

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

**RELAÇÃO ENTRE O EXCESSO DE BASES DO ALIMENTO
E O PH URINÁRIO DE GATOS**

Juliana Tolo Jeremias
Médica Veterinária

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
2009

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

**RELAÇÃO ENTRE O EXCESSO DE BASES DO ALIMENTO
E O PH URINÁRIO DE GATOS**

**Juliana Toloi Jeremias
Orientador: Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária (Clínica Médica Veterinária).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
2009

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

JULIANA TOLOI JEREMIAS – Nascida em 31 de outubro de 1979, em Araraquara – SP, graduada em Medicina Veterinária pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Campus de Jaboticabal em Dezembro de 2003, cursou o Programa de Aprimoramento em Medicina Veterinária, área Nutrição e Nutrição Clínica de Pequenos Animais nos anos de 2005 e 2006 na mesma instituição.

A vida é uma peça de teatro que não permite ensaios. Por isso, cante, chore, dance, ria e viva intensamente, antes que a cortina se feche e a peça termine sem aplausos.

Charles Chaplin

Dedico

Aos meus pais Antonio Carlos e Maria Aparecida, pelo amor, por sempre me apoiarem e oferecerem o privilégio de continuar estudando.

Aos meus irmãos, Junior e Fernando, por serem irmãos maravilhosos.

Ao meu afilhado Enzo e sobrinha Larissa, por trazerem esperança e alegria em minha vida.

Ofereço

À minha avó Yolanda (*in memoriam*) e à minha tia Jeni (*in memoriam*)
por terem sido um exemplo de grandes mulheres e por estarem sempre
em meu coração.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, por ter guiado meus passos e iluminado meu caminho para que eu chegasse até aqui.

A toda minha família, principalmente minha avó Ana, tio Mário, meus padrinhos Teresa e João, minhas primas Patrícia e Fabiana, minha comadre Thays e sobrinhos Enzo e Larissa por sempre torcerem pelo meu sucesso.

Ao orientador e ao amigo Aulus Cavalieri Carciofi, por todo aprendizado profissional e pessoal e pelas oportunidades oferecidas durante todos os anos de convivência.

Aos membros da banca de qualificação e defesa pelas importantes contribuições na melhoria deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Jairo, pela orientação e grande ajuda nas análises dos macroelementos.

Ao Prof. Dr. Gener Tadeu Pereira, pelo grande auxílio na realização da parte estatística.

Ao Prof. Dr. Dalton, por ceder à utilização da peletizadora experimental. E ao funcionário Mauro pela ajuda no processo de peletização.

Aos funcionários do Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos "Prof. Dr. Flávio Prada", Elaine e Jhones, pela amizade, pelo carinho com que tratam os animais, pelo café e pelo imenso apoio durante o experimento.

Aos funcionários do Laboratório de Apoio à Pesquisa do Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária, Cláudia, Renata e Paulo pela amizade e auxílio nas análises laboratoriais desse experimento.

Aos meus amigos e companheiros do laboratório, Márcio, Sandra, Márcia, Guilherme, Eliana, Íris, Ricardo, Zaine, Mariana, Letícia e Fabiano, pelos bons momentos que passamos e por toda ajuda.

Às minhas ajudantes da iniciação científica, Bruna e Chayanne, e aos demais estagiários, Svirino, Natalie, Ana Paula, Ana Carolina, Amanda, Mariana pela grande ajuda e amizade.

A todos os gatos do nosso laboratório, pela contribuição nessa pesquisa e por sempre estarem dispostos a oferecer carinho e companhia.

À FAPESP por proporcionar auxílio na forma de bolsa de estudos para a mestranda (proc. 07/53491-0) e auxílio financeiro a essa pesquisa (proc. 07/08301-9).

À Mogiana Alimentos S/A, pela manutenção financeira do Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos "Prof. Dr. Flávio Prada".

Aos meus grandes amigos, Paula, Lula, Márcio, Cris, Du, Angela, Carla, Gui, Weber, que perto ou longe, estão sempre presentes em todos os momentos de minha vida.

Ao meu grande companheiro de todos os momentos Pedro Pablo, pelo amor, por me ajudar a crescer e sempre me dar forças e me fazer enxergar a vida "más allá".

Aos meus filhinhos peludos, Sophie, Batatinha, Péтуca, Simbinha e Bam-bam por todo amor e por serem sempre meus queridos companheirinhos.

