análise de correlação entre pH urinário e variáveis analisadas em hemogasometria (pH sanguíneo, pCO <sub>2</sub> , pO <sub>2</sub> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , CO <sub>2</sub> total, saturação de O <sub>2</sub> , excesso de base).....	63
Tabela 15	Médias dos valores mensurados de sódio, potássio e cloreto séricos de animais em jejum e alimentados.....	64

Tabela 16	Concentrações médias aproximadas de cátions (sódio e potássio) e ânions (cloreto) no plasma de gatos saudáveis .....	64
Tabela 17	Análise de correlação entre ph urinário e eletrólitos séricos.....	65
Tabela 18	Valores sanguíneos e bioquímicos séricos de referência para gatos	66
Tabela 19	Médias e coeficiente de variação de hematócrito (%) na interação tratamento*período, média geral e coeficiente de variação de hematócrito (%).....	66
Tabela 20	Macrominerais (g/kg) dos tratamentos experimentais com diferentes níveis de acidificante urinário .....	68
Tabela 21	Excesso de base do alimento e pH urinário estimado .....	70

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	14
2.1	Equilíbrio ácido-básico.....	14
2.1.1	pH dos fluidos corpóreos.....	14
2.1.2	Avaliação do estado ácido-base .....	16
2.2	Urolitíase em felinos .....	18
2.3	Fatores dietéticos e pH urinário .....	21
2.4	Balanço cátion-aniônico dietético .....	25
2.5	Mensuração do pH urinário .....	27
2.5.1	Estimativa do pH urinário pelo excesso de base do alimento .....	27
2.5.2	Medidas <i>in vivo</i> .....	29
2.6	Balanço mineral do alimento .....	30
2.7	Acidificantes dietéticos .....	31
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	35
3.1	Local e instalações .....	35
3.2	Animais utilizados e tratamentos experimentais .....	35
3.3	Procedimento experimental .....	38
3.3.1	Ensaio de digestibilidade, escore fecal e balanço hídrico .....	39
3.3.2	Ensaio para a determinação do pH urinário <i>in vivo</i> .....	43
3.3.3	Avaliação do excesso de base da dieta e o pH urinário estimado ..	44
3.3.4	Avaliação do equilíbrio ácido-básico .....	45
3.4	Análises estatísticas.....	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4.1	Consumo médio, produção de fezes e escore fecal .....	48
4.2	Coefficientes de digestibilidade.....	49
4.3	Balanço hídrico .....	52
4.4	pH urinário.....	56
4.5	Equilíbrio ácido-básico.....	60
4.6	Parâmetros hematológicos .....	65
4.7	Estimativa do pH urinário pelo excesso de base do alimento .....	67
4.8	Estimativa da inclusão de acidificante ideal.....	71
5	CONCLUSÃO .....	73
	REFERÊNCIAS .....	74
	ANEXOS .....	82

## 1 INTRODUÇÃO

Estudos para o desenvolvimento de formulações de alimentos para animais de companhia buscam componentes essenciais à manutenção da vida de forma saudável, bem como a segurança de produtos, incorporando nestes elementos capazes de prevenir os riscos de determinados distúrbios metabólicos associados à dieta.

Desordens do trato urinário felino, em destaque as urolitíases, apresentam alta incidência na casuística clínica. Estudos associam fatores dietéticos, como ingredientes, digestibilidade e composição química, alteração do volume, pH e densidade da urina, e a consequente indução à formação de urólitos.

Uma correlação altamente significativa entre a composição mineral da dieta e o pH urinário de gatos é estudada, utilizando a associação entre o balanço catiônico-aniônico da dieta (BCAD) e a regulação do equilíbrio ácido-base do organismo.

O BCAD pode ser definido como a diferença entre os cátions e ânions fixos totais presentes na dieta, ferramenta importante para estimar o pH urinário e determinar a faixa de pH que o alimento utilizado favorece, podendo, assim, associar o desencadeamento e a prevenção de urólitos de estruvita e oxalato de cálcio no trato urinário de felinos.

Considerando a importância para a indústria de alimentos para animais de companhia, no que diz respeito aos métodos de predição do pH urinário por meio da composição de macrominerais e aminoácidos do alimento, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o balanço cátion-aniônico da dieta e seus efeitos sobre o equilíbrio ácido-básico e o pH urinário de gatos adultos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Equilíbrio ácido-básico

#### 2.1.1 pH dos fluidos corpóreos

A estabilização do pH dos fluidos corpóreos contidos nos espaços intra e extracelulares é uma das maneiras de o organismo manter suas funções em equilíbrio, sendo uma das variáveis mais rigorosamente reguladas pelo organismo (KANEKO, HARVEY ; BRUSS, 1997; SWENSON; REECE, 1996). Para tal manutenção, mecanismos foram desenvolvidos, a fim de manter o pH dentro dos limites estritos. Em condições normais, ácidos e bases absorvidas ou geradas endogenamente são devidamente tamponados, transformados em outros compostos ou sumariamente eliminados (KANEKO, HARVEY; BRUSS, 1997).

Swenson e Reece (1996) descreve que as moléculas químicas responsáveis pelo equilíbrio são o bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), admitindo comportamento regido pela Lei da Massa, segundo a qual os produtos à esquerda e à direita da equação devem manter-se em equilíbrio:



O metabolismo de nutrientes com caráter catiônico que contém maiores quantidades de sais de ácidos ou complexos de cálcio, magnésio e potássio formará bases que aparecerão no sangue como bicarbonato. Ácidos orgânicos, provenientes deste metabolismo, entrarão no ciclo do ácido cítrico, sendo, então, oxidados, formando íons bicarbonato, equilibrados pelo potássio e outros cátions. O excesso de bicarbonato aumentará o pH sanguíneo, promovendo uma

alcalose metabólica, corrigida pela excreção de bicarbonato pela urina, a qual, por sua vez, terá caráter alcalino (CUNNINGHAM, 1999).

Aminoácidos são metabolizados, tendo a amônia como o produto nitrogenado final, reagindo automaticamente com o ácido carbônico e liberando íons amônio e bicarbonato. Íons amônio formados associam-se ao glutamato para a formação hepática de glutamina, a qual será captada pelos rins, carreando íons hidrogênio para excreção na forma de amônio, tornando a urina ácida. A oxidação hepática de aminoácidos que contêm enxofre (metionina e cistina) gera ácido sulfúrico. Depois da entrada deste no sangue, será tamponado pelo bicarbonato, gerando sal neutro ( $\text{NaSO}_4$ ), gás carbônico e água. O gás carbônico será eliminado pelos pulmões e o sal neutro transportado para os rins. O sódio será reabsorvido, possibilitando a reabsorção do bicarbonato. Já o sulfato combina com a amônia e os íons hidrogênio secretados, formando sulfato de amônio que é, então, excretado na urina, caracterizando a urina ácida (DIBARTOLA, 1992).

A fim de garantir o equilíbrio ácido-básico, o organismo lança mão de sistemas-tampão, os quais irão garantir a manutenção do pH em torno do limite vital.

O sistema-tampão mais importante do sangue é o de bicarbonato/ácido carbônico, o qual atua alterando a pressão parcial de dióxido de carbono ( $\text{pCO}_2$ ) por meio da velocidade de sua remoção, garantida pela ventilação pulmonar (DIBARTOLA, 1992).

O ácido carbônico pode ser representado pela constante 0,03 pela pressão parcial de  $\text{CO}_2$  do sangue, surgindo, no denominador da equação, um gás que expressa a ventilação.

$$\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{\text{HCO}_3^-}{0.03 \times \text{pCO}_2}$$



Assim, é possível concluir que a manutenção do pH depende, fundamentalmente, da função renal (numerador da equação) e da função respiratória (denominador da equação).

$$\text{pH} = \frac{\text{Função renal (componente não respiratório ou metabólico)}}{\text{Função respiratória (componente respiratório)}}$$

### 2.1.2 Avaliação do estado ácido-base

O sangue é utilizado como parâmetro para a avaliação do estado ácido-base dos animais, portanto, avalia-se o pH sanguíneo e o extrapola-se para os tecidos. O pH do sangue está próximo da neutralidade com leve tendência à alcalinidade (aproximadamente 7,4). As reações metabólicas, porém, tendem a desviar continuamente este pH para ácido ou básico (SWENSON; REECE, 1996).

A hemogasometria é um importante exame que permite determinar o estado ácido-básico metabólico e a eficiência das trocas gasosas cardiopulmonares. As variáveis sanguíneas envolvidas na avaliação e na determinação das origens do desequilíbrio ácido-básico são o pH, a  $p\text{CO}_2$ , a  $p\text{O}_2$ , a concentração de  $\text{HCO}_3^-$ , o  $\text{CO}_2$  total, a saturação de  $\text{O}_2$  e o excesso de bases (ALMOSNY, 2003).

O pH e a  $p\text{CO}_2$  são mensurados diretamente, a concentração de  $\text{HCO}_3^-$  é calculada e o conteúdo total de  $\text{CO}_2$  é determinado com a adição de ácido forte no plasma e mensurada a quantidade de  $\text{CO}_2$  produzido (DIBARTOLA, 1992). Também é importante a avaliação do excesso de bases, o qual determina as concentrações de cátions e ânions. O excesso de bases é a quantidade de ácido ou base forte necessária para titular um litro de sangue para pH 7,4 em 37°C, enquanto  $p\text{CO}_2$  é mantida constante em 40 mmHg.

Para a interpretação dos dados da gasometria, é importante caracterizar inicialmente a origem da amostra, arterial ou venosa, para que não ocorram erros. Pelos dados da Tabela 1 é possível verificar os valores de referência médios normais do exame gasométrico de gatos.

O preconizado para a metodologia é a utilização de sangue arterial, porém, a coleta em gatos é um processo complicado, uma vez que o acesso arterial é mais difícil e acarreta erros. Nos estudos com hemogasometria em gatos utiliza-se sangue venoso, porém, deve-se tomar cuidado com a interpretação e a pressão parcial de oxigênio deve ser desconsiderada (ALMOSNY, 2003).

Para avaliar a presença de um possível distúrbio ácido-básico, devem-se levar em consideração as condições de saúde do animal (presença de vômito e diarreia), bem como alguma patologia capaz de proporcionar alterações no perfil bioquímico da concentração total de CO<sub>2</sub> ou de eletrólitos no sangue (DIBARTOLA, 1992).

Tabela 1 Valores médios normais do exame gasométrico de gatos

	Unidade	Amostra sangue	
		Arterial	Venoso
<b>pH</b>	mm Hg	7,24-7,45	7,28-7,41
<b>pCO<sub>2</sub></b>	mm Hg	25-37	33-45
<b>pO<sub>2</sub></b>	mEq/L	96-118	35-45
<b>[HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>]</b>	mEq/L	15-22	18-23
<b>EB</b>	mEq/L	-2,0-2,5	-1 a -7
<b>CO<sub>2</sub>T</b>	mm Hg	15-20	15-20
<b>SO<sub>2</sub></b>	%	>90	-

Fonte: Adaptado de DiBartola (1992) e Lee e Drobatz (2003)

pH: potencial de hidrogênio; pCO<sub>2</sub>: pressão de dióxido de carbono; pO<sub>2</sub>: pressão de oxigênio; [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>]: concentração de íons bicarbonato; EB: excesso de bases; CO<sub>2</sub> T: dióxido de carbono total; SO<sub>2</sub>: saturação de oxigênio.

Para a interpretação correta da hemogasometria, devem-se verificar todos os parâmetros avaliados no exame.

Uma vez constatada alteração, deve-se avaliar a origem da alteração desse parâmetro, podendo esta ser metabólica ou respiratória. Considerando a equação do pH, a redução no nível de  $\text{HCO}_3^-$  acarretará em acidose metabólica, enquanto níveis elevados causarão uma alcalose metabólica. Valores reduzidos de  $\text{pCO}_2$  causarão alcalose respiratória e o seu aumento uma acidose respiratória.

## **2.2 Urolitíase em felinos**

A urina é uma das principais vias de eliminação de substâncias nocivas ao organismo e produtos do metabolismo proteico (como ureia, amônia e creatinina), minerais (cálcio, fósforo, magnésio), eletrólitos (sódio, potássio) e água (DIBARTOLA, 1992), sendo formada para manter a composição dos líquidos extracelulares constantes. Geralmente, a maioria das substâncias que estão contidas no sague também está presentes na urina, a qual tem sua composição variada de acordo com as substâncias conservadas ou excretadas (SWENSON; REECE, 1996). A taxa de filtração, reabsorção e excreção de alguns nutrientes e catabólitos pelos rins permite que a urina seja utilizada no diagnóstico de algumas enfermidades metabólicas (DIBARTOLA, 1992).

Quanto à saturação, a urina pode ser classificada em subsaturada, metaestável e sobressaturada com relação a uma determinada substância. A urina subsaturada é uma solução estável, na qual a concentração do soluto é menor que a sua solubilidade. Na urina sobressaturada, há um excesso de sais e não solubilização dos mesmos (OSBORNE; BARTGES; LULICH, 2000).

A urolitíase é uma desordem do trato urinário relativamente comum, caracterizada pelo aparecimento de concreções macroscópicas que se formam no trato urinário, denominados cálculos ou urólitos (CONFER; PANCIERA, 1998). A formação de urólitos está associada com duas fases separadas, porém,

complementares, denominadas iniciação ou nucleação e crescimento (OSBORNE; BARTGES; LULICH, 2000). Quando a urina encontra-se supersaturada com minerais e o pH urinário é favorável para a cristalização, minerais precipitados saem da solução para formar cristais (HOUSTON et al., 2003; ROBERTSON et al., 2002), os quais, quando acumulados, podem formar urólitos (HOUSTON et al., 2003). Os cristais são compostos neutros derivados da interação entre um cátion (por exemplo, o cálcio) e um ânion (por exemplo, ácido oxálico) (OSBORNE; BARTGES; LULICH, 2000).

Os urólitos mais observados são os de estruvita e oxalato de cálcio. Os urólitos de estruvita, também denominados fosfato triplo ou fosfato amônio magnésiano, em geral, estão associados a um pH urinário maior que 6,8 unidades de pH e a uma urina supersaturada com íons de magnésio, amônio e fosfato (HOUSTON et al., 2003). Já os de oxalato de cálcio são observados em pH urinário mais ácido (NAVARRO, 2005). A formação de urólitos de estruvita é mais comum em gatos jovens e adultos de um a sete anos, enquanto a formação de oxalato de cálcio ocorre com maior frequência em gatos idosos de sete a nove anos (KRUGER; ALLEN, 2000).

Distúrbios do trato urinário inferior de gatos não são fenômenos novos. Kirk (1925) citado por Markwell et al. (1998), descreveu a obstrução da uretra por um material com cálculos como a causa mais comum da "retenção da urina" em gatos. Markwell et al. (1998) cita que Blount (1931) observou sete tipos diferentes de cálculos urinários em gatos e que os "fosfatos triplos" (fosfato de amônio com magnésio) estavam presentes na maioria dos cálculos depositados na urina alcalina.

Segundo Houston et al. (2003), a prevalência de urolitíase por estruvita e oxalato de cálcio mudou ao longo dos últimos 20 anos. Em um estudo realizado pelo serviço de urologia na Ohio State University, utilizando 132 gatos com sinais de doença do trato urinário inferior, foi constatada a presença de urólitos

em 16 gatos (oito estruvita, sete oxalato de cálcio e um desconhecido), totalizando 14,7% de incidência, sugerindo esses como os dois tipos de urólitos predominantes (BUFFINGTON et al., 1997).

Uma análise realizada em felinos no Centro de Urólitos de Minnesota, em 1981, indicou uma prevalência de 78% de urólitos de estruvita e apenas 2% de oxalato de cálcio. Em 2006, essa proporção foi alterada, sendo observados 50% dos urólitos de estruvita e 39% de oxalato de cálcio (FORRESTER; ROUDEBUSH, 2007).

Em um estudo realizado no Hospital Veterinário da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, em 2003, identificou-se que 61,1% dos urólitos encontrados em felinos eram de estruvita, sendo os demais mistos, ou seja, de estruvita com oxalato de cálcio, urato de amônio e cálcio apatita (CARCIOFI, 2007).

O aparecimento de cálculos é imprevisível, tornando a urolitíase uma doença com causas multifatoriais, sendo estas fisiológicas, comportamentais, patológicas e dietéticas, ou seja, alterações subjacentes (OSBORNE; BARTGES; LULICH, 2000) e, portanto, não podendo ser avaliada e caracterizada como uma doença isolada (ZENTEK; SCUHLZ, 2004) ou como uma enfermidade única.

Mesmo assim, diversas pesquisas têm demonstrado que a urolitíase em gatos pode ser induzida por fatores dietéticos, já que os ingredientes da dieta, sua digestibilidade, composição química e padrões alimentares afetam o volume, o pH e a gravidade específica da urina (MARKWELL et al., 1998).

A redução do pH urinário é considerada uma prática eficaz na diminuição da incidência de formação de cristais de estuvita. No entanto, dietas com acidificantes que induzem o pH urinário a valores inferiores a 6,29 e apresentam pouco magnésio podem aumentar o risco de formação de cristais de oxalato de cálcio (MARKWELL et al., 1998). Para prevenir a formação de

urólitos de estruvita em felinos, recomenda-se que os alimentos conduzam à formação de urina com pH entre 6,2 e 6,4, enquanto para dissolução este pH deve estar entre 5,9 e 6,1. Nos casos de urolitíase por oxalato de cálcio, não há dissolução na bexiga, mas, para a prevenção, as dietas devem manter o pH urinário entre 6,6 e 6,8 (KRUGER; ALLEN, 2000).