SUMÁRIO

	Página
Lista de Tabelas.....	viii
Lista de Figuras	ix
Lista de Abreviaturas.....	x
Resumo.....	1
Summary.....	2
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
...2.1. Excesso de Bases do Alimento.....	5
...2.2. Urolitíase.....	6
...2.3. pH urinário.....	9
...2.4. Estimativa do pH urinário a partir da composição da dieta.....	11
...2.5. Medida <i>in vivo</i> do pH urinário.....	14
...2.6. Equilíbrio ácido-básico.....	16
CAPÍTULO 2 – RELAÇÃO ENTRE O EXCESSO DE BASES DA DIETA, pH URINÁRIO E EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO DE GATOS HÍGIDOS ADULTOS.....	19
Resumo.....	19
Summary.....	20
1. INTRODUÇÃO.....	21
2. MATERIAL E MÉTODO.....	22
...2.1 Animais.....	22
...2.2 Dietas Experimentais.....	22
...2.3 Protocolo experimental e manejo dos animais.....	24
2.3.1 Determinação do status ácido-básico dos animais.....	25
2.3.2 Análises dos alimentos.....	27
2.3.3 Estimativa do excesso de bases dos alimentos.....	27
2.4. Análise estatística dos resultados.....	27
3. RESULTADOS.....	28
5. DISCUSSÃO.....	37

6. CONCLUSÕES.....	40
CAPÍTULO 3 – ALTERAÇÃO DO BALANÇO MINERAL DA DIETA E SEUS EFEITOS NO pH URINÁRIO E EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO DE GATOSADULTOS.....	41
Resumo.....	41
Summary.....	42
1. INTRODUÇÃO.....	43
2. MATERIAL E MÉTODO.....	45
...2.1 Animais.....	45
...2.2 Dietas e Tratamentos Experimentais.....	45
...2.3 Protocolo Experimental e manejo dos animais.....	47
2.3.1 Determinação do status ácido-básico dos animais.....	48
2.3.2 Análises dos Alimentos.....	49
...2.4 Estimativa do excesso de bases dos alimentos e validação da equação para estimativa do pH urinário dos gatos.....	50
...2.5. Análise estatística dos resultados.....	50
3. RESULTADOS.....	52
...3.1 Ensaio com Alcalinizantes.....	52
...3.2 Ensaio com Acidificantes.....	56
...3.3 Validação da equação para estimativa do pH urinário de gatos.....	61
5. DISCUSSÃO.....	62
6. CONCLUSÕES.....	64
REFERÊNCIAS.....	65
ANEXO 1	

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 - RELAÇÃO ENTRE O EXCESSO DE BASES DA DIETA, pH URINÁRIO E EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO DE GATOS HÍGIDOS ADULTOS

Tabela 1	Composição química analisada das dietas comerciais para felinos adultos empregadas no experimento.....	Página 23
Tabela 2	Ingestão de alimentos, escore fecal, excesso de bases das dietas, pH, densidade e volume urinário e hemogasometria dos gatos mediante o consumo das dietas experimentais.....	29

CAPÍTULO 3 – ALTERAÇÃO DO BALANÇO MINERAL DA DIETA E SEUS EFEITOS NO pH URINÁRIO E EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO DE GATOS ADULTOS

Tabela 1	Composição química analisada das dietas comerciais para felinos adultos empregadas no experimento.....	46
Tabela 2	Composição química e excesso de bases (EB) dos sais empregados no experimento.....	47
Tabela 3	Composição analisada de macromelementos dos tratamentos empregados no teste dos alcalinizantes.....	53
Tabela 4	Ingestão de alimentos, escore fecal, excesso de bases das dietas, densidade, volume e pH urinário e hemogasometria dos gatos mediante o consumo dos tratamentos empregados no teste dos alcalinizantes.....	55
Tabela 5	Composição analisada de macromelementos dos tratamentos empregados no teste dos acidificantes.....	57
Tabela 6	Ingestão de alimentos, escore fecal, excesso de bases das dietas, densidade, volume e pH urinário e hemogasometria dos gatos mediante o consumo dos tratamentos empregados no teste dos acidificantes.....	59

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2 - RELAÇÃO ENTRE O EXCESSO DE BASES DA DIETA E O pH URINÁRIO E SUA INFLUÊNCIA SOBRE EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO DE GATOS