Devido à grande influência do pH urinário e de fatores dietéticos envolvidos na formação de urólitos, métodos de predição do pH urinário estão sendo desenvolvidos por meio da utilização dos dados de composição de macrominerais e aminoácidos, os quais participam da composição cátion-aniónica do alimento (KIENZLE; SCHUKNECHT; MEYER, 1991; ZENTEK; SCUHLZ, 2004), oferecendo uma ferramenta para que as indústrias possam formular alimentos para animais de companhia que favoreçam um pH urinário ideal (YAMKA; FRIESEN; SCHAKENRAAD, 2006), aumentando, assim, a segurança dos produtos comerciais e, ao mesmo tempo, diminuindo a ocorrência de urólitos de estruvita e oxalato de cálcio.

### **2.3 Fatores dietéticos e pH urinário**

Buffington e Chew (1996) verificaram que uma variação ao longo do dia é observada no pH urinário de gatos devido à influência do alimento, do momento da alimentação, do método de alimentação e da quantidade de alimento ingerido. Em consequência, é difícil interpretar apenas um valor de pH, sendo necessárias observações e mensurações em urina de 24 horas.

A dieta também contribui para a etiologia da recorrência da doença do trato urinário inferior porque os ingredientes alimentares e os padrões de alimentação influenciam o volume, o pH e a concentração de soluto de urina (MARKWELL et al., 1998).

Sabe-se que o consumo do alimento estimula a secreção de ácido clorídrico pelo estômago. Como resultado, ocorre diminuição na concentração

de cloro e aumenta a de bicarbonato no sangue venoso que drena o estômago. A concentração total desse composto aumentada no soro caracteriza uma alcalose metabólica, a qual se denomina maré alcalina pós-prandial. Conseqüentemente, o pH urinário aumentará, tornando-se alcalino, a menos que o alimento contenha alguma substância acidificante (LEKCHAROENSUK et al., 2001).

Alguns fatores intrínsecos à fisiologia animal e à dieta são importantes na variação do pH urinário, como os nutrientes e o nível de magnésio. O gato é um mamífero considerado estritamente carnívoro. Em comparação com a dieta onívora ou herbívora, a dieta carnívora é responsável por aumentar a excreção de ácido e, com isso, diminuir o pH da urina (KLAHR, 1982). Um dos fatores responsáveis por este efeito acidificante é devido à oxidação de aminoácidos sulfurados presentes em grande quantidade em produtos de origem animal, com conseqüente excreção de sulfato na urina (CHAN, 1981). Além disso, na maioria das vezes, a dieta com maior quantidade de ingredientes de origem animal contém menos sais de potássio do que as dietas à base de cereais, sendo estes sais responsáveis pela produção de urina mais alcalina (HOLSWORTH, 1987).

Apesar dessa característica dos ingredientes de origem vegetal, Skoch et al. (1991) descrevem que a farinha de glúten de milho se comporta de outra forma quando administrada para gatos, uma vez que proporciona acidez na urina, devido à maior concentração de aminoácidos contendo enxofre em sua composição.

Em um estudo realizado por Funaba et al. (2001), comparando o efeito de duas fontes de proteína, farinha de peixe e farinha de glúten de milho, não foi observada diferença significativa entre pH urinário dos grupos (6,11 e 6,14 unidades de pH). O autor sugere que as fontes proteicas não irão interferir no efeito de acidificação da urina, corroborando com Skoch et al. (1991).

Zentek e Schulz (2004) verificaram que a ingestão da proteína e a fonte de proteína determinaram a excreção urinária de metabólitos de nitrogênio e

oxalato. Os autores alertam sobre a importância do conhecimento das fontes proteicas utilizadas, uma vez que a ingestão destas está relacionada com a doença do trato urinário inferior dos felinos.

A maioria dos alimentos comerciais para gatos utilizam altos teores de cálcio, levando a uma carga catiônica, que conduz à formação de urina neutra ou mesmo alcalina, predispondo à formação de urolitíase por estruvita (CASE; CAREY; HIRAKAWA, 1998; GEVAERT et al., 1991).

A influência da dieta sobre o pH urinário e equilíbrio ácido-base foi avaliada em diversas espécies, sendo sugerida uma correlação altamente significativa entre excesso de bases da dieta (calculados a partir da soma de componentes alcalogênicos – Ca, Mg, Na e K – menos a soma de componentes acidificantes – P, Cl, S, metionina e cistina) e a média de pH urinário (JEREMIAS, 2009; KIENZLE; SCHUKNECHT; MEYER, 1991; KIENZLE; WILMS-EILERS, 1994; YAMKA; FRIESEN; SCHAKENRAAD, 2006).

Kienzle e Wilms-Eilers (1994) realizaram um experimento utilizando dietas com diferentes excesso de bases, com o objetivo de avaliar os efeitos da dieta no pH urinário e sanguíneo, balanço mineral e hídrico. Os autores verificaram correlação significativa entre o excesso de base do alimento e o pH urinário. Foi possível verificar também que o pH urinário responde à maré alcalina pós-prandial, observando que houve diferença significativa entre o pH urinário mensurado durante o dia e durante a noite, os quais se apresentaram alcalino e ácido, respectivamente.

Sabe-se que o consumo do alimento várias vezes ao dia contribui para a perpetuação da maré alcalina pós-prandial de menor magnitude, mas, quando a refeição é fornecida duas a três vezes por dia, a magnitude dessa maré alcalina é maior, formando uma urina mais alcalina (BUFFINGTON, 1988).

A manipulação do pH urinário por meio da nutrição para prevenir a formação de urólitos em gatos está sendo estudada extensivamente,



considerando o comportamento alimentar, bem como a composição da dieta (MARKWELL et al., 1998).

A alteração do pH urinário promove um efeito na atividade do soluto, ou seja, na concentração de cristaloides livres para reagir com outros solutos em uma solução, e é um dos determinantes finais da formação de cristais (Figura 1) (MARKWELL; BUFFINGTON; SMITH, 1998).

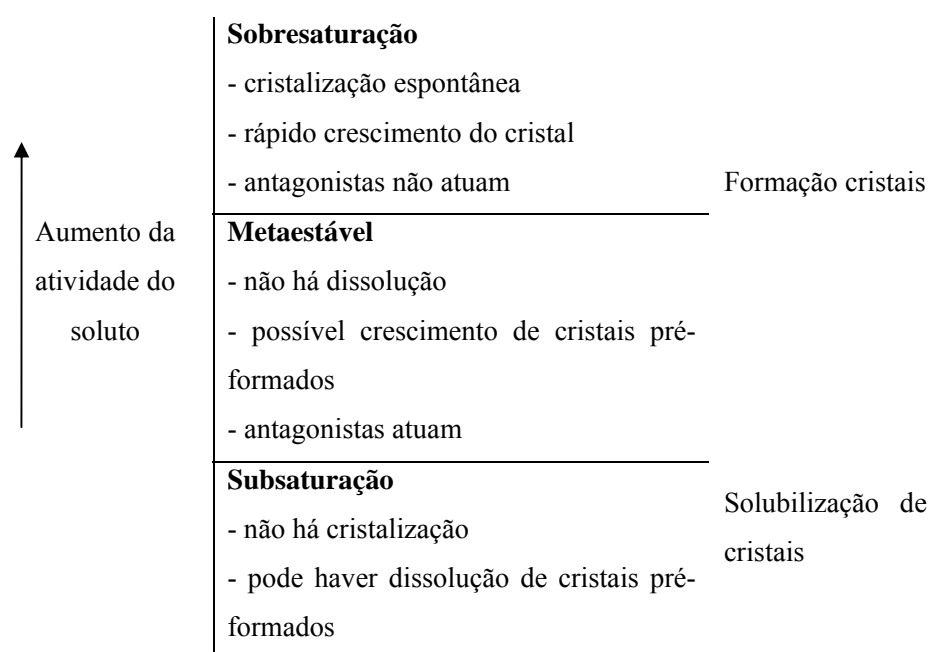


Figura 1 Efeito da atividade do soluto na urina

Fonte: Adaptado de Markwell, Buffington e Smith (1998)

A quantidade de água ingerida irá predizer o volume urinário, o qual deve ser aumentado como medida profilática para casos de urolitíase, de forma que aumentará a frequência de micções, reduzindo o potencial de crescimento de urólitos (MARKWELL et al., 1998).

Em um estudo realizado com o objetivo de avaliar a proporção de gatos com recorrência da doença do trato urinário inferior, observou-se que o grupo alimentado com dieta úmida enlatada obteve recorrência significativamente menor (11%) que o outro grupo alimentado com formulação seca do mesmo produto (39%) (MARKWELL; BUFFINGTON; SMITH, 1998). O mecanismo para o efeito observado foi o provável resultado das mudanças na concentração ou tipo de solutos na urina e/ou alterações no volume de urina causado pela quantidade de água presente nas dietas.

Diante disso, acredita-se que o estímulo para o consumo de água seja de fundamental importância para o tratamento e a prevenção do desenvolvimento e da recorrência da formação de urólitos no trato urinário inferior dos felinos.

#### **2.4 Balanço cátion-aniônico dietético**

Eletrólitos da dieta são classificados em ânions (carga negativa) e cátions (carga positiva). As diferenças na absorção da porção catiônica e aniônica são de fundamental importância. Os cátions da dieta mais importantes são sódio, potássio, cálcio e o magnésio, e os ânions, cloro, enxofre e fósforo (BLOCK, 1984).

O balanço catiônico-aniônico da dieta (BCAD), também denominado excesso de base (EB) (CARCIOFI; JEREMIAS, 2009), é definido como a diferença entre os cátions e ânions fixos totais presentes na dieta, podendo ser calculado em miliequivalente (mEq) por quilograma de matéria seca (MS) (CORREA et al., 2006). A principal ação fisiológica do EB se relaciona à regulação do equilíbrio ácido-base do organismo (CORREA et al., 2006; DEL CLARO et al., 2005). Dentre os macroelementos utilizados nos cálculos do EB estão cálcio (Ca), fósforo (P), enxofre (S), cloro (Cl), potássio (K), sódio (Na) e

magnésio (Mg), mas também podem ser empregados os aminoácidos metionina e cistina, em vez de enxofre.

Os elementos sódio, potássio e cloro têm sido utilizados no cálculo do EB devido à sua importância no metabolismo, estando associado à participação no balanço osmótico, balanço ácido-básico, mecanismo de bombeamento e integridade da membrana (BLOCK, 1994). O enxofre é empregado no cálculo devido à sua capacidade de acidificar os fluidos onde está presente (BLOCK, 1984). O fósforo é responsável por manter o equilíbrio ácido-básico do organismo. Já o magnésio e o cálcio, por serem macroelementos predominantemente alcalinizantes, são potentes modificadores do pH dos líquidos corporais (DIBARTOLA, 1992).

Allen e Kruger (2000) descrevem um estudo no qual foram avaliados dez alimentos industrializados, secos e úmidos, e encontraram correlação altamente significativa entre o EB e o pH urinário de gatos. Os cátions, ânions e aminoácidos que demonstraram associação com o pH urinário foram cálcio, magnésio, sódio, potássio, metionina, cisteína, fósforo e cloro.

Um método prático para determinar o EB foi apresentado por Kienzle, Schuknecht e Meyer (1991). A equação é a soma dos equivalentes dos cátions (cálcio, magnésio, sódio e potássio) e dos ânions (fósforo, enxofre e cloro) mais importantes da dieta:

a) EB considerando enxofre (EBs):

$$\text{EBs (mEq/kg MS)} = (49,9 \times \text{Ca}) + (82,3 \times \text{Mg}) + (43,5 \times \text{Na}) + (25,6 \times \text{K}) - (64,6 \times \text{P}) - (62,4 \times \text{S}) - (28,2 \times \text{Cl})$$

Uma equação alternativa emprega concentrações dos aminoácidos sulfurados (metionina e cistina), em gramas por quilograma de matéria seca. Esta metodologia apresenta algumas desvantagens, quando comparada com a

que utiliza o enxofre, como o maior custo das análises laboratoriais para a determinação desses elementos e a não quantificação de outras fontes de enxofre presentes no alimento que podem interferir no pH urinário (YAMKA; FRIESEN; SCHAKENRAAD, 2006). Diante disso a equação proposta é:

b) EB sem enxofre e considerando aminoácidos sulfurados (EBaa):

$$\text{EBaa (mEq/kg MS)} = (49,9 \times \text{Ca}) + (82,3 \times \text{Mg}) + (43,5 \times \text{Na}) + (25,6 \times \text{K}) - (64,6 \times \text{P}) - (13,4 \times \text{metionina}) - (16,6 \times \text{cistina}) - (28,2 \times \text{Cl})$$

A partir da determinação do excesso de base da dieta, é possível estimar o pH urinário.

## 2.5 Mensuração do pH urinário

### 2.5.1 Estimativa do pH urinário pelo excesso de base do alimento

A estimativa do pH da urina pelo BCAD do alimento permite que seja identificada a possível faixa de pH urinário que tal alimento favorece, podendo, assim, prevenir o desenvolvimento de urólitos de estruvita ou oxalato de cálcio, além de compreender o efeito do alimento no equilíbrio ácido-básico, bem como identificar os desbalanços entre os macromelementos.

Depois de calculado o excesso de base do alimento e determinado o pH urinário, é feita uma correlação entre estes dados, gerando, assim, uma equação de regressão para estimação do pH da urina dos gatos em função do BCAD.

Algumas fórmulas de estimativa do pH da urina de gatos a partir da composição mineral da dieta foram propostas por vários autores (KIENZLE.; SCHUKNECHT; MEYER, 1991; KIENZLE; WILMS-EILERS, 1994; YAMKA; FRIESEN; SCHAKENRAAD, 2006). Entretanto, as equações publicadas por Kienzle, Schuknecht e Meyer (1991) e Kienzle e Wilms-Eilers

(1994), apresentaram boa constante de associação ( $r=0,90$  e  $r=0,99$ ) entre pH estimado e verificado, porém, a fórmula proposta por Yamka, Friesen e Schakenraad (2006) demonstrou menor acurácia, o que pode ser justificado pela menor constante de associação ( $r=0,71$ ).

Em um estudo com gatos, conduzido por Jeremias (2009), utilizando a equação para cálculo de EB com emprego de enxofre (EBs) e EB com emprego de aminoácidos sulfurados, geraram-se equações para estimativa do pH da urina de gatos apresentando constante de associação  $r=0,95$  e  $r=0,86$ , respectivamente, indicando a grande associação entre a composição da dieta e o pH urinário.

Tabela 2 Equações propostas para estimar pH urinário em função do excesso de base (EB) da dieta

<b>Equações utilizadas</b>	<b>r</b>	<b>Autores</b>
$\text{pH} = 6,72 + 0,0021 \times \text{EB}_{\text{aa1}}$	0,90	Kienzle, Schuknecht e Meyer (1991)
$\text{pH} = 7,1 + 0,0019 \times \text{EB}_{\text{S1}} + (9,7 \times 10^{-7}) \times \text{EB}_{\text{S1}}^2$	0,99	Kienzle e Wilms-Eilers (1994)
$\text{pH} = 6,42 + \text{EB}_{\text{aa1}}$		Markwell, Buffington e Smith (1998)
$\text{pH} = 6,25 + 0,0023 \times \text{EB}_{\text{aa2}}$	0,74	Wagner, Friesen e Schakenraad (2006)
$\text{pH} = 7,03 + \text{EB}_{\text{S2}}$	0,71	Yamka, Friesen e Schakenraad (2006)
$\text{pH} = 6,472 + 0,00361 \times \text{EB}_{\text{S1}} + 10^{-6} \times \text{EB}_{\text{S1}}^2$	0,95	Jeremias (2009)
$\text{pH} = 6,033 + 0,003069 \times \text{EB}_{\text{aa2}} + 0,000003 \times \text{EB}_{\text{aa2}}^2$	0,86	Jeremias (2009)

$$\text{EB}_{\text{aa1}} (\text{mEq/kg MS}) = (2\text{Ca}) + (2\text{Mg}) + \text{K} + \text{Na} - (2\text{P}) - (2\text{Met}) - \text{Cl}$$

$$\text{EB}_{\text{S1}} (\text{mEq/kg MS}) = (49,9\text{Ca}) + (82,3 \text{Mg}) + (43,5\text{Na}) + (25,6\text{K}) - (64,6\text{P}) - (62,4\text{S}) - (28,2\text{Cl})$$

$$\text{EB}_{\text{aa1}} (\text{g}/100\text{g MS}) = (0,572\text{Ca}) + (0,727\text{Na}) + (0,674\text{K}) - (0,731\text{P}) - (0,546\text{Met}) - (0,183\text{Cl})$$

$$\text{EB}_{\text{aa2}} (\text{mEq/kg MS}) = (49,9\text{Ca}) + (82,3\text{Mg}) + (43,5\text{Na}) + (25,6\text{K}) - (64,6\text{P}) - (13,4\text{Met}) - (16,6\text{cis}) - (28,2\text{Cl})$$

$$\text{EB}_{\text{S2}} (\text{mEq/kg MS}) = \text{Na} + \text{K} + (0,89\text{Ca}) + (1,58\text{Mg}) - (0,93\text{Cl}) - (1,61\text{S}) - (1,04\text{P})$$

Os resultados encontrados até então demonstram que a manipulação do equilíbrio de minerais dietéticos baseado nos cálculos do balanço cátion-aniónico da dieta é efetivo na modulação do pH urinário de gatos.

### **2.5.2 Medidas *in vivo***

As equações propostas para estimativa do pH urinário demonstram-se eficazes para as condições experimentais utilizadas, podendo ser uma ferramenta de grande valia para as empresas, no momento da formulação de dietas, porém, as mensurações realizadas *in vivo* ainda são importantes para avaliar o efeito dietético sobre o pH urinário.

A Associação Nacional de Fabricantes de Alimentos para Animais de Estimação - ANFAL (2009), em seu guia nutricional, apresenta um protocolo mínimo para experimentação *in vivo*, objetivando a mensuração do pH urinário.

O protocolo apresentado pela ANFAL (2009) determina adaptação mínima de sete dias à dieta, para a estabilização do consumo alimentar e adaptação do metabolismo ao alimento. Após a adaptação, realizam-se três dias (72 horas) de colheita de dados, sendo a mensuração do pH urinário realizada a cada 24 horas e, posteriormente, obtida uma média aritmética dos três dados.

A conservação da urina é um fator extremamente importante uma vez que é realizada com o objetivo de evitar deterioração da amostra, ocasionada pelo crescimento e o desenvolvimento de microrganismos. Para conservação dessa urina, o guia preconiza o uso da refrigeração, mais especificamente o uso de recipiente imerso em gelo, ou outros métodos que garantam a não alteração do pH, como, por exemplo, o conservante Timol, do qual é colocado 0,1g no recipiente coletor.

O timol (2-*isopropil*-5-metil-fenol) é uma substância cristalina incolor com um odor característico que está presente na natureza nos óleos essenciais do tomilho ou do orégano e é utilizado com antibacteriano na urina, com o objetivo

de evitar alterações na composição (GRIFFITH et al., 1978 apud FERRAZ et al., 2006).

## 2.6 Balanço mineral do alimento

Durante estudos para a formulação de um alimento, todo balanço mineral deve ser criteriosamente avaliado, uma vez que o pH urinário do animal depende deste processo. Assim, em função de um determinado excesso de bases (EB) calculado para o alimento, seus parâmetros catiôn-aniônicos são alterados por meio da adição de sais catiônicos (como óxidos e carbonatos) ou de sais aniônicos (como cloretos, fosfatos e sulfatos).

A fim de evitar adição excessiva de qualquer um desses componentes, é importante que a quantidade de sal a ser suplementada seja calculada, levando-se em consideração os mEq/kg de MS que se deseja adicionar e o EB do sal. Esta identificação deve ser feita utilizando-se a seguinte fórmula, descrita por Carciofi e Jeremias (2009):

$$\text{Adição do sal (g/kg)} = \frac{1000 \times \text{os mEq/kg que se deseja adicionar}}{\text{EB do sal (mEq/kg)}}$$

Nos casos em que há uma predominância de absorção ânions, existe uma mudança no equilíbrio cátion-ânion para um estado mais negativo, ou de acidose metabólica, o que provoca o aumento na concentração arterial de íons hidrogênio. O organismo tenta, então, manter um pH sanguíneo arterial levemente alcalino (aproximadamente 7,4), por meio de sistemas tampões e pela excreção renal de íons hidrogênio extra. Os tampões agem minimizando o aumento ou a diminuição da concentração de hidrogênio até os rins restaurarem

o equilíbrio ácido-base. Os rins restauram esse equilíbrio eliminando ou retendo íons hidrogênio na urina (ROSE; POST, 2000).

A correção dietética com cátions ou ânions em função dos ingredientes utilizados na formulação do alimento comercial é uma ferramenta importante para a obtenção de pH urinários entre 6,2 a 6,8, prevenindo o aparecimento de cálculos de estruvita e diminuindo os fatores de risco para cálculos de oxalato.

## **2.7 Acidificantes dietéticos**

Os urólitos de estruvita são formados quando diversos fatores relacionados à dieta e ao animal estão associados. A concentração de macroelementos, magnésio, fosfato e amônio é necessária para tal formação. Devido ao metabolismo de proteína, a urina de gatos, normalmente, contém concentrações altas de amônio e fosfato, suficientes para levar à formação de cálculos, independentemente de sua ingestão. Por sua vez, a concentração de magnésio é normalmente baixa em condições habituais e podem ser marcadamente influenciadas pela dieta. Assim, o controle da ingestão pode ser uma importante medida profilática (ALLEN; KRUGER, 2000).

Indústrias de alimentos para cães e gatos utilizam os acidificantes em suas formulações, a fim de garantir um balanço cátion-aniônico adequado para a prevenção da formação de urólitos por estruvita e oxalato. Desse modo, diversos acidificantes vêm sendo estudados para felinos, como o cloreto de amônio, cloreto de cálcio, bissulfato de sódio e ácido fosfórico (CARCIOFI; JEREMIAS, 2009).

Ainda que acidificantes sejam utilizados em alimentos para gatos para prevenir a formação de cristais de estruvita, seu uso em quantidades excessivas pode conduzir a uma acidose metabólica, causando depressão de reservas corporais de potássio, disfunção renal, transtorno da homeostase óssea normal e risco de urolitose por oxalato de cálcio (BUFFINGTON, 1993).



Um estudo com gatos adultos, realizado por Dow et al. (1990), utilizando uma dieta restrita em potássio com adição de cloreto de amônio, induziu uma severa acidose metabólica e afetou negativamente a função renal, refletindo em 20% de declínio na taxa de filtração glomerular. Estas conclusões têm implicações importantes para a formulação de rações para gatos com disfunção renal, uma vez que esses são predispostos para desenvolver depleção de potássio e maior deterioração da função renal.

Em experimentos conduzidos por Izquierdo e Czarnecki-Maulden (1991), trabalhando com gatos adultos, determinou-se o potencial de acidificação urinária do ácido fosfórico, cloreto de cálcio e ácido glutâmico adicionados à dieta. O pH urinário de 6,4 foi escolhido como desejável pelos autores, uma vez que impede precipitação de cristais de estruvita sem causar alterações metabólicas.

Segundo Kneckelbein (1986) citado por Allen e Kruger (2000), o sal de oxalato de cálcio é tão insolúvel no conteúdo luminal intestinal quanto em outras soluções complexas, como a urina. Os mesmos autores descrevem que um terço dos gatos que apresentam urólitos de oxalato de cálcio tem hipercalemia. Pressume-se que a hipercalemia eleva o risco de formação de urólitos com conteúdo de cálcio ao aumentar a excreção urinária deste elemento e, assim, acidificar a urina.

O efeito do cloreto e do carbonato de cálcio dietético foi estudado no metabolismo mineral de gatos (PASTOOR et al., 1994). Neste estudo, o pH urinário dos animais que receberam carbonato de cálcio atingiu valores elevados e, quando substituído por cloreto de cálcio, o pH apresentou valores baixos. Segundo os autores, o excesso de ingestão de cálcio, por si só, pode elevar o pH e concentrações urinária dos constituintes da estruvita em gatos.

Em estudos realizados por Khan, Shevock e Hackett (1993), verificou-se que o magnésio é um potente inibidor da cristalização do oxalato de cálcio *in*

*vitro* e da formação de urólitos de oxalato de cálcio em modelos experimentais. Porém, o efeito do magnésio depende, obviamente, do sal utilizado, e o óxido de magnésio (cátion) tem efeito alcalinizante da urina, enquanto o sulfato de magnésio (ânion) apresenta efeito acidificante.

A absorção intestinal de cálcio e magnésio é relativamente baixa, porém, a absorção dos ânions associados pode ser alta e influencia o pH urinário. A absorção dos ânions não metabolizáveis, em excesso a seus cátions associados, produz um efeito acidificante, sendo o inverso verdadeiro (SWENSON; REECE, 1996).

Gatos adultos com função renal normal foram utilizados em um ensaio experimental, com duração de seis meses, objetivando estudar os efeitos de uma alimentação crônica, com suplementação do acidificante cloreto de amônio (CHING et al., 1989). Foram coletadas amostras mensais de sangue e urina para a determinação de parâmetros do equilíbrio ácido-base e do metabolismo de alguns minerais. Os animais que receberam dieta por um longo período com acidificação de 1,5% de cloreto de amônio apresentaram pH urinário significativamente menor, balanço negativo de cálcio e potássio e balanço positivo de cloreto, implicando no desenvolvimento de acidose metabólica crônica.

Nesta perspectiva, acidificante, como a DL-metionina, pode ser misturado às dietas, visando reduzir a alcalinização pós-prandial da urina. No entanto, é importante um monitoramento do pH urinário, especialmente no início da administração deste produto, tendo-se o cuidado de evitar doses tóxicas de metionina, visto que já foi descrito como causa de anemia em gatos (OSBORNE et al., 1995 apud LAZZAROTTO, 2001).

O ácido cítrico é um ácido orgânico tricarboxílico presente na maioria das frutas cítricas e, na forma de citrato, é o ácido orgânico mais abundante na urina. Sua cadeia curta, comprimida por três grupos carboxila, confere poder

complexante (fixa cátions como cálcio, ferro, potássio e magnésio) e tamponante (estabiliza o pH de soluções aquosas), sendo ele o principal agente de alcalinização do metabolismo orgânico de animais.

Em um estudo utilizando o ácido cítrico como agente acidificante urinário, Kienzle e Maiwald, (1998) citados por Allen e Kruger (2000), verificaram que, na dose de 100 mg/kg, não houve efeito sobre a concentração de citrato urinário. Isso se deve ao fato de que, em gatos, a concentração de citrato ingerido com a dieta causa pouco efeito na concentração urinária do mesmo. Apenas uma porção do citrato circulante na corrente sanguínea, filtrada pelos glomérulos, é reabsorvida pelos túbulos proximais. Já o estado ácido-básico do animal influencia a excreção de citrato. A alcalose metabólica induz um aumento rápido e proeminente da excreção urinária de citrato, causando uma inibição do metabolismo nas células tubulares renais. Já a acidose metabólica se associa com a redução da excreção e o aumento do metabolismo em células tubulares (ALLEN; KRUGER, 2000).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Foi realizado um experimento para testar o efeito da inclusão de níveis do acidificante comercial.

A realização do presente trabalho foi autorizada e aprovada pela Comissão de Bioética na Utilização de Animais (NINTEC/PRP-UFLA) da Universidade Federal de Lavras, protocolo nº 021/2009 (Anexo A).

#### **3.1 Local e instalações**

O estudo foi conduzido no Centro Experimental em Nutrição de Animais de Companhia (CENAC), no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, sul de Minas Gerais, entre os dias 1º e 16 de outubro de 2009. A temperatura mínima mensurada no período foi de 19,8°C e a máxima, de 26,6°C.

Foram utilizadas gaiolas metabólicas com dimensão de 60 x 70 x 50 cm (altura x profundidade x largura), constituídas de arame galvanizado e chapas metálicas, além da bandeja coletora para fezes e recipientes para a colheita de urina. As gaiolas possuem bebedouros tipo chupeta, acoplados às garrafas plásticas, fixados na parte posterior de cada uma, sendo o alimento fornecido em potes plásticos.

#### **3.2 Animais utilizados e tratamentos experimentais**

Foram utilizados 24 gatos adultos, com idade média de três anos e meio, machos e fêmeas, sem raça definida, vermifugados, com peso médio de 3,50±0,73 kg. Os animais utilizados pertencem à comunidade permanente do CENAC. Previamente ao início e ao final do período experimental, realizaram-

se exames hematológicos e urinálise nos animais e todos os resultados apresentaram-se dentro dos limites normais.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado; os animais foram pesados e distribuídos aleatoriamente nos tratamentos descritos na Tabela 3, sendo seis animais por tratamento, e a parcela experimental constituída por um animal, seguindo recomendação estabelecida pelo Guia Nutricional da ANFAL (2009). Utilizaram-se quatro tratamentos, sendo um tratamento controle (T1) e outros três tratamentos variando a quantidade de acidificante adicionado na dieta experimental em base da matéria seca (mg/kg MS). Cada dieta foi batida e produzida separadamente.

Tabela 3 Tratamentos experimentais do primeiro ensaio experimental

<b>Tratamentos (dietas)</b>	<b>Alimento</b>
1	Alimento A, sem acidificante comercial
2	Alimento A + adição de 0,3% de acidificante
3	Alimento A + adição de 0,6% de acidificante
4	Alimento A + adição de 0,9% de acidificante

O alimento A utilizado no presente ensaio é uma dieta comercial de baixo valor agregado, amplamente vendido no mercado nacional brasileiro e sua composição básica, bem como seus níveis de garantia, segundo o fabricante, estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 Composição do alimento comercial<sup>1</sup> em base da matéria natural (MN), em base da matéria seca (MS) e obtida por meio de análise laboratorial em base de matéria seca (MS)

Níveis nutricionais	Informação do rótulo (MN-%)	Informação do rótulo (MS-%)	Análise laboratorial (MS-%)
Umidade	12,0	-	-
Proteína bruta	30,0	32,13	34,65
Extrato etéreo	10,0	10,71	9,18
Matéria fibrosa	2,5	2,68	2,53
Matéria mineral	9,5	10,18	11,26
Cálcio	2,4	2,57	2,34
Fósforo	0,8	0,86	1,81
Magnésio	-	-	0,32
Sódio	-	-	0,43
Potássio	-	-	0,72
Cloro	-	-	0,36
Enxofre	-	-	0,37
Metionina			0,88
Cistina			0,85
Energia metabolizável	3384,98 kcal/kg	3610 kcal/kg	3269,87 kcal/kg

Composição básica: farinha de vísceras de aves, farinha de carne e ossos, farinha de peixe, milho integral moído, arroz integral, farelo de trigo, farelo de glúten de milho 60%, farelo de soja, óleo de frango, hidrolisado de frango e/ou subprodutos, extrato de *Yucca schidigera*, taurina, cloreto de sódio, mananoligossacarídeo, minerais complexados (Zn), Premix mineral vitamínico, antioxidante e antifúngico. Enriquecimento por kg: 13.000 U.I. de vitamina A, 25 mcg de vitamina B12, 22 mg de vitamina C, 1.500 U.I. de vitamina D, 100 U.I. de vitamina E, 0,2 mg de selênio, 3 mg de ácido fólico, 12 mg de ácido pantotênico, 3.000 mg de colina, 15 mg de cobre, 100 mg de ferro, 2,0 mg de iodo, 10 mg de manganês, 10 mg de vitamina B2, 10 mg de vitamina B6, 1,0 mg de vitamina K, 120 mg de zinco e 1.000 mg de taurina

As determinações dos macrominerais (cálcio, fósforo, magnésio, sódio, potássio, cloro e enxofre) foram realizadas no Instituto Mineiro de Agricultura, na cidade de Contagem, MG. As determinações dos aminoácidos sulfurados, metionina e cistina, foram realizadas no laboratório da empresa M.Cassab (São Paulo-SP).

O acidificante utilizado foi uma formulação comercial. A composição básica deste produto, segundo o fabricante, contém ácido fosfórico, ácido cítrico, óxido sílico, citrato e água.

Análise da composição mineral do produto foi realizada no Instituto Mineiro de Agricultura, na cidade de Contagem, MG, e está descrita na Tabela 5.

Tabela 5 Composição mineral do acidificante comercial

	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Na</b>	<b>K</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>
	<b>g/kg</b>						
<b>Acidificante comercial</b>	-	-	2,0	-	180,2	32,5	-

A quantidade de alimento oferecido a cada animal atendeu às necessidades energéticas diárias de manutenção (NEM), em kcal/dia, de acordo National Research Council - NRC (2006), calculada pela fórmula:  $NEM=100 \times \text{Peso vivo}^{0,67}$ . A quantidade total de alimento para cada animal foi oferecida uma vez ao dia, às 8h00 e permanecia na gaiola por 24 horas.

### 3.3 Procedimento experimental

O período experimental foi constituído de dezesseis dias, sendo: sete dias para adaptação às gaiolas e à dieta, nos quais os animais foram mantidos nas gaiolas metabólicas, recebendo água *ad libitum* e os tratamentos respectivos oferecidos na quantidade adequada para manutenção; cinco dias para a colheita de amostra e dados para o ensaio de digestibilidade, escore fecal e balanço hídrico; três dias para o ensaio de pH urinário e um dia para a colheita de amostra para o exame de hemogasometria.

### 3.3.1 Ensaio de digestibilidade, escore fecal e balanço hídrico

Durante o período de sete dias de adaptação, as gaiolas eram lavadas uma vez ao dia, sendo as fezes e a urina descartadas.

Na fase de cinco dias de colheita de amostras e dados, os animais permaneceram nas gaiolas metabólicas, recebendo o alimento no período da manhã, às 8h00, após a higienização das gaiolas. Durante esta fase, realizaram-se avaliação e colheita das fezes para determinação do escore fecal, mensuração da porcentagem de água e utilização no ensaio de digestibilidade.

Anteriormente à colheita de fezes, eram avaliados os escores fecais, de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6 Escore fecal baseado na consistência e aspecto das amostras de fezes colhidas durante o primeiro ensaio experimental

<b>Escore</b>	<b>Características</b>
1	Fezes líquidas, diarreia.
2	Fezes macias, sem forma definida.
3	Fezes macias, bem formadas, úmidas.
4	Fezes duras, secas, firmes e bem formadas.
5	Fezes muito duras e ressecadas.

Fonte: Adaptado de Parreira (2003)

As amostras de fezes dos três primeiros dias foram avaliadas e recolhidas imediatamente após a defecação, em bandejas de alumínio, e levadas à estufa de ventilação forçada (55°C), onde permaneceram durante 72 horas, para posterior determinação da porcentagem de água e para compor o *pool* do ensaio de digestibilidade. As fezes dos outros dois dias foram avaliadas e a colheita realizada para compor o ensaio de digestibilidade, sendo pesadas e acondicionadas em sacos plásticos que foram levados ao freezer, à temperatura de -20°C. Portanto, o ensaio de digestibilidade foi composto por um *pool* de fezes de cinco dias.



Para a estimativa do balanço hídrico foram utilizados dados da porcentagem de água nas fezes e urina, consumo de água bebida e do alimento e a quantidade de água metabólica estimada, durante os três primeiros dias do período de colheita de dados.

Para a colheita de urina, foram utilizados baldes plásticos, adaptados ao fundo das bandejas coletoras das gaiolas metabólicas, permanecendo durante 24 horas.

Após a colheita, os volumes totais de urina para cada animal foram mensurados e registrados. A urina coletada foi acondicionada em garrafas plásticas previamente identificadas por animal e armazenadas em freezer, à temperatura de -20°C, para posteriores análises.