		Página
Figura 1	Correlação entre o pH urinário de gatos encontrado <i>in vivo</i> (n=9) e o EB calculado com enxofre.....	31
Figura 2	Correlação entre o pH urinário de gatos encontrado <i>in vivo</i> (n=9) e o EB calculado com aminoácidos sulfurados.....	32
Figura 3	Correlação entre o pH urinário de gatos encontrado <i>in vivo</i> (n=9) com os estimados pelas equações de KIENZLE & WILMS-EILERS (1994), KIENZLE et al. (1991) e YAMCA, et al.(2006).....	33
Figura 4	Correlação entre o pH sanguíneo venoso pós-prandial (n=9) com o EB das dietas calculado com enxofre (mEq/kg MS).....	35
Figura 5	Correlação entre a concentração de bicarbonato sanguíneo venoso pós-prandial (n=9) com o EB das dietas calculado com enxofre (mEq/kg MS).....	35
Figura 6	Correlação entre o EB sanguíneo venoso pós-prandial (n=9) com o EB das dietas calculado com enxofre a (mEq/kg MS).....	36

CAPÍTULO 3 - ALTERAÇÃO DO BALANÇO MINERAL DA DIETA E SEUS EFEITOS NO pH URINÁRIO E EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO DE GATOS ADULTOS

Figura 1	Correlação entre o pH urinário de gatos encontrado <i>in vivo</i> (n=10) com os estimados pela equação $pH = 6,472 + 0,003619EB + 10^{-6} EB^2$	61
----------	---	----

LISTA DE ABREVIATURAS

AAFCO	Association of American Feed Control Official
AOAC	Association of the Official Analytical Chemists
EB	Excesso de Bases
EEHA	Extrato etéreo hidrólise ácida
ENN	Extrato não nitrogenado
FB	Fibra bruta
g	grama
Kcal	quilocaloria
Kg	quilograma
mEq	miliEquivalente
mL	mililitros
MM	Matéria mineral
MS	Matéria seca
NRC	National Research Council
PB	Proteína bruta
PC	Peso corporal

RELAÇÃO ENTRE O EXCESSO DE BASES DA DIETA e o pH URINÁRIO DE GATOS

RESUMO: A composição mineral da dieta influencia as características da urina de gatos, estando envolvida no desenvolvimento e prevenção de urolitíases. O excesso de bases (EB) do alimento possui alta correlação com o pH urinário de gatos. Este pode ser calculado a partir da determinação da composição de macromelementos ou de aminoácidos sulfurados contidos na dieta. Em um primeiro estudo comparou-se fórmulas publicadas para estimar o EB do alimento e o pH urinário de gatos, avaliando a influência do enxofre e dos aminoácidos sulfurados sobre os cálculos, e verificou a relação entre o EB do alimento e parâmetros hemogasométricos. Em outro estudo foram avaliados os efeitos da adição de sais aniônicos acidificantes e de sais catiônicos alcalinizantes em dietas para felinos, com o objetivo de se validar as equações de estimação do pH urinário desenvolvidas no estudo anterior, demonstrar a eficácia desses sais, bem como verificar possíveis perturbações no equilíbrio ácido-básico dos animais decorrentes destas modificações na composição da dieta. Os gatos permaneceram em gaiolas metabólicas durante sete dias de adaptação à dieta, seguidos por três dias de coleta total de urina. Durante a coleta, a urina produzida em cada período de 24 horas teve aferida seu volume, densidade e pH. O equilíbrio ácido-básico foi estudado pela hemogasometria de sangue venoso. Amostras de sangue foram coletadas às 8:00hs (antes do fornecimento do alimento) e 6 horas depois do fornecimento, após 10 dias de adaptação ao alimento. No primeiro estudo o pH urinário variou entre $5,83 \pm 0,09$ e $7,74 \pm 0,13$. O EB_s entre -185 e 309 mEq/kg MS e EB_{aa} entre -49 e 377 mEq/kg MS. A diferença média de -115 mEq/kg entre EB_s e EB_{aa} foi observada. O pH urinário apresentou alta correlação com o EB_s ($r=0,95$; $p<0,0001$) e EB_{aa} ($r=0,86$; $p<0,0001$). No segundo estudo o pH urinário no teste de alcalinizantes variou entre $5,60 \pm 0,07$ a $6,15 \pm 0,06$ ($p<0,0005$) e no teste de acidificantes de $6,93 \pm 0,08$ a $6,00 \pm 0,08$ ($p<0,0001$) demonstrando eficácia dos sais empregados. Conclui-se que o cálculo do excesso de bases empregando os macromelementos junto com o enxofre foi o método mais adequado de se compreender os efeitos dos cátions e ânions da dieta sobre o equilíbrio ácido-básico de felinos. Os resultados demonstram que a manipulação do equilíbrio mineral da dieta com base no cálculo de seu excesso de base é um meio efetivo de se ajustar o alimento visando modulação metabólica e do pH urinário de gatos. As dietas devem apresentar adequado excesso de bases, valores muito positivos resultam em produção de urina alcalina enquanto muito negativos de urina excessivamente ácida e acidose metabólica nos animais.