Diariamente, os animais receberam 500 mL de água em bebedouro tipo chupeta e o consumo mensurado e contabilizado após 24 horas do fornecimento. A quantidade de alimento consumido foi mensurada diariamente.

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal, no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras.

As amostras de fezes referentes aos três primeiros dias de coleta foram retiradas da estufa de ventilação forçada e, após atingirem equilíbrio com a temperatura ambiente, foram pesadas, para a determinação da matéria pré-seca e moídas em moinho de martelo do tipo Thomas-Wiley, utilizando-se peneira de 1 mm e acondicionadas em potes plásticos previamente identificados para posterior análise da matéria seca.

As amostras de fezes dos dois últimos dias de coleta foram descongeladas em temperatura ambiente, homogeneizadas e colocadas em marmidas de alumínio, pesadas e, em seguida, colocadas em estufa de ventilação forçada (55°C), por 72 horas ou até a estabilização do peso. Após atingirem equilíbrio com a temperatura ambiente, foram pesadas novamente, para a determinação da matéria pré-seca e moídas em moinho de martelo do tipo

Thomas-Wiley, utilizando-se peneira de 1 mm e acondicionadas em potes plásticos previamente identificados para posteriores análises.

A urina coletada foi descongelada e filtrada em gaze para a retirada de possíveis contaminantes. Para a determinação da porcentagem de água, 2 g do material foi pesado e levado à estufa, a 105°C, durante 12 horas.

As quatro dietas experimentais foram analisadas em relação à matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo hidrólise ácida (EEHA), matéria mineral (MM), fibra bruta (FB) e energia bruta (EB), tendo a quantificação dos teores de extrativo não nitrogenado (ENN) e de matéria orgânica (MO). Para a avaliação dos coeficientes de digestibilidade aparente, foi realizado um *pool* das amostras dos cinco dias de coleta e foram determinados os níveis de MS, PB, EEHA, MM e EB nas amostras de fezes, quantificação do ENN bem como da MO. As análises bromatológicas foram realizadas de acordo com metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1996). A determinação da energia bruta foi efetuada em bomba calorimétrica adiabática PARR, segundo procedimento descrito por Silva e Queiroz (2002).

Foram analisados os coeficientes de digestibilidade aparente da MS (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), extrato etéreo (CDAEEHA), matéria mineral (CDAMM), matéria orgânica (CDAMO), digestibilidade da energia bruta (DEB), em porcentagem (%) e energia metabolizável aparente na MS (EMAMS), em kcal/kg, dos tratamentos experimentais.

Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS)

$$\text{CDAMS (\%)} = [(a-b)/a] \times 100$$

em que:

a = consumo de alimento na matéria seca

b = fezes excretadas na matéria seca

Coefficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes

$$\text{CDAnutriente}(\%) = \{[(axb) - (cxd)] / (axb)\} \times 100$$

em que:

a = consumo de alimento na matéria seca

b = % do nutriente no alimento

c = quantidade excretada nas fezes na matéria seca

d = % do nutriente nas fezes

Digestibilidade da energia bruta (DEB)

$$\text{DEB}(\%) = (a - b) / c$$

em que:

a = consumo de energia bruta na matéria seca (kcal/g)

b = excreção de energia bruta na matéria seca (kcal/g)

c = consumo total na matéria seca (g)

Energia metabolizável aparente na matéria seca

$$\text{EMAMS}(\text{kcal/g}) = \frac{(a \times e) - ((b \times h) + (i \times \text{PDing}))}{a}$$

em que:

a = consumo total de ração (g)

b = excreção fecal (g)

c = proteína bruta da ração (%)

e = energia bruta da ração (kcal/g)

h = energia bruta das fezes (kcal/g)

CDPB = coeficiente de digestibilidade da proteína

$$P_{\text{ding}} = (a \times (c/100)) \times (CDPB/100)$$

### 3.3.2 Ensaio para a determinação do pH urinário *in vivo*

No primeiro dia experimental, previamente ao início do fornecimento do alimento comercial avaliado, realizou-se a mensuração do pH urinário, bem como da densidade urinária dos animais, considerando estes dados do período inicial. O pH urinário foi mensurado por meio do peagômetro digital de bancada (QUIMIS, modelo Q400A) e a densidade urinária determinada por refratômetro portátil (Instrutherm, modelo RTP-20ATC).

A fase de adaptação do ensaio para a determinação do pH foi constituída de doze dias, nos quais os animais foram mantidos nas gaiolas metabólicas individualmente, recebendo os tratamentos respectivos controlados em base da necessidade energética.

Na fase de coleta, a qual teve a duração de três dias, os animais continuaram mantidos em gaiolas metabólicas. Após a higienização diária das gaiolas e de todos os materiais utilizados, tudo era enxaguado com água destilada proveniente do Laboratório de Pesquisa Animal no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras.

Os animais recebiam 500 mL de água em bebedouro tipo chupeta e tinham o consumo de água mensurado a cada 24 horas.

Antes do fornecimento da dieta, garrafas plásticas contendo 0,1 g do conservante timol p.a, seguindo recomendações da ANFAL (2009), com funis para a captação da urina, foram devidamente acopladas às gaiolas metabólicas. Após 24 horas, as garrafas eram retiradas e imediatamente mensurado o pH urinário por meio do peagômetro digital de bancada (QUIMIS, modelo Q400A) e da densidade urinária. Após os três dias de colheita, foi realizada uma média, para posterior análise estatística dos dados.

Em um estudo prévio, descrito no Anexo A, verificou-se a eficácia do timol p.a como conservante para ensaios de determinação do pH urinário de 24 horas.

### 3.3.3 Avaliação do excesso de base da dieta e o pH urinário estimado

As determinações das concentrações dos macroatmentos das dietas experimentais (cálcio, fósforo, magnésio, sódio, potássio, cloro e enxofre) foram realizadas Instituto Mineiro de Agricultura, na cidade de Contagem, MG. Conhecendo as concentrações, os excessos de bases dos tratamentos foram calculados seguindo equações descritas por Jeremias (2009), Kienzle e Wilms-Eilers(1994) e Yamka, Friesen e Schakenraad (2006). Yamka, Friesen e Schakenraad (2006) propõem uma equação direta para a estimação do pH urinário, na qual se utiliza uma diferença entre cátions e ânions da dieta denominada, no presente estudo, como excesso de base:

$EB_1 \text{ (mEq/kg MS)} = (49,9 \times \text{Ca}) + (82,3 \times \text{Mg}) + (43,5 \times \text{Na}) + (25,6 \times \text{K}) - (64,6 \times \text{P}) - (62,4 \times \text{S}) - (28,2 \times \text{Cl})$	Kienzle e Wilms-Eilers (1994) Jeremias (2009)
$EB_2 \text{ (mEq/kg MS)} = \text{Na} + \text{K} + (0,89\text{Ca}) + (1,58\text{Mg}) - (0,93\text{Cl}) - (1,61\text{S}) - (1,04\text{P})$	Yamka, Friesen e Schakenraad (2006)

EB: excesso de bases/MS: matéria seca/Ca: cálcio/Mg: magnésio/Na: sódio/K: potássio/S: enxofre/P: fósforo/Cl: cloro

Posteriormente, estimou-se o pH urinário com as equações propostas pelos autores:

$\text{pH} = 7,1 + 0,0019 \times \text{EB}_1 + (9,7 \times 10^{-7}) \times \text{EB}_1^2$	Kienzle e Wilms-Eilers (1994)
$\text{pH} = 7,03 + \text{EB}_2$	Yamka, Friesen e Schakenraad (2006)
$\text{pH} = 6,472 + 0,00361 \times \text{EB}_1 + 10^{-6} \times \text{EB}_1^2$	Jeremias (2009)

Conhecendo esses valores e considerando a faixa adequada de excesso de base para a manutenção do pH urinário ideal (-20 a 40 mEq/kg), a quantidade adequada de inclusão de acidificante na dieta controle foi calculada seguindo a equação apresentada por Carciofi e Jeremias (2009) para verificar se os níveis descritos neste ensaio experimental são suficientes para corrigir e alcançar um excesso de bases da dieta adequado.

$$\text{Adição do sal (g/kg)} = \frac{1000 \times \text{os mEq/kg que se deseja adicionar}}{\text{Excesso de Bases do sal (mEq/kg)}}$$

### 3.3.4 Avaliação do equilíbrio ácido-básico

O equilíbrio ácido-básico foi estudado por hemogasometria de sangue venoso, sendo as amostras coletadas às 8h00, antes do fornecimento do alimento e seis horas após a exposição à dieta, no décimo sexto dia experimental. Para a certificação do jejum, o alimento dos animais foi retirado às 22h00 do dia anterior.

Para a colheita das amostras sanguíneas via veia jugular, somente contenção física foi utilizada, procedimento realizado por médicos veterinários residentes do Hospital Veterinário da Universidade Federal de Lavras.

Foram utilizadas seringas de 3 mL, previamente heparinizadas e agulhas de calibre 25x7, para a coleta de aproximadamente 1 mL de sangue venoso. Imediatamente após a colheita, retirou-se todo o ar que poderia estar presente na seringa em contato com o sangue e, automaticamente, foi realizada a vedação da agulha, utilizando uma tampa emborrachada de tubo de ensaio onde a agulha foi acoplada, evitando-se, assim, a entrada de ar atmosférico nesta. A seringa, devidamente identificada e sob refrigeração, foi imediatamente encaminhada ao Laboratório de Análises Clínicas Hemocell, situado na cidade de Lavras, Minas Gerais, a, aproximadamente, três quilômetros do local da realização das colheitas. Em um tempo médio de 20 minutos, as amostras eram processadas, realizando-se a hemogasometria pelo método Potenciométrico-ABL5 Radiometer, bem como a determinação das concentrações de sódio, potássio e cloro por fotometria de chama.

A hemogasometria determinou o pH sanguíneo, pressão de dióxido de carbono ( $p\text{CO}_2$ ), concentração de bicarbonato ( $[\text{HCO}_3^-]$ ), dióxido de carbono total ( $\text{CO}_2$ ), saturação de oxigênio ( $\text{SatO}_2$ ) e excesso de base (EB).

Uma vez realizadas as coletas de sangue, os animais recebiam a dieta experimental e, a partir desse momento, seis horas foram contadas para a nova colheita, a qual foi realizada utilizando-se os mesmos métodos.

### **3.4 Análises estatísticas**

As variáveis pH urinário, densidade urinária e parâmetros sanguíneos foram avaliados por medida repetida no tempo, utilizando-se o pacote estatístico Statistical Analysis System – SAS (2004) pelo teste de Shapiro-Wilk, para normalidade do resíduo e o teste Hartley para homogeneidade do resíduo. A avaliação do efeito das doses e da interação dose-tempo foi realizada por

regressão polinomial simples e, quando o tempo foi significativo, avaliado pelo teste T, a 5% de significância.

O modelo utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + D(i)_k + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + E(ij)_k$$

$Y_{ijk}$  = valor observado na parcela

$\mu$  = constante inerente a toda parcela;

$\alpha_i$  = o efeito do tempo inicial e final;

$D(i)_k$  = erro ocorrido no tempo da parcela;

$\beta_j$  = o efeito dos tratamentos 1, 2, 3 e 4;

$(\alpha\beta)_{ij}$  = efeito da interação entre fonte e tempo;

$E(ij)_k$  = erro do modelo

As demais variáveis (dados do exame hemogasométrico, dados de consumo, produção de fezes, dados do balanço hídrico, coeficientes de digestibilidade, escore fecal) foram analisadas no pacote estatístico SAS (2004), utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk para normalidade do resíduo e o teste Hartley para homogeneidade do resíduo. Atendendo à premissa e sendo significativo, realizou-se regressão polinomial simples.

O modelo utilizado foi:

$$y_{ij} = u + t_i + e_{ij}$$

em que:

$y_{ij}$  = valor observado na parcela;

$u$  = constante inerente a toda parcela;

$t_i$  = é o efeito do tratamento 1, 2, 3 e 4;

$e_{ij}$  = erro do modelo.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Consumo médio, produção de fezes e escore fecal

Os dados referentes ao consumo médio diário, produção e porcentagem de água nas fezes e escore fecal estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7 Médias e coeficiente de variação do consumo (g/dia) em base de matéria seca (MS), da produção de fezes (g/dia), da porcentagem de água nas fezes e do escore fecal

Variável	Tratamentos (%)				CV (%)	p*
	0	0,3	0,6	0,9		
<b>Consumo MS (g/dia)</b>	76,55	75,41	75,80	76,55	19,39	0,9989
<b>Produção de fezes (g/dia)</b>	66,22	67,74	61,91	65,10	23,80	0,9381
<b>% de água fezes</b>	57,78	57,93	61,76	62,55	17,12	0,8071
<b>Escore fecal</b>	2,76	2,91	2,90	2,61	13,77	0,5288

p\*: significância  $p < 0,05$ ; CV: coeficiente de variação

Observando-se os dados da Tabela 7, é possível concluir que não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos no consumo médio diário de matéria seca. Dessa forma, pode-se afirmar que a inclusão do aditivo no alimento utilizado não apresentou interferência na aceitabilidade do mesmo.

Gatos são animais com alta sensibilidade na escolha do alimento. Sabores e odores considerados desagradáveis ao homem, como os emendos de alimentos ácidos e maturados, são apreciados pelos felinos, uma vez que estes apresentam preferência por alimentos ligeiramente ácidos (pH entre 5 e 7) (BORGES; NUNES, 1998). Considerando que o acidificante utilizado no presente trabalho tem como base os ácido cítrico e fosfórico (mínimo de 45%), um aumento do consumo poderia ter sido observado, uma vez que estes são

utilizados em alimentos para gatos como palatilizantes, com o objetivo de acentuar e realçar o sabor do alimento (ALLEN; KRUGER, 2000).

No presente ensaio não se observaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) sobre a produção de fezes (g/dia), a porcentagem de água nas fezes e o escore fecal, com a inclusão do acidificante em diferentes níveis.

A produção de fezes, bem como sua qualidade física, caracterizada pela porcentagem de água presente nesta, é uma variável importante na avaliação da qualidade de alimentos para animais de companhia e pode influenciar a decisão de compra do proprietário. Os acidificantes dietéticos estão associados a efeitos no equilíbrio ácido-básico (SWENSON; REECE, 1996) e, conseqüentemente, na excreção de água, a qual ocorre pela urina, fezes e outras vias.

A avaliação da qualidade de fezes utilizando o parâmetro do escore fecal proposto por Parreira (2003) é uma medida subjetiva, uma vez que pode ocorrer efeito da interpretação por parte do observador. Entretanto, neste trabalho, pode-se observar que escore fecal, produção fecal e porcentagem de água nas fezes seguiram a mesma linha, não havendo diferenças estatísticas significativas entre as variáveis. O escore fecal médio dos animais (2,61-2,91) é característico de fezes macias, bem formadas e úmidas, ou seja, apresenta qualidade ideal, de acordo com a mesma autora.

#### **4.2 Coeficientes de digestibilidade**

Os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral, energia digestível aparente e energia metabolizável aparente encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 Médias e coeficiente de variação do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), extrato etéreo hidrólise ácida (CDAEEHA), matéria mineral (CDAMM), energia digestível aparente (EDA), em kcal/kg e energia metabolizável aparente (EMA), em kcal/kg

Variável	Tratamentos (%)				CV (%)	p*
	0	0,3	0,6	0,9		
CDAMS	68,54	67,01	68,62	68,86	4,61	0,7580
CDAMO	82,23	82,90	83,73	83,69	6,75	0,9664
CDAPB	76,31	73,41	76,89	77,91	4,97	0,1981
CDAEEHA	82,37	81,94	78,68	84,08	4,55	0,0732
CDAMM	24,67	17,62	19,21	19,49	32,22	0,2754
EDA	3497,27	3490,75	3480,95	3435,69	3,80	0,8675
EMA	3269,87	3273,68	3251,23	3201,92	3,80	0,7583

p\*: significância  $p < 0,05$ ; CV: coeficiente de variação

Pelos dados da Tabela 8, verifica-se que não houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral, energia digestível aparente e energia metabolizável aparente. Também se verifica que os tratamentos apresentaram coeficientes de digestibilidade muito baixos. Este achado pode ser atribuído às fontes proteicas empregadas na fabricação das dietas.

Segundo Cowell et al. (2000), um dos critérios para avaliação dos ingredientes proteicos de origem animal é a relação proteína:matéria mineral. Quanto maior a porcentagem de material mineral no ingrediente, normalmente se observa menor digestibilidade da dieta em que ela foi empregada como fonte proteica.

Segundo Parsons et al. (1997) e Johnson et al. (1998) citados por Carciofi, Vascellos e Borges (2006), existe grande variação na composição das farinhas de origem animal, a qual ocorre devido a variações nas proporções de inclusão de carne e outros tecidos, bem como no processamento empregado

para fabricação desta. Essas variações podem comprometer a qualidade das farinhas, sua digestibilidade e, até mesmo, a biodisponibilidade de aminoácidos.

Naturalmente, farinhas de qualidade inferior apresentam menor valor de mercado e são largamente utilizadas em produtos de menor valor agregado, como no caso de alimentos para cães e gatos classificados mercadologicamente como básico ou *standart* e padrão. A consequência deste uso será uma menor energia metabolizável do produto, o que corrobora os dados descritos na Tabela 8.

As farinhas de carne e ossos e de vísceras de aves são as principais fontes proteicas empregadas na formulação da dieta comercial utilizada no presente ensaio. Segundo Rostagno et al. (2000), as farinhas de origem animal, como fontes de proteína, apresentam um excesso de minerais devido à presença de ossos, chifres, bicos e pés, entre outros tecidos que elevam a quantidade de cálcio e de fósforo dessas matérias-primas e do produto final, um reflexo que pode ser observado na composição e nos teores de macroelementos descritos na Tabela 4.

Pode-se verificar que a inclusão deste acidificante nas doses utilizadas (0,3%, 0,6% e 0,9 %) não afetou a digestibilidade dos nutrientes avaliados neste trabalho.

A ANFAL (2009) recomenda, no Guia Nutricional, perfis nutricionais para animais em manutenção, seguindo recomendações preconizadas pela AFFCO (2009), bem como realiza uma classificação mercadológica desses alimentos com base em valores de coeficientes de digestibilidade aparente.

Na Tabela 9 são apresentadas as classificações propostas pelo guia nutricional.

Tabela 9 Classificação mercadológica dos alimentos completos industrializados para gatos, de acordo com os valores dos coeficientes de digestibilidade (%) dos nutrientes

Valores de digestibilidade (%)	Classificação mercadológica			
	Básico	Padrão	Prêmio	Superprêmio
<b>Matéria seca</b>	≥60	≥65	≥70	≥75
<b>Proteína bruta</b>	≥60	≥65	≥70	≥75
<b>Extrato etéreo</b>	≥70	≥75	≥80	≥85

Fonte: Adaptado de ANFAL (2009)

De acordo com a classificação proposta pela ANFAL (2009), o alimento utilizado no presente estudo pode ser classificado com padrão. Essa classificação é denominada técnico-mercadológica, podendo ser discriminada no rótulo do alimento, desde que comprovados os itens obrigatórios exigidos pela instituição. Entretanto, de acordo com José (2009), a classificação empregada pela ANFAL Pet ainda apresenta-se pouco eficiente, pela alta abrangência dos alimentos nos segmentos superprêmio e prêmio, sendo necessários mais estudos no que tange aos coeficientes mínimos utilizados pela Associação para cada segmento.

### 4.3 Balanço hídrico

Para a determinação do balanço hídrico dos animais, foi avaliado o consumo de água total (mL/dia), mensurando diariamente o consumo de água bebida somada à quantidade de água ingerida advinda do alimento e, destas, descontadas as perdas hídricas diárias pela urina e fezes.

Os valores observados de consumo estão descritos na Tabela 10.

Tabela 10 Médias e coeficiente de variação do consumo de água (ml/dia) de bebida e do alimento, volume urinário (ml/dia), matéria seca da urina, balanço de água

Variável	Tratamentos (%)				CV (%)	L	Q	D
	0	0,3	0,6	0,9				
<b>CAb</b> (mL/dia)	122,64	132,69	117,65	119,82	17,51	0,6631	-	-
<b>CAa</b> (mL/dia)	5,45	6,60	5,92	5,98	19,74	0,4379	-	-
<b>VU</b> (mL/dia)	36,38	51,73	36,22	37,54	36,22	0,1919	-	-
<b>MSu</b> (%)	7,16	6,23	7,02	9,24	24,66	0,0182	0,0204	0,0206
<b>PI</b> (mL/dia)	216,84	210,19	208,63	213,41	22,76	0,8793	-	-

p\*: significância  $p < 0,05$  (ANAVA); L: probabilidade do efeito linear; Q = probabilidade do efeito quadrático; D = probabilidade de desvio; CV: coeficiente de variação; CAb: consumo água bebida; CAa: consumo água alimento; VU: volume urinário; MSu: matéria seca urina; PI: perdas insensíveis = (CAb + CAa + água metabólica) – (% água da urina \* Vu + % água nas fezes \* produção fezes).

$$^1y = 5,47 + 8,34x - 19,64x^2 + 12,14x^3; R^2 = 99,54$$

$$^2y = 6,2443 + 2,7250x; R^2 = 71,93$$

Pôde-se observar que não houve diferença significativa entre os tratamentos para consumo de água bebida, volume urinário e perdas insensíveis.

A ingestão de água bebida pode ser afetada pela quantidade de água no alimento, bem como com a composição da dieta em relação à maior quantidade de proteína e/ou minerais. O aumento desses nutrientes pode aumentar a carga solúvel e, subsequentemente, o grau de consumo de água e produção de urina (WILL; SIMPSON, 1994). A probabilidade de formação de urólitos de estruvita no trato urinário inferior de felinos pode ser reduzida com o aumento de volume de urina e, consequentemente, menor concentração urinária alcançados com a manipulação da dieta, favorecendo esta situação e, para isso, a adição de água, sal ou algum outro agente flavorizante à dieta é recomendada (BUFFINGTON, 1988; CASE; CAREY; HIRAKAWA, 1998).

Em um estudo realizado por Anderson (1982), utilizando diferentes níveis de cloreto de sódio adicionados à dieta de gatos, verificou-se que, com o

aumento gradativo da inclusão, houve um aumento no consumo de água de bebida. Buffington (1992), trabalhando com a adição de 0,25 e 0,5 mg/kg/dia de cloreto de sódio em dietas para gatos, verificaram que a inclusão deste aditivo não causou efeito significativo no consumo de ração e no consumo de água de bebida.

O volume de água ingerida varia consideravelmente, dependendo das condições do animal, do ambiente e do tipo de dieta, portanto, a amplitude para consumo apresentada por autores é muito grande. Feldman e Nelson (2004) cita que gatos que consomem alimento seco devem ingerir entre 20 a 70 mL/kg/dia. Considerando que os animais do presente experimento tinham peso médio de  $3,5 \pm 0,73$ kg, deveriam ingerir, aproximadamente, 70 a 245 mL de água por dia. Thrall e Miller (1976), utilizando alimento seco, verificaram consumo de 51 mL/kg/dia, equivalente a, aproximadamente, 168,5 mL/dia, para os animais do presente ensaio.

Wagner, Friesen e Schakenraad (2006), trabalhando com diferentes dietas, secas e úmidas, verificaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre o tipo de dieta, encontrando consumo médio de água para dietas secas de 31,6 mL/kg/dia. Diante disso, observou-se que, de acordo com Feldman e Nelson (2004) e Wagner, Friesen e Schakenraad (2006), os animais do presente ensaio apresentaram consumo por água de bebida adequado para a manutenção do status fisiológico, porém, de acordo com Thrall e Miller (1976), o consumo observado foi baixo, fato que poderia ocasionar algum distúrbio fisiológico, como, por exemplo, desidratação leve. Porém, no presente estudo, verificou-se que não houve efeito do acidificante utilizado no consumo de água de bebida e os animais não apresentaram nenhum sinal clínico de desidratação ou outro transtorno fisiológico.

A quantidade de água no alimento varia conforme seu processamento, podendo ser classificada em três categorias básicas: alimento seco, semiúmido e

úmido, podendo a quantidade de água no alimento úmido alcançar máximo de 80%, enquanto o alimento seco apresenta valor máximo de 12% de umidade (ANFAL, 2009). Em estudos nos quais se avaliou o efeito da quantidade de água no alimento sobre a eficiência dos gatos em regular e, assim, compensar o balanço hídrico com o consumo de água bebida, verificou-se que estes animais não conseguem ajustar esse consumo (ANDERSON, 1982) e, como consequência, produzem menor volume de urina, predispondo e favorecendo a formação de urólitos.

Segundo Markwell e Buffington (1994), o consumo de ração seca aumenta a excreção de água para o bolo fecal, principalmente em dietas ricas em fibras solúveis, levando a um menor volume urinário. Jackson e Tovey (1977), avaliando o efeito do tipo de dieta sobre a incidência de urólitos, verificaram que gatos alimentados com dieta seca extrusada produziram menor volume de urina (84,4 mL), comparado com dietas não extrusadas (138,6 mL) e dietas enlatadas (104 mL), apresentando, como consequência, maior concentração urinária. Wagner, Friesen e Schakenraad (2006), avaliando nove dietas para gatos, seis secas e três úmidas, avaliaram a produção de urina e encontraram os mesmos resultados de Markwell e Buffington (1994), sendo produção média de 84 mL de urina pelos animais que receberam dieta seca e média de 138 mL pelos alimentados com dietas úmidas. Os animais do presente ensaio apresentaram produção de urina com valores inferiores aos observados em outros estudos, mas se mativeram baixos, corroborando os dados de autores que confirmaram menor produção de urina em animais que receberam dietas secas, porém, não sofreram efeito significativo da inclusão do acidificante nesta produção.

De acordo com os dados da Tabela 10, a porcentagem de água na urina avaliada pela matéria seca (%) apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos do presente experimento. A equação que melhor se ajustou foi a linear ( $R^2 = 71,93$ ). A porcentagem de matéria seca pode ser interpretada como



a quantidade de soluto presente na urina, o qual pode ser composto por células, bactérias, proteínas, minerais e cristais.

As perdas insesíveis do presente experimento não foram afetadas significativamente ( $p < 0,05$ ) pela inclusão dos níveis de acidificante. O cálculo utilizado para a determinação dos valores citados considerou o volume de água ingerido (bebida e alimento) e água metabólica, volume de água excretado pelas fezes e urina, de acordo com a equação:  $\text{Perdas insesíveis} = (\text{consumo de água bebida} + \text{consumo de água do alimento} + \text{água metabólica}) - (\% \text{ água da urina} * \text{volume urinário} + \% \text{ água nas fezes} * \text{produção fezes})$ .

Carciofi et al. (2005), avaliando a influência da quantidade de água e a digestibilidade de alimentos para gatos sobre o balanço de água, calcularam o balanço diário, considerando quantidade total de água ingerida (bebida somada a do alimento e a água metabólica) e total de água excretada (fezes e urina). A água metabólica foi estimada considerando o somatório da digestibilidade da proteína consumida multiplicada pelo fator 0,396, digestibilidade do carboidrato consumido multiplicado por 0,566 e a digestibilidade da gordura consumida multiplicada por 1,071 (NRC, 2006). A diferença entre água total ingerida e água total excretada é computada como as perdas insensíveis que correspondem às perdas por transpiração e salivação.

#### **4.4 pH urinário**

Na Tabela 11 são apresentados os valores de pH urinário mensurados durante o ensaio experimental

Tabela 11 Médias e coeficiente de variação do pH urinário observados nos tratamentos e média geral e coeficiente de variação do pH urinário nos períodos inicial e final

Variável	Tratamento (%)				Média geral	CV (%)	p*
	0	0,3	0,6	0,9			
pH inicial	6,28	6,58	6,48	6,26	6,41 <sup>A</sup>	8,68	0,5798
pH final	6,90	6,69	7,25	6,90	6,94 <sup>B</sup>		
CV (%)	7,63						
p*	0,5033						

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste T

p\*: significância  $p < 0,05$ ; CV: coeficiente de variação

Os animais, previamente ao início do ensaio, alimentavam-se de uma mesma dieta comercial classificada como prêmio (ANFAL, 2009) e eram mantidos sob as mesmas condições ambientais. A densidade urinária inicial e final foi mensurada e os valores médios, nos períodos, foram, respectivamente, de 1,042 e 1,050. O pH inicial foi mensurado antes do início do ensaio experimental. De acordo com os dados da Tabela 11, observa-se que não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para o pH inicial dos animais entre os tratamentos e, portanto, foi possível verificar homogeneidade entre os animais que iriam iniciar no experimento. Dessa forma, os animais distribuídos aleatoriamente entre os tratamentos não sofreram influência do pH inicial.

Avaliando-se o pH final, também não foi possível verificar diferença significativa entre os tratamentos. Entretanto, para a avaliação entre as médias gerais dos tratamentos entre o período inicial e final, foi possível observar diferença significativa ( $p < 0,05$ ). Pode-se concluir que não houve efeito significativo dos níveis de acidificante utilizados no presente ensaio sobre o pH dos animais, porém, houve efeito do período sobre este.

Essa diferença mensurada entre os períodos é justificada pelo efeito da dieta. Os constituintes do alimento influenciam o pH urinário (MARKWELL et

al., 1998), efeito este resultante de seus nutrientes e dos ácidos derivados do mesmo (ALLEN; KRUGER, 2000).

A média de pH urinário do período final foi superior ao período inicial, indicando que a composição dos alimentos era diferente o suficiente para causar essa alteração. Apesar da grande heterogenidade entre os produtos dos segmentos, os alimentos prêmio tendem a apresentar um balanço cátion-aniônico adequado para refletir um pH urinário na faixa ideal (6,2-6,8) para prevenção da formação de urólitos de estruvita e oxalato de cálcio, o que corrobora com o que foi encontrado no período inicial (pH médio = 6,37). Jeremias (2009), trabalhando com três alimentos do segmento prêmio, encontrou pHs urinários médios de 5,83 , 6,38 e 6,92, dos quais apenas dois estão dentro da faixa ideal.

Já para alimentos do segmento padrão/econômico, a heterogenidade de produtos, bem como da composição e da digestibilidade dos nutrientes, apresenta-se ainda mais acentuada, uma vez que não é exigida formulação fixa e o produto apresenta baixo valor agregado, quando comparado com alimentos de outros segmentos. Portanto, as formulações apresentam muitos ingredientes com eventuais substitutos (ANFAL, 2009), além de utilizar em maior volume ingredientes proteicos, com alto teor de matéria mineral, especialmente o cálcio, fato este que colabora para um desbalanço cátion-aniônico e a consequente formação de urina com caráter alcalino. E, apesar da adição de acidificante ao alimento, não se observou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre o pH urinário dos tratamentos no período final e não foi alcançado um pH urinário na faixa ideal, indicando que o acidificante não foi efetivo para modificar significativamente o balanço cátion-aniônico do alimento, fato justificado pela carga catiônica muito elevada do alimento, devido à grande quantidade de cálcio, conforme descrito na Tabela 4.

O pH médio encontrado no período final, após o consumo do alimento comercial avaliado, foi de 6,94, o qual está situado fora da faixa ideal, indicando

predisposição e possível formação de urólitos de estruvita em animais que se alimentam desse alimento por um período mais prolongado.

Jeremias (2009), avaliando o pH urinário de animais alimentados com dietas classificadas como econômicas, encontrou valores médios de 7,74; 7,24 e 7,29, os quais também estavam fora da faixa ideal. A mesma autora apresenta os níveis de garantia destes alimentos e descreve um teor elevado de cálcio (média de 1,7%), corroborando os achados do presente ensaio.

Na Tabela 12 encontram-se os coeficientes de correlação e significância encontrados entre as variáveis avaliadas.

Tabela 12 Coeficientes de correlação e significância

Variáveis	CA (mL/dia)	CMS (%)	Ds (g/dL)	HM (%)	pH	VU (mL/dia)
CA (mL/dia)	1,00	0,56993 (0,0036)	0,42218 (0,0637)	0,04821 (0,8230)	-0,34190 (0,1401)	0,63478 (0,0009)
CMS (%)		1,00	0,05900 (0,8048)	0,000921 (0,9659)	-0,20758 (0,3799)	0,32550 (0,1206)
Ds (g/dL)			1,00	-0,4481 (0,8512)	-0,12525 (0,5988)	0,20928 (0,3759)
HM (%)				1,00	0,22206 (0,3467)	-0,14341 (0,5038)
pH					1,00	-0,63418 (0,0027)
VU (mL/dia)						1,00

Análise de correlação de Pearson. \*significância ( $p < 0,05$ ); CA: consumo de água; CMS: consumo de matéria seca; Ds: densidade urinária; HM: hematócrito; pH: pH urinário; VU: volume de urina

De acordo com os dados da Tabela 12, pode-se verificar que o consumo de matéria seca teve correlação positiva ( $r = 0,56993$ ;  $p = 0,0036$ ) com o consumo de água bebida.

Segundo Will e Simpsom (1994), a ingestão de água bebida pode ser afetada pela quantidade de água no alimento, bem como pela composição da dieta em relação à sua maior quantidade de proteína e/ou minerais. O aumento

desses nutrientes pode aumentar a carga solúvel e, subsequentemente, o grau de consumo de água e produção de urina.

De acordo com Carciofi et al. (2005), gatos não regulam o consumo de água de bebida, porém, animais alimentados com dietas secas consomem maior quantidade de água, quando comparados a animais recebendo dietas úmidas.

Wagner, Friesen e Schakenraad (2006), utilizando dietas secas e úmidas e avaliando a influência destas sobre alguns parâmetros urinários, encontraram correlação positiva ( $r = 0,61$ ;  $p < 0,01$ ) entre o consumo de matéria seca e o consumo de água. Isso significa que, de alguma forma, esses consumos estão correlacionados, porém, não foi avaliado o comportamento dessa correlação.

#### **4.5 Equilíbrio ácido-básico**

Os valores médios mensurados no exame de hemogasometria de sangue venoso dos animais do presente experimento estão descritos na Tabela 13.

Tabela 13 Médias de pH sanguíneo, pressão parcial de dióxido de carbono ( $p\text{CO}_2$ ), pressão parcial de oxigênio ( $p\text{O}_2$ ), concentração de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), dióxido de carbono total ( $\text{CO}_2\text{T}$ ), saturação de oxigênio ( $\text{SatO}_2$ ) e excesso de base (EB), dos animais em jejum e seis horas após alimentação

Variável	Tratamentos (%)				CV (%)	p*
	0	0,3	0,6	0,9		
pH J	7,28	7,27	7,30	7,30	0,63	0,6707
pH A	7,33	7,32	7,31	7,33	0,47	0,7682
pCO <sub>2</sub> J	41,83	39,00	36,83	35,67	19,91	0,5456
pCO <sub>2</sub> A	37,33	40,67	35,17	42,20	18,06	0,3187
pO <sub>2</sub> J	37,33	37,67	33,00	36,50	14,68	0,4244
pO <sub>2</sub> A	36,67	36,17	37,83	34,60	12,91	0,7501
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> J	19,00	17,50	17,67	17,00	13,86	0,5688
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> A	19,80 <sup>ab</sup>	21,00 <sup>ab</sup>	18,40 <sup>a</sup>	21,60 <sup>b</sup>	9,58	0,0292
CO <sub>2</sub> T J	20,00	18,67	18,67	18,00	14,91	0,6861
CO <sub>2</sub> T A	21,00 <sup>ab</sup>	22,40 <sup>ab</sup>	19,60 <sup>a</sup>	23,00 <sup>b</sup>	9,48	0,0235
SatO <sub>2</sub> J	62,00	64,50	57,50	63,83	18,14	0,7284
SatO <sub>2</sub> A	65,33	63,50	66,50	62,00	11,97	0,8020
EB J	-7,33	-8,50	-7,67	-8,33	27,10	0,7836
EB A	-6,00 <sup>ab</sup>	-5,17 <sup>ab</sup>	-8,00 <sup>a</sup>	-3,80 <sup>b</sup>	41,93	0,0209

Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste T

\*significância ( $p < 0,05$ ); CV: coeficiente de variação; pCO<sub>2</sub>: pressão parcial de dióxido de carbono; pO<sub>2</sub>: pressão parcial de oxigênio; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>: concentração de bicarbonato; CO<sub>2</sub>T: dióxido de carbono total; SatO<sub>2</sub>: saturação de oxigênio; EB: excesso de base; J: jejum; A: alimentado

Avaliando-se os dados de pH sanguíneo é possível verificar que não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos para animais em jejum e alimentados, e os valores observados permaneceram dentro do intervalo de normalidade, que se encontra entre 7,27 e 7,40 (DIBARTOLA, 1992). Isso indica que os animais estavam sob equilíbrio ácido-básico, garantindo, por sistemas tampões plasmáticos, que os níveis de acidificante adicionados à dieta não afetaram o pH sanguíneo.

As pressões parciais de dióxido de carbono ( $p\text{CO}_2$ ) não apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos, no período, dos animais

em jejum e alimentados. A  $p\text{CO}_2$  é um parâmetro respiratório e, portanto, uma alteração neste indicará acidose ou alcalose respiratória. Os animais de todos os tratamentos mantiveram a  $p\text{CO}_2$  dentro dos limites normais entre 32,7 a 44,7 mm Hg (DIBARTOLA, 1992), indicando que, com a adição de acidificante à dieta, nenhum tipo de alteração ocorreu com os parâmetros respiratórios dos animais.

A concentração de bicarbonato no sangue ( $\text{HCO}_3^-$ ) é um parâmetro relacionado com alterações metabólicas. Portanto, quando este valor apresenta-se inferior ao intervalo normal, entre 18 e 23,2 mmol/L, segundo DiBartola (1992), pode ser um indicativo que o animal está em estado de acidose metabólica; quando aumentado, pode indicar alcalose metabólica. O aumento do  $\text{HCO}_3^-$  provoca um acréscimo da produção de ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) e, conseqüentemente, um aumento na produção de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Se o animal não apresenta nenhuma patologia respiratória e a ventilação pulmonar esta normal e eficaz, a respiração eliminará o excesso de  $\text{CO}_2$ , mantendo o organismo em equilíbrio. Por outro lado, se a ventilação for ineficaz, o  $\text{CO}_2$  aumenta, implicando em um aumento da pressão parcial de  $\text{CO}_2$  e uma redução do pH sanguíneo, ocasionando, portanto, uma acidose respiratória.

Avaliando-se os dados da concentração de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) na Tabela 13 observa-se que os animais de ambos os tratamentos mantiveram-se dentro do intervalo de normalidade da espécie.

O cálculo do excesso de bases é mais rigoroso do que a medição isolada da reserva alcalina, uma vez que utiliza a hemoglobinememia. Os valores normais do excesso de bases encontram-se no intervalo de -1 a -7, segundo Lee e Drobatz (2003). O valor do excesso de bases pode indicar uma acidose, quando negativo, ou uma alcalose, quando positivo.

Segundo Almosny (2003), acidificantes urinários podem causar uma acidose metabólica, porém, mesmo considerando os achados descritos na Tabela

13, nenhum dos tratamentos diferenciou-se do tratamento controle (0% de acidificante) e, portanto, não é possível afirmar que o acidificante utilizado no presente estudo e nos níveis utilizados no alimento provoca alterações no equilíbrio ácido-básico do animal.

As correlações referentes aos dados da hemogasometria venosa e pH urinário estão descritas na Tabela 14.

Tabela 14 Análise de correlação entre pH urinário e variáveis analisadas em hemogasometria (pH sanguíneo, pCO<sub>2</sub>, pO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>2</sub> total, saturação de O<sub>2</sub>, excesso de base)

	<b>pH sg</b>	<b>pCO<sub>2</sub></b>	<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>CO<sub>2</sub>T</b>	<b>SatO<sub>2</sub></b>	<b>EB</b>
<b>pH</b>	0,46049	0,21997	0,04526	0,02040	0,32731	-0,09376
<b>urinário</b>	(0,0473)	(0,3655)	(0,8540)	(0,9339)	(0,1713)	(0,7026)

Correlação de Spearman

\*significância (p<0,05); pH sg: pH sanguíneo; pCO<sub>2</sub>: pressão parcial de dióxido de carbono; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>: concentração de bicarbonato; CO<sub>2</sub>T: dióxido de carbono total; SatO<sub>2</sub>: saturação de oxigênio; EB: excesso de bases no sangue

O pH urinário é determinado pelo balanço do íons de hidrogênio e de bicarbonato na urina. Em muitos casos, o pH urinário reflete o estado de alcalose ou acidose do organismo como um todo. Porém, em outras situações, esta variável não espelha o que acontece no sangue, devido a mecanismos compensatórios de eliminação do íon oposto (KANEKO; HARVEY; BRUSS, 1997).

A concentração urinária de bicarbonato é proveniente, em sua maioria, da própria passagem do bicarbonato sérico pelo glomérulo renal ou da resíntese tubular. Quanto maior a concentração sanguínea de bicarbonato, maior a filtração dessa molécula pelo glomérulo. Grande parte do bicarbonato é reabsorvida quando sua passagem pelo néfrons, mas este processo é inibido em casos de acidose respiratória quando a pCO<sub>2</sub> sanguínea esta elevada (ORTOLANI, 2003). Contudo, no presente trabalho, não foi observada diferença



significativa para  $p\text{CO}_2$  e os animais não estavam em um quadro de acidose respiratória.

Os dados referentes à concentração sérica de sódio, potássio e cloreto de animais em jejum e, após seis horas do fornecimento da dieta com diferentes níveis de acidificante, estão descritos na tabela 15.

Tabela 15 Médias dos valores mensurados de sódio, potássio e cloreto séricos de animais em jejum e alimentados

Variável	Tratamentos (%)				CV (%)	p*
	0	0,3	0,6	0,9		
<b>Sódio J</b>	136,83	137,33	138,00	137,33	1,81	0,8951
<b>Sódio A</b>	139,83	140,20	140,00	138,83	1,37	0,6629
<b>Potássio J</b>	4,32	4,48	4,57	4,57	8,18	0,6311
<b>Potássio A</b>	4,60	4,24	4,66	4,28	8,03	0,1113
<b>Cloreto J</b>	107,17	108,17	105,33	103,67	3,71	0,2040
<b>Cloreto A</b>	108,17	111,20	108,60	110,00	2,42	0,2307

\*significância ( $p < 0,05$ ); CV: coeficiente de variação; J: jejum; A: alimentado

As concentrações plasmáticas normais dos cátions e ânions citados estão descritas na Tabela 16.

Tabela 16 Concentrações médias aproximadas de cátions (sódio e potássio) e ânions (cloreto) no plasma de gatos saudáveis

	Concentração sérica (mEq/L)
<b>Sódio</b>	149-162
<b>Potássio</b>	3,5-4,5
<b>Cloreto</b>	118-124

Fonte: Adaptado de DiBartola (1992)

Avaliando-se os dados das Tabelas 15 e 16, é possível verificar que, em todos os tratamentos, tanto no jejum quanto após a alimentação, os animais apresentaram concentração plasmática de sódio fora do intervalo normal, apresentando-se inferior e, portanto, indicando hiponatremia.

Para uma avaliação correta da hiponatremia, é necessário avaliar a osmolalidade sanguínea, porém, essa avaliação não foi realizada no presente estudo e, portanto, só é possível inferir sobre uma possível causa. A hiponatremia ocorre quando o animal não excreta de forma eficiente a água ingerida ou quando fluidos insensíveis ou urinários perdidos estão associados com um maior volume de fluido ingerido ou recebido por via parenteral, fazendo com que a concentração de sódio fique menor (DIBARTOLA, 1992).

Avaliando-se os níveis séricos de potássio, conclui-se que, em todos os tratamentos e no período de jejum e após a alimentação, os animais apresentaram concentração de potássio dentro do intervalo fisiológico para gatos.

Já para o cloreto sérico, em todos os tratamentos nos dois momentos de coleta, os animais apresentaram concentrações inferiores ao limite fisiológico indicando uma hipocloremia.

As correlações referentes aos dados dos eletrólitos séricos e pH urinário encontram-se na Tabela 17.

Tabela 17 Análise de correlação entre pH urinário e eletrólitos séricos

	<b>Sódio</b>	<b>Potássio</b>	<b>Cloreto</b>
<b>pH urinário</b>	0,20982 (0,3886)	-0,14501 (0,5536)	0,02675 (0,9134)

Correlação de Spearman

\*significância ( $p < 0,05$ )

No presente estudo não foi verificada nenhuma correlação entre os eletrólitos séricos e o pH urinário.

#### **4.6 Parâmetros hematológicos**

Os parâmetros hematológicos fornecem informações a respeito do estado clínico e nutricional, bem como tratamentos e prognósticos dos animais

(GONZÁLEZ; SCHEFFER, 2003) . Além disso, refletem a situação metabólica dos tecidos dos animais, podendo indicar lesões, transtornos no funcionamento dos órgãos, adaptação do animal diante de desafios nutricionais e desequilíbrios metabólicos (GONZÁLEZ; SCHEFFER, 2003).

Os valores sanguíneos e bioquímicos séricos, considerados como referência para gatos, encontram-se na Tabela 18.

Tabela 18 Valores sanguíneos e bioquímicos séricos de referência para gatos

<b>Testes</b>	<b>UI</b>	<b>Gatos</b>
<b>Ureia</b>	mg/dL	30-65
<b>Creatinina</b>	mg/dL	0,7-2,2
<b>Hematócrito</b>	%	37-55

Fontes: Jain (1993) e Willard e Tvedten (2004)

Os animais do presente ensaio mantiveram níveis de ureia e creatinina plasmáticas dentro do limite fisiológico normal.

Os valores de hematócrito encontrados no presente ensaio estão decritos na Tabela 19.

Tabela 19 Médias e coeficiente de variação de hematócrito (%) na interação tratamento\*período, média geral e coeficiente de variação de hematócrito (%)

<b>Variável</b>	<b>Tratamentos (%)</b>				<b>Média geral</b>	<b>CV (%)</b>	<b>p2</b>
	<b>0</b>	<b>0,3</b>	<b>0,6</b>	<b>0,9</b>			
<b>Hematócrito Inicial</b>	42,63	45,58	47,72	43,45	44,85 <sup>A</sup>	9,80	<0,001
<b>Hematócrito Final</b>	37,35	39,82	40,35	35,32	38,21 <sup>B</sup>		
<b>CV (%)</b>	12,03						
<b>p1</b>	0,8849						

p<0,05 : significância; CV: coeficiente de variação

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste t.

Avaliando-se a tabela de médias, é possível analisar que não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos, nos períodos inicial e final, mostrando que o acidificante comercial utilizado neste trabalho não afetou os valores de hematócrito. Porém, observou-se diferença entre os períodos. No período inicial, o valor de hematócrito apresentou-se superior ao período final, porém, manteve-se dentro do limite fisiológico normal. Já o valor médio do período final apresentou-se muito próximo ao limite inferior (37,0%), porém, ainda dentro do intervalo considerado normal, indicando tendência de os animais entrarem em um quadro de anemia relativa, provavelmente associada ao grau de hidratação dos mesmos ou um reflexo do consumo de um alimento que apresentou níveis de garantia dos nutrientes que comprometeram rapidamente este parâmetro hematológico.

#### **4.7 Estimativa do pH urinário pelo excesso de base do alimento**

A estimativa do pH da urina pelo excesso de base do alimento permite: que seja identificada a possível faixa de pH urinário que tal alimento favorece, podendo, assim, prevenir o desenvolvimento de urólitos de estruvita ou oxalato de cálcio; compreender o efeito do alimento no equilíbrio ácido-básico, bem como identificar os desbalanços entre os macrossubstâncias.

Kienzle, Schuknecht e Meyer (1991) estudaram o efeito de dez alimentos comerciais sobre o pH urinário de gatos, encontrando grande associação com os níveis de cálcio, magnésio, sódio, potássio, metionina e cisteína, fósforo e cloro.

Kienzle e Wilms-Eilers (1994) demonstraram redução gradual e linear do pH urinário até um excesso de base de -500 mmol/kg e, após esse valor, não observaram reduções.

Markwell, Buffington e Smith (1998), estudando 32 alimentos úmidos, verificaram que os elementos que influenciaram o pH urinário foram cálcio, fósforo, sódio, potássio, metionina e cloro.

Wagner, Friesen e Schakenraad (2006) avaliaram 8 alimentos secos e encontraram correlação positiva entre pH urinário e excesso de base.

Foram escolhidas três equações descritas na literatura (JEREMIAS, 2009; KIENZLE; WILMS-EILERS, 1994; YAMKA; FRIESEN; SCHAKENRAAD, 2006) que estimam o pH urinário considerando o excesso de bases utilizando o enxofre nos cálculos.

Na Tabela 20 estão descritas as quantidades dos macrominerais (g/kg) presentes nas quatro dietas experimentais.

Tabela 20 Macrominerais (g/kg) dos tratamentos experimentais com diferentes níveis de acidificante urinário

Macromineral (g/kg)	Tratamento			
	T1(0%)	T2(0,3%)	T3(0,6%)	T4(0,9%)
<b>Cálcio</b>	23,40	25,60	27,30	27,80
<b>Fósforo</b>	18,10	19,30	19,80	20,90
<b>Potássio</b>	7,20	7,30	7,40	7,40
<b>Magnésio</b>	3,20	3,20	3,40	3,90
<b>Sódio</b>	4,30	4,40	4,20	4,10
<b>Cloro</b>	3,60	3,90	4,30	4,50
<b>Enxofre</b>	3,40	3,60	3,70	3,80

Segundo o fabricante do alimento comercial em avaliação, utilizou-se apenas uma formulação e a esta se adicionaram diferentes níveis do acidificante comercial em estudo. Os dados da Tabela 22 descrevem resultados de análises laboratoriais dos teores de macroelementos nos quatro tratamentos experimentais. Foi possível verificar que mesmo os macroelementos que não estão presentes no acidificante tiveram seus teores modificados, indicando que houve problema de

qualidade e precisão na fabricação destes alimentos, ultrapassando 10% de desvio e tolerância para erros analíticos.

De acordo com os dados descritos na Tabela 4, que descrevem os níveis de garantia do alimento sem adição de acidificante, é possível verificar que o alimento apresenta uma quantidade significativamente alta de cálcio, próximo ao nível máximo seguro para cães adultos em manutenção e estendido para gatos, preconizado pela Association of American Feed Control Official – AFFCO (2009) de 2,5 % por kg. Este dado caracteriza uma carga catiônica elevada da dieta, conduzindo a um excesso de bases muito alto e difícil de alcançar a faixa ideal com acidificantes comerciais à base de fósforo.

Para os níveis de garantia de fósforo (informados e analisados), observou-se uma variação grande. Vale lembrar que o teor de fósforo declarado pelo fabricante é mínimo e, portanto, é possível, em análise laboratorial, estimar valores mais altos. O valor obtido por meio de análise laboratorial apresentou-se elevado e acima do limite máximo seguro para cães, e estendido para gatos adultos em manutenção, descrito pela AFFCO (2009), de 1,6% por kg. Considerando que o acidificante comercial escolhido pelo fabricante é composto, principalmente, por ácido fosfórico, espera-se que as dietas experimentais apresentem níveis crescentes e muito elevados de fósforo.

O fabricante não declarou o nível de garantia mínimo do cloro, porém, em análise laboratorial, o valor mensurado está próximo do nível mínimo preconizado pela AFFCO (2009), de 0,3% por kg, e a consequência de hipocloremia foi observada nos animais ao final do experimento.

Determinou-se o excesso de bases (EB) para cada dieta para estimativa do pH urinário, de acordo com as fórmulas propostas por Jeremias (2009), Kienzle e Wilms-Eilers (1994) e Yamka, Friesen e Schakenraad (2006). Yamka, Friesen e Schakenraad (2006) determinaram uma equação direta para estimativa do pH urinário sem denominar a diferença entre ânions e cátions como excesso

de bases, porém, para facilitar o entendimento, calculou-se essa diferença previamente à estimativa do pH, sendo considerada como excesso de bases.

Os valores calculados do excesso de bases, bem como o pH estimado, estão descritos na Tabela 21.

Tabela 21 Excesso de base do alimento e pH urinário estimado

	Tratamentos			
	0,0 %	0,3 %	0,6 %	0,9 %
<b>EB 1</b>	319,45	337,68	383,01	361,82
<b>pH 1</b>	7,80	7,85	7,97	7,91
<b>EB 2</b>	0,97	1,00	1,07	1,03
<b>pH 2</b>	8,00	8,03	8,10	8,06
<b>EB 3</b>	319,45	337,68	383,01	361,82
<b>pH 3</b>	7,72	7,80	8,00	7,90

$$EB\ 1\ (\text{mEq/kg MS}) = (49,9 \times \text{Ca}) + (82,3 \times \text{Mg}) + (43,5 \times \text{Na}) + (25,6 \times \text{K}) - (64,6 \times \text{P}) - (62,4 \times \text{S}) - (28,2 \times \text{Cl})$$

$$pH\ 1 = 7,1 + 0,0019 \times EB1 + (9,7 \times 10^{-7}) \times EB1^2$$

Kienzle e Wilms-Eilers (1994)

$$EB\ 2\ (\% \text{ MS}) = \text{Na} + \text{K} + (0,89\text{Ca}) + (1,58\text{Mg}) - (0,93\text{Cl}) - (1,61\text{S}) - (1,04\text{P})$$

$$pH\ 2 = 7,03 + EB\ 2$$

Yamka, Friesen e Schakenraad (2006)

$$EB\ 3\ (\text{mEq/kg MS}) = (49,9 \times \text{Ca}) + (82,3 \times \text{Mg}) + (43,5 \times \text{Na}) + (25,6 \times \text{K}) - (64,6 \times \text{P}) - (62,4 \times \text{S}) - (28,2 \times \text{Cl})$$

$$pH\ 3 = 6,472 + 0,00361 \times EB3 + 10^{-6} \times EB3^2$$

Jeremias (2009)

Em um estudo para delineamento da equação, Yamka, Friesen e Schakenraad (2006) estudaram 150 alimentos secos e úmidos, verificando que o aumento do pH urinário estava diretamente relacionado com o aumento de cálcio, potássio, sódio e magnésio e a redução de pH relacionada com maiores teores de enxofre, fósforo e cloro. A equação proposta pelos autores para

alimentos secos respondeu por 45% da variabilidade de pH urinários observados. Para os 150 alimentos estudados, as fórmulas propostas por Kienzle, Schuknecht e Meyer (1991), Kienzle e Wilms-Eilers (1994) e Markwell, Buffington e Smith (1998) responderam por 13% a 25% da variabilidade de pH urinário.

Em um estudo realizado por Carciofi (2007), determinou-se *in vivo* o pH urinário de gatos alimentados com 12 diferentes alimentos industrializados e correlacionaram-se os valores mensurados com os estimados pelas equações propostas por Kienzle e Wilms-Eilers (1994) e Yamka, Friesen e Schakenraad (2006). Foi encontrada correlação intermediária, com  $r=0,49$  e  $r=0,50$ .

Jeremias (2009), utilizando 9 alimentos comerciais de diferentes segmentos, verificou correlação com  $r=0,87$  e  $r=0,71$ , para as equações propostas por Kienzle e Wilms-Eilers (1994) e Yamka, Friesen e Schakenraad (2006), respectivamente.

No presente estudo, as equações propostas por Jeremias (2009), Kienzle e Wilms-Eilers (1994) e Yamka, Friesen e Schakenraad (2006) superestimaram os dados do presente estudo por falta de precisão na formulação dos alimentos, bem como na produção dos mesmos, fato que ocasionou alterações metabólicas refletidas no pH urinário, fazendo com que os dados obtidos deste não refletissem exatamente o esperado e estimado pelas equações.

No presente estudo, não foi possível a realização de um estudo de correlações, uma vez que a base de dados é bastante limitada e, apesar de o estudo apresentar quatro tratamentos, foi utilizado apenas um alimento controle.

#### **4.8 Estimativa da inclusão de acidificante ideal**

Conforme apresentado nos materiais e métodos, as dietas experimentais foram individualmente produzidas e, portanto, oferecidas aos animais com os



níveis de acidificante (0,0%, 0,3%, 0,6% e 0,9%) de interesse de estudo do fabricante. Entretanto, após a coleta dos dados de pH, parâmetros sanguíneos e consumo e digestibilidade do alimento, foi realizado o cálculo de adição de sal de acordo com a fórmula:

$$\text{Adição do sal (g/kg)} = \frac{1000 \times \text{os mEq/kg que se deseja adicionar}}{\text{EB do sal (mEq/kg)}}$$

O cálculo de excesso de base do alimento controle foi realizado por meio da equação de predição de Kienzle e Wilms-Eilers (1994), sendo encontrado valor de 319,45. Após isso, foi realizado o cálculo para inclusão de acidificante para a manutenção da faixa de EB (-20 a 40 mEq/kg) que possibilitará o pH na faixa ideal (6,2-6,8) para a prevenção de urólito.

Pelo cálculo acima, pode-se verificar que a inclusão do acidificante nos níveis utilizados neste trabalho não seria suficiente para a alteração do excesso de base para manutenção do pH na faixa ideal, sendo necessária a inclusão entre 3,2% e 3,9% do mesmo. Essa inclusão elevada de acidificante deve-se ao fato da dieta basal apresentar um elevado excesso de base característico de uma dieta com elevado teor de cálcio e baixo cloro.

Vale lembrar que a correção do excesso de base de um alimento utilizando sais acidificantes pode ser inviável uma vez que deve-se avaliar os efeitos fisiológicos desta inclusão. No presente estudo a dieta já apresentava um teor muito elevado de fósforo e se houvesse uma inclusão de 3,2 – 3,9% de acidificante, a dieta apresentaria um nível tóxico de fósforo para gatos. O uso de acidificantes deve ser feito de forma racional e em algumas situações faz-se necessário a reformulação da dieta.

## 5 CONCLUSÃO

A utilização do acidificante urinário comercial, nos níveis estudados, não alterou o pH urinário, os parâmetros sanguíneos e o equilíbrio ácido-básico e hidroeletrolítico dos animais, bem como a digestibilidade dos nutrientes, o escore fecal e o consumo de alimento e de água.

Devido as características da dieta e aos efeitos o metabolismo dos minerais, as equações propostas por Jeremias (2009), Kienzle e Wilms-Eilers (1994) e Yamka, Friesen e Schakenraad (2006), para estimar o pH urinário utilizando excesso de base do alimento considerando o enxofre, não estimaram um valor de pH próximo ao valor real mensurado. A hipocloremia associada a hiponatremia podem ter levado a uma alteração do pH urinário colaborando para que o valor de pH urinário estimado pelas equações propostas na literatura não fossem semelhantes aos encontrados no ensaio. A utilização de equações que estimam pH urinário é viável e importante para formulação de alimentos com balanço mineral adequado para manutenção da saúde do trato urinário de gatos.

O uso de sais acidificantes em dietas para gatos deve ser utilizado com cautela e de forma racional levando-se em consideração o excesso de base do alimento, buscando uma correção coerente que não comprometa o balanceamento dos minerais e consequentemente a saúde do animal.

A utilização de cálculos do excesso de base do alimento, assim como o adequado conhecimento da composição mineral do produto e de fórmulas para a inclusão de acidificantes, é de fundamental importância para que sejam evitados desbalanceamentos e resultados de pH urinário inadequados e, consequentemente, pouca eficácia da inclusão do aditivo.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, T. A.; KRUGER, J. M. Enfermedad felina de las vias urinarias. In: HAND, M. S. et al. **Nutrición clínica en pequeños animales**. 4th ed. Bogotá: Panamericana, 2000. chap. 46, p. 811-845.
- ALMOSNY, N. Equilíbrio ácido-básico em medicina veterinária. In: SIMPÓSIO DE PATOLOGIA CLÍNICA VETERINÁRIA DA REGIÃO SUL DO BRASIL, 1., 2003, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. p. 5-16.
- ANDERSON, R. S. Water balance in the dog and cat. **Journal of Small Animal Practice**, Oxford, v. 23, n. 9, p. 588-598, Sept. 1982.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO. **Manual do Programa Integrado de Qualidade Pet**. São Paulo, 2009. 239 p.
- ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIAL. **Official publication**. Atlanta, 2009. 383 p.
- ASSOCIATION OF THE OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS. **Official and tentative methods of analysis**. 16th ed. Arlington, 1996. v. 1, p. 1-45.
- BLOCK, E. Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 67, n. 12, p. 2939-2948, Dec. 1984.
- BLOCK, E. Manipulation of dietary cation-anion difference on nutritionally related production diseases, productivity, and metabolic responses of dairy cows. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 1., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994. p. 21-48.
- BORGES, F. M. O.; NUNES, I. J. Nutrição e manejo alimentar de cães na saúde e na doença. **Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG**, Belo Horizonte, n. 23, p. 16, 1998.

BUFFINGTON, C. A. T. Acid questions: potential dangers associated with cat food acidification. **Pet Food Industry**, Illinois, v. 35, n. 5, p. 4-8, Sept./Oct. 1993.

BUFFINGTON, C. A. T.; CHEW, D. J. Intermittent alkaline urine in a cat fed and acidifying diet. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 209, n. 1, p. 103-104, July 1996.

BUFFINGTON, C. A. T. Feline struvite urolithiasis: effect of diet In: EUROPEAN SOCIETY OF VETERINARY NEPHROLOGY AND UROLOGY, ANNUAL SYMPOSIUM, 3., 1988, Barcelona. **Proceedings...** Barcelona: Esvnuas, 1988. p. 60-112.

BUFFINGTON, C. A. T. Nutritional aspects of struvite urolithiasis in dogs and cats. In: NEPHROLOGY AND UROLOGY, 16., 1992, Waltham. **Proceedings...** Vernon: Kal Kan Foods, 1992. p. 51-57.

BUFFINGTON, C. A. T. et al. Clinical evaluation of cats with non-obstructive lower urinary tract disease: 109 cases (1993-1995). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 210, n. 1, p. 45-50, Dec. 1997.

CARCIOFI, A. C.; JEREMIAS, J. T. Formulação de macronutrientes e pH urinário de cães e gatos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL, 1.; SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 7., 2009, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2009. p. 87-96.

CARCIOFI, A. C. Métodos para estudo das respostas metabólicas de cães e gatos a diferentes alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, p.235-249, jul. 2007. Suplemento Especial.

CARCIOFI, A. C.; VASCONCELLOS, S.; BORGES, N. C. Composição nutricional e avaliação de rótulo de rações secas para cães comercializadas em Jaboticabal-SP. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 58, n. 3, p. 421-426, jun. 2006.

CARCIOFI, A. C. et al. Influence of water content and the digestibility of pet foods on the water balance of cats. **Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science**, São Paulo, v. 42, n. 6, p. 429-434, 2005.

CASE, L. P.; CAREY, D. P.; HIRAKAWA, D. A. **Nutrição canina e felina:** manual para profissionais. 7th ed. Barcelona: Harcourt Brace, 1998. p. 247-267.

CHAN, J. C. M. Nutrition and acid-base metabolism. **Federation Proceedings**, Bethesda, v. 40, n. 9, p. 2423-2428, July 1981.

CHING, S. V. et al. The effect of chronic dietary acidification using ammonium chloride on acid-base balance and mineral metabolism in the adult cat. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 119, n. 6, p. 902-915, June 1989.

CONFER, A. W.; PANCIERA, R. J. Sistema urinário. In: CARLTON, W. W.; MCGAVIN, M. D. **Patologia veterinária especial de Thomson**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998. cap. 5, p. 228-265.

CORREA, L. B. et al. Balanço cátion-aniônico da dieta na composição do leite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1589-1593, set./out. 2006.

COWELL, C. S. et al. Making commercial pet foods. In: HAND, M. S. et al. **Small animal clinical nutrition**. 4th ed. Missouri: Mark Morris Institute, 2000. chap. 8, p. 127-146.

CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1999. 454 p.

DEL CLARO, G. R. et al. Influência do balanço cátion-aniônico da dieta sobre o pH da urina em ovinos. **Revista de Ensaios e Ciência**, Valinhos, v. 3, n. 3, p. 27-32, 2005.

DIBARTOLA, S. P. **Fluid therapy in small animal practice**. Philadelphia: W. B. Saunders, 1992. 719 p.

DOW, S.W. et al. Effects of dietary acidification and potassium depletion on acid- base balance, mineral metabolism and renal function in adult cats. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 120, n. 6, p. 569-578, June 1990.

FELDMAN, E. C.; NELSON, R. W. Canine Diabetes Mellitus. In: \_\_\_\_\_. **Canine and feline endocrinology and reproduction**. 3rd ed. Philadelphia: W. B. Saunders, 2004. chap. 12, p. 580-615.

FERRAZ, R. R. et al. Preservation of urine samples for metabolic evaluation of stone-forming patients. **Urological Research**, São Paulo, v. 34, n. 5, p. 329-370, Oct. 2006.

FORRESTER, S. D.; ROUDEBUSH, P. Evidence-based management of feline lower urinary tract disease. **Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice**, Philadelphia, v. 37, n. 3, p. 533-558, May 2007.

FUNABA, M. et al. Fish meal vs. corn gluten meal as a protein source for dry cat food. **The Journal of Veterinary Medical Science. The Japanese Society of Veterinary Science**, Tokyo, v. 63, n. 12, p. 1355-1357, Dec. 2001.

GEVAERT, D. M. et al. Effect of macromineral composition of diets on blood acid-base equilibrium and Urinary acidity in dogs. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 121, p. 93-94, Nov. 1991. Supplement 11.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SCHEFFER, J. F. S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. In: SIMPÓSIO DE PATOLOGIA CLÍNICA VETERINÁRIA DA REGIÃO SUL DO BRASIL, 1., 2003, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2003. p. 73-87.

HOLSWORTH, J. Nutrition and nutritional disorders. In: \_\_\_\_\_. **Diseases of the cat: medicine and surgery**. Philadelphia: W. B. Saunders, 1987. v. 1, p. 37-38.

HOUSTON, D. M. et al. Feline urethral plugs and bladder uroliths: a review of 5484 submissions 1998-2003. **The Canadian Veterinary Journal**, Bethesda, v. 44, n. 12, p. 974-977, Dec. 2003.

IZQUIERDO, J. V.; CZARNECKI-MAULDEN, G. L. Effect of various acidifying agents on urine pH and acid-base balance in adult cats. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 121, n. 1, p. 89-90, Jan. 1991.

JACKSON, O. F.; TOVEY, J. D. Water balance studies in domestic cats. **Feline Practice**, Santa Barbara, v. 7, n. 1, p. 30-33, July 1977.

JAIN, N. C. **Essentials of veterinary hematology**. Philadelphia: Lea and Febiger, 1993. 417 p.

JEREMIAS, J. T. **Relação entre o excesso de bases do alimento e o pH urinário de gatos**. 2009. 69 p. Dissertação (Mestrado em Clínica Médica Veterinária) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

JEREMIAS, J. T. et al. Manipulação do balanço mineral da dieta e seus efeitos no pH urinário e equilíbrio ácido-básico de gatos adultos In: CONGRESSO INTERNACIONAL, 1.; SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 7., 2009, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2009. p. 87-96.

JOSÉ, V. A. **Digestibilidades e valores energéticos de alimentos extrusados para cães.** 2009. 78 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals.** 5th ed. London: Academic Press, 1997. 932 p.

KHAN, S. R.; SHEVOCK, P. N.; HACKETT, R. L. Magnesium oxide administration and prevention of calcium oxalate nephrolithiasis. **Journal of Urology**, Baltimore, v. 149, n. 2, p. 412-416, Feb. 1993.

KIENZLE, E.; SCHUKNECHT, A.; MEYER, H. Influence of food composition on the urine pH in cats. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 121, n. 1, p. 87-88, Jan. 1991.

KIENZLE, E.; WILMS-EILERS, S. Struvite diet in cats: effect of ammonium chloride and carbonates on acid balance of cats. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 124, n. 12, p. 2652-2659, Dec. 1994.

KLAHR, S. D. Disorders of acid-base metabolism. In: CHAN, J. C. M.; GILL, J. R. **Disorders of mineral, water, and acid-base metabolism.** New York: J. Wiley, 1982. chap. 4, p. 183-185.

KRUGER, J. M.; ALLEN, T. A. Feline lower urinary tract disease. In: HAND, M. S. et al. **Small animal clinical nutrition.** 4th ed. Missouri: Mark Morris Institute, 2000. chap. 46, p. 689-724.

LAZZAROTTO, J. J. Doença do trato urinário inferior dos felinos associada aos cristais de estruvita. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.7/8, n. 1, p. 58-64, 2001.

LEE, J. A.; DROBATZ, K. J. Characterization of the clinical characteristics, electrolytes, acid-base, and renal parameters in male cats with urethral obstruction. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, San Antonio, v. 13, n. 4, p. 227-233, Dec. 2003.

LEKCHAROENSUK, C. et al. Association between dietary factors and calcium oxalate and magnesium ammonium phosphate uroliths in cats. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 219, n. 9, p. 1228-1237, Nov. 2001.

MARKWELL, P. J.; BUFFINGTON, C. A. T. Feline lower urinary tract disease. In: WILLS, J. M.; SIMPSON, K. (Ed.). **The Waltham book of clinical nutrition**. Oxford: Pergamon, 1994. chap. 17, p. 293-311.

MARKWELL, P. J.; BUFFINGTON, C. A. T.; SMITH, B. H. E. The effect of diet on lower urinary tract diseases in cats. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 128, n. 12, p. 2753-2755, Dec. 1998.

MARKWELL, P. J. et al. Clinical evaluation of commercial acidified diets in the management of idiopathic cystitis in cats. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, Lawrence, v. 12, n. 12, p. 123-256, May 1998.

NAVARRO, C. E. K. G. Exame do sedimento urinário. In: NAVARRO, C. E. K. G. **Manual de urinálise veterinária**. 2. ed. São Paulo: Varela, 2005. cap. 26, p. 61-89.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dogs and cats**. Washington: The National Academy, 2006. 398 p.

ORTOLANI, E. L. Diagnóstico e tratamento de alterações ácido-básicas em ruminantes. In: SIMPÓSIO DE PATOLOGIA CLÍNICA VETERINÁRIA DA REGIÃO SUL DO BRASIL, 1., 2003, Porto alegre. **Anais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. p. 17-29.

OSBORNE, C. A.; BARTGES, J. W.; LULICH, J. P. Prevalence of cystine and urate uroliths in bulldogs and urate uroliths in dalmatians. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 204, n. 12, p. 1914-1918, June 2000.



PARREIRA, P. R. **Efeitos de dois alimentos comerciais secos e dois fornecimentos no consumo alimentar, peso vivo e metabólico, escore corporal, escore e volume fecal de cães adultos em atividade.** 2003. 84 p. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

PASTOOR, F. J. H. et al. Increasing calcium intakes lower urinary concentrations of phosphorus and magnesium in adult ovariectomized cats. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 124, n. 2, p. 299-04, Feb. 1994.

ROBERTSON, W. G. et al. Predicting the crystallization of urine from cats and dogs with respect to calcium oxalate and magnesium ammonium phosphate (struvite). **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 132, n. 6, p. 1637-1641, June 2002.

ROSE, B. D.; POST, T. W. **Clinical physiology of acid-base and electrolyte disorders.** New York: McGraw-Hill Medical, 2000. 992 p.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição dos alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa, MG: UFV, 2000. 141 p.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS User's guide: statistics version 9.1.1.** Cary, NC, 2004. 1 CD.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235 p.

SKOCH, E. R. et al. Influence of diet on urine pH and the feline urological syndrome. **Journal of Small Animal Practice**, Oxford, v. 32, n. 8, p. 413-419, Aug. 1991.

SWENSON, M. J.; REECE, W. O. N. **Dukes: fisiologia dos animais domésticos.** 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Kogan, 1996. 856 p.

TRALL, B. E.; MILLER, L. G. Water turnover in cats fed dry rations. **Feline Practice**, Santa Barbara, v. 6, n. 1, p. 10-17, July 1976.

WAGNER, E.; FRIESEN, K. G.; SCHAKENRAAD, H. Influence of the feed Base Excess on urine parameters in cats. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, New York, v. 90, n. 1/2, p. 10-24, Feb. 2006.

WILLARD, M.; TVEDTEN, H. **Small animal clinical diagnosis by laboratory methods**. Philadelphia: W. B. Saunders, 2004. 432 p.

WILL, J. M.; SIMPSON, K. W. **The Waltham book of clinical nutrition of dog and cat**. New York: Elsevier Science, 1994. 472 p.

YAMKA, R. M.; FRIESEN, K. G.; SCHAKENRAAD, H. The Prediction of urine pH using dietary cations and anions in cats fed dry and wet foods. **Journal of Applied Research in Veterinary Medicine**, Washington, v. 4, n. 1, p. 58-66, 2006.

ZENTEK, J.; SCHULZ, A. Urinary composition of cats la affected by the source of dietary protein. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 134, n. 8, p. 2162-2165, Aug. 2004.

## ANEXOS

### ANEXO A – Uso de timol como conservante urinário

Um estudo foi conduzido no Centro Experimental em Nutrição de Animais de Companhia (CENAC), no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, com o objetivo de verificar a eficácia do produto timol p.a como conservante urinário em ensaios para determinação do pH urinário de 24 horas de gatos.

Foram utilizados 30 gatos adultos, machos e fêmeas, sem raça definida, com peso médio de  $3,50 \pm 0,73$  kg. Os animais utilizados pertencem à comunidade permanente do Centro de Estudos em Animais de Companhia (CENAC).

O ensaio experimental foi composto de duas metodologias para conservação da urina (gelo e Timol), denominadas tratamentos, apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 Tratamentos experimentais

<b>Tratamentos</b>	<b>Metodologia</b>
1	Conservação em gelo
2	Conservação com timol p.a

Todos os animais já estavam sendo alimentados com uma dieta comercial há mais de dez dias e, portanto, estavam adaptados a ela.

O ensaio teve duração de três dias, nos quais foram realizadas colheita de urina e mensurações do pH urinário de todos os animais.

Para a coleta de urina não foi utilizado nenhum tipo de contenção, uma vez que a urina foi proveniente da micção natural dos animais e acondicionadas em recipientes coletores adaptados às gaiolas metabólicas. A cada micção, em

um período de 24 horas, a urina foi prontamente coletada e dividida em duas partes iguais. Uma das partes foi acondicionadas em garrafas do tipo pet mergulhadas no gelo, de forma que, no mínimo, cinquenta por cento da garrafa ficasse submersa, mantendo a temperatura em torno de 5°C, e na outra parte utilizou-se a conservação com 0,1g de timol p.a em garrafas do tipo pet (ANFAL, 2009).

Após o período de 24 horas, foi mensurado o pH urinário de todas as amostras por meio do peagâmetro digital de bancada (QUIMIS, modelo Q400A).

As médias das variáveis foram analisadas no pacote estatístico (SAS, 2004) pelo teste de Shapiro-Wilk para normalidade do resíduo e o teste Hartley para homogeneidade do resíduo. Atendendo à premissa, foram analisados pelo teste T independente, a 5% de significância.

Os valores médios de pH urinário mensurados durante o segundo ensaio experimental estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 Médias e coeficiente de variação da avaliação das metodologias de conservação urinária por mensuração de pH

<b>Metodologias</b>	<b>pH</b>	<b>CV (%)</b>	<b>P*</b>
<b>Timol p.a</b>	7,73	7,48	0,3629
<b>Gelo</b>	7,88		

p<0,05 : significância; CV: coeficiente de variação

No presente estudo foi possível verificar que o timol foi adequado para a conservação de urina de felinos, durante 24 horas, em ensaios que visam à determinação do pH urinário, conforme descrito na Tabela 2.

Este resultado corrobora os obtidos por Jeremias et al. (2009) que utilizaram o timol como conservante urinário em um ensaio experimental no qual foram avaliados dados de pH urinário em gatos.

Kienzle e Wilms-Eilers (1994), avaliando as metodologias de conservação (timol e gelo), verificaram que o timol é um método de conservação eficiente, tendo, após 20 horas, o pH da amostra com timol apresentado apenas uma queda de 0,1 unidade de pH.

Em um estudo realizado por Griffith (1978) citado por Ferraz et al. (2006), verificou-se que o timol é eficiente como antibacteriano em urina, podendo ser utilizado sem causar alterações na composição nesta. Esses resultados corroboram os obtidos por Ferraz et al. (2006) que avaliaram a adição deste conservante em urinas de pacientes litogênicos e verificaram que não houve alteração dos parâmetros urinários.

Diante disso, é possível concluir que o timol se mostrou um conservante urinário eficiente, não afetando significativamente ( $p < 0,005$ ) o pH da urina colhida durante 24 horas, podendo, então, ser adotado como método de conservação em ensaios que visam determinar pH urinário de gatos.

Tabela 3 Análise de variância e coeficiente de variação para o consumo de matéria seca (g)

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	5,842913	1,947638	0,01	0,9989
Resíduo	20	4496,236750	224,811838		
Total	23	4502,079663			
CV (%)	18,39				

Tabela 4 Análise de variância e coeficiente de variação para a produção de fezes (g)

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	109,977083	36,659028	0,13	0,9381
Resíduo	20	5436,152300	271,807615		
Total	23	5546,129383			
CV (%)	23,80				

Tabela 5 Análise de variância e coeficiente de variação para água nas fezes (%)

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	112,873933	37,624644	0,33	0,8071
Resíduo	20	2313,355067	115,667753		
Total	23	2426,229000			
CV (%)	17,12				

Tabela 6 Análise de variância e coeficiente de variação para escore fecal

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	0,35004583	0,11668194	0,76	0,5288
Resíduo	20	3,06435000	0,15321750		
Total	23	3,41439583			
CV (%)	13,77				

Tabela 7 Análise de variância e coeficiente de variação para coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (%)

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	12,7476333	4,2492111	0,39	0,7580
Resíduo	20	215,1535000	10,7576750		
Total	23	227,9011333			
CV (%)	4,61				

Tabela 8 Análise de variância e coeficiente de variação para coeficiente de digestibilidade aparente da matéria orgânica (%)

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	9,3166333	3,1055444	0,09	0,9664
Resíduo	20	714,8337000	35,7416850		
Total	23	724,1503333			
CV (%)	6,75				

Tabela 9 Análise de variância e coeficiente de variação para coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta(%)

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	67,1249333	22,3749778	1,70	0,1981
Resíduo	20	262,4826000	13,1241300		
Total	23	329,6075333			
CV (%)	4,97				

Tabela 10 Análise de variância e coeficiente de variação para coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo ácido (%)

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	91,8994333	30,6331444	2,70	0,0732
Resíduo	20	227,0049667	11,3502483		
Total	23	318,9044000			
CV (%)	4,55				

Tabela 11 Análise de variância e coeficiente de variação para coeficiente de digestibilidade aparente da matéria mineral (%)

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	168,7633125	56,2544375	1,39	0,2754
Resíduo	20	810,4589833	40,5229492		
Total	23	979,2222958			
CV (%)	32,22				

Tabela 12 Análise de variância e coeficiente de variação para energia digestível aparente (kcal/kg)

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	13915,0036	4638,3345	0,24	0,8675
Resíduo	20	386789,6177	19339,4809		
Total	23	400704,6213			
CV (%)	3,80				

Tabela 13 Análise de variância e coeficiente de variação para energia metabolizável aparente (kcal/kg)

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	19594,2153	6531,4051	0,39	0,7583
Resíduo	20	331086,5729	16554,3286		
Total	23	350680,7882			
CV (%)	3,80				

Tabela 14 Análise de variância e coeficiente de variação para consumo de água de bebida (mL/dia)

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	795,92688	265,30896	0,54	0,6631
Resíduo	20	9902,58190	495,12910		
Total	23	10698,50878			
CV (%)	17,51				

Tabela 15 Análise de variância e coeficiente de variação para consumo de água do alimento (mL/dia)

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	3,98747917	1,32915972	0,94	0,4379
Resíduo	20	28,14661667	1,40733083		
Total	23	32,13409583			
CV (%)	19,74				

Tabela 16 Análise de variância e coeficiente de variação para volume urinário (mL/dia)

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	1020,815000	340,271667	1,74	0,1919
Resíduo	20	3920,134533	196,006727		
Total	23	4940,949533			
CV (%)	36,22				



Tabela 17 Análise de variância e coeficiente de variação para matéria seca da urina (%)

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	29,82661250	9,94220417	4,23	0,0182
Linear	1	14,93190750	14,93190750	6,35	0,0204
Quadrático	1	14,86800417	14,86800417	6,32	0,0206
Desvio	1	0,02670083	0,02670083	0,01	0,9162
Resíduo	20				
Total	23				
CV (%)	24,66				
R2	0,387942				

Tabela 18 Análise de variância e coeficiente de variação para perdas insensíveis (mL/dia)

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	83,6512745	26,173594	0,19	0,8793
Resíduo	20	4326,265899	234,11036		
Total	23	5301,112980			
CV (%)	22,76				

Tabela 19 Análise de variância e coeficiente de variação para pH urinário

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Período	1	2,814302	2,814302	9,015	0,0073
Erro 1	19	5,931147	0,312166		
Tratamento	3	0,528087	0,176029	0,680	0,5798
Tratamento*Período	3	0,640668	0,213556	0,825	0,5033
Erro 2	13	3,365492	0,258884		
Total	39	13,279697			
CV 1 (%)	8,68				
CV 2 (%)	7,63				

Tabela 20 Análise de variância e coeficiente de variação para pH sanguíneo nos animais em jejum

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	0,00356667	0,00118889	0,52	0,6707
Resíduo	20	0,04536667	0,00226833		
Total	23	0,04893333			
CV (%)	0,63				

Tabela 21 Análise de variância e coeficiente de variação para pH sanguíneo nos animais alimentados

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	0,00146130	0,00048710	0,38	0,7682
Resíduo	19	0,02433000	0,00128053		
Total	22	0,02579130			
CV (%)	0,47				

Tabela 22 Análise de variância e coeficiente de variação para pressão parcial de CO<sub>2</sub> nos animais em jejum

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	132,333333	44,111111	0,73	0,5456
Resíduo	20	1207,000000	60,350000		
Total	23	1339,333333			
CV (%)	19,96				

Tabela 23 Análise de variância e coeficiente de variação para pressão parcial de CO<sub>2</sub>, nos animais alimentados

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	177,734783	59,244928	1,25	0,3187
Resíduo	19	898,700000	47,300000		
Total	22	1076,434783			
CV (%)	18,06				

Tabela 24 Análise de variância e coeficiente de variação para pressão parcial de O<sub>2</sub>, nos animais em jejum

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	82,4583333	27,4861111	0,97	0,4244
Resíduo	20	564,1666667	28,2083333		
Total	23	646,6250000			
CV (%)	14,68				

Tabela 25 Análise de variância e coeficiente de variação para pressão parcial de O<sub>2</sub>, nos animais alimentados

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	29,2782609	9,7594203	0,41	0,7501
Resíduo	19	456,2000000	24,0105263		
Total	22	485,4782609			
CV (%)	12,91				

Tabela 26 Análise de variância e coeficiente de variação para pressão parcial de HCO<sub>3</sub>, nos animais em jejum

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	13,1250000	4,3750000	0,69	0,5688
Resíduo	20	126,8333333	6,3416667		
Total	23	139,9583333			
CV (%)	13,86				

Tabela 27 Análise de variância e coeficiente de variação para pressão parcial de HCO<sub>3</sub>, nos animais alimentados

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	30,0000000	10,0000000	3,88	0,0292
Resíduo	16	41,2000000	2,5750000		
Total	19	71,2000000			
CV (%)	9,58				

Tabela 28 Análise de variância e coeficiente de variação para CO<sub>2</sub> total, nos animais em jejum

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	12,6666667	4,2222222	0,50	0,6861
Resíduo	20	168,6666667	8,4333333		
Total	23	181,3333333			
CV (%)	14,91				

Tabela 29 Análise de variância e coeficiente de variação para CO<sub>2</sub> total, nos animais alimentados

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	34,6000000	11,5333333	4,16	0,0235
Resíduo	16	44,4000000	2,7750000		
Total	19	79,0000000			
CV (%)	9,48				

Tabela 30 Análise de variância e coeficiente de variação para saturação de O<sub>2</sub>, nos animais em jejum

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	179,125000	59,708333	0,44	0,7284
Resíduo	20	2727,833333	136,391667		
Total	23	2906,958333			
CV (%)	18,14				

Tabela 31 Análise de variância e coeficiente de variação para saturação de O<sub>2</sub>, nos animais alimentados

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	65,318841	21,772947	0,33	0,8020
Resíduo	19	1244,333333	65,491228		
Total	22	1309,652174			
CV (%)	11,97				

Tabela 32 Análise de variância e coeficiente de variação para excesso de bases, nos animais em jejum

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	5,4583333	1,8194444	0,36	0,7836
Resíduo	20	101,5000000	5,0750000		
Total	23	106,9583333			
CV (%)	27,10				

Tabela 33 Análise de variância e coeficiente de variação para excesso de bases, nos animais alimentados

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	51,6710145	17,2236715	4,11	0,0209
Resíduo	19	79,6333333	4,1912281		
Total	22	131,3043478			
CV (%)	41,93				

Tabela 34 Análise de variância e coeficiente de variação para concentração de sódio (mEq/L), nos animais em jejum

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	4,1250000	1,3750000	0,20	0,8951
Resíduo	20	137,5000000	6,8750000		
Total	23	141,6250000			
CV (%)	1,81				

Tabela 35 Análise de variância e coeficiente de variação para concentração de sódio (mEq/L), nos animais alimentados

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	6,30606061	2,10202020	0,54	0,6629
Resíduo	18	70,46666667	3,91481481		
Total	21	76,77272727			
CV (%)	1,37				

Tabela 36 Análise de variância e coeficiente de variação para concentração de potássio (mEq/L), nos animais em jejum

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	0,25000000	0,08333333	0,59	0,6311
Resíduo	20	2,84333333	0,14216667		
Total	23	3,09333333			
CV (%)	8,18				

Tabela 37 Análise de variância e coeficiente de variação para concentração de potássio (mEq/L), nos animais alimentados

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	0,74221212	0,24740404	2,30	0,1113
Resíduo	18	1,93233333	0,10735185		
Total	21	2,67454545			
CV (%)	8,03				

Tabela 38 Análise de variância e coeficiente de variação para concentração de cloretos (mEq/L), nos animais em jejum

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	71,5000000	23,8333333	1,68	0,2040
Resíduo	20	284,3333333	14,2166667		
Total	23	355,8333333			
CV (%)	3,71				

Tabela 39 Análise de variância e coeficiente de variação para concentração de cloretos (mEq/L), nos animais alimentados

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Tratamento	3	30,6212121	10,2070707	1,57	0,2307
Resíduo	18	116,8333333	6,4907407		
Total	21	147,4545455			
CV (%)	2,42				

Tabela 40 Análise de variância e coeficiente de variação para hematócrito (%)

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Período	1	528,676875	528,676875	31,945	< 0,001
Erro 1	23	380,638125	16,549484		
Tratamento	3	175,322292	58,440764	2,341	0,1096
Tratamento*Período	3	16,083958	5,361319	0,215	0,8849
Erro 2	17	424,473542	24,969032		
Total	47	1525,194792			
CV 1 (%)	9,80				
CV 2 (%)	12,03				

Tabela 41 Análise de variância e coeficiente de variação para ureia (mg/dL)

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Período	1	12,100000	12,100000	0,321	0,5778
Erro 1	19	716,900000	37,731579		
Tratamento	3	305,300000	101,766667	1,805	0,1960
Tratamento*Período	3	116,100000	38,700000	0,686	0,5763
Erro 2	13	733,100000	56,392308		
Total	39	1883,500000			
CV 1 (%)	11,87				
CV 2 (%)	14,51				

Tabela 42 Análise de variância e coeficiente de variação para creatinina (mg/dL)

Causas de variação	G,L	S,Q	Q,M	Fc	Prob<F
Período	1	0,240833	0,240833	15,864	0,0006
Erro 1	23	0,349167	0,015181		
Tratamento	3	0,021667	0,007222	0,138	0,9361
Tratamento*Período	3	0,074167	0,024722		
Erro 2	17	0,890833	0,052402	0,472	0,7059
Total	47	1,576667			
CV 1 (%)	12,22				
CV 2 (%)	22,70				