Palavras-chave: eletrólitos, hemogasometria, felinos, urolitíase

RELATIONSHIP AMONG FOOD BASE EXCESS AND URINARY Ph IN CATS

SUMMARY: Food mineral composition influences the characteristics of cat's urine and is involved in the development and prevention of urolithiasis. Food base excess (BE) has a high correlation with cat urinary pH. BE can be calculated utilizing only macroelements or using sulfur amino acids (methionine and cistine) instead of total sulfur. In the first chapter compared published formulas to estimate food BE and urinary pH of cats, evaluated the influence of total sulfur and sulfur amino acids on BE calculations, and verified the relationship between food BE with cat blood gases analysis. In other chapter, effects of acidifying and alkalizing additives on cats food were evaluated, so that: 1. the urinary pH prediction equations developed on chapter 2 could be validated, 2. mineral salt efficacy could be demonstrated, 3. potential acid base alterations caused by the additives used on the cat's food could be verified. Cats were housed in metabolic cages and fed during a seven days adaptation phase followed by three days of total urine collection. Urine was collected in plastic bottles conserved in ice under the cage funnel. Each 24-h of produced urine were pooled by cat and analyzed for density, volume and pH. Cat's acid-basic status was studied by blood gas analysis of venous blood. Blood samples were collected at 8:00h (pre feeding) and 6 hours after meal, after 10-days of food adaptation. In the first chapter pH of cats varied in the interval of 5.83 ± 0.13 (mean \pm SD) and 7.74 ± 0.12 . Food BE_s varied between -185 and 309 mmol/kg DM, and food BE_{aa} between -49 and 377 mmol/kg DM. A mean difference of -115 mmol/kg between EB1 and EB2 was observed Urine pH has high correlations with food BE_s ($r=0.95$; $p<0.0001$) and BE_{aa} ($r=0.86$; $p<0.0001$). In the second chapter Alkalizing additives: urinary pH of cats varied in the interval of $5,60 \pm 0,07$ a $6,15 \pm 0,06$ ($p<0,0005$). Acidifying additives: urinary pH of cats varied in the interval of $6,93 \pm 0,08$ a $6,00 \pm 0,08$ ($p<0,0001$), showing the efficacy of the additives that were used. The results demonstrated that the manipulation of the mineral balance of the diet with base in base excess is an effective middle of adjusting the food seeking metabolic modulation and the urinary pH of cats. The diets should present appropriate base excess, very positive values result in production of alkaline urine while very negatives excessively acid urine and metabolic acidosis in the animals.

Palavras-chave: electrolytes, blood gas analysis, felines, urolithiasis

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

Em 2007, a indústria brasileira de alimentos para cães e gatos produziu 1,8 milhões de toneladas de alimentos. O potencial do mercado brasileiro, no entanto, está muito além do produzido no país. Com 31 milhões de cães e 15 milhões de gatos, nosso consumo potencial de rações é de 3,96 milhões de toneladas/ano. Esses números elevam o Brasil à colocação de segundo maior mercado mundial em número de animais e volume de alimentos produzidos (ANFALPET, 2008).

A responsabilidade dos fabricantes de alimentos para cães e gatos vem aumentando. Há tempos as empresas deixaram de lidar com um simples animal e passaram a alimentar um membro da família. A proximidade entre os conceitos nutricionais e funcionais dos alimentos para homens, cães e gatos é muito grande. Cada vez mais se observa melhora na estética de embalagens e a comunicação de vários atributos e benefícios de ingredientes e produtos, que são estampados nos rótulos dos alimentos, como imunomoduladores, redutores de odor de fezes, controladores do pH urinário, alta digestibilidade, melhora da saúde dos pêlos etc (CARCIOFI, 2005). Hoje em dia, existe a preocupação de se buscar, através da nutrição, uma maior e melhor expectativa de vida para esses animais.

Vários aspectos são importantes na avaliação de um alimento para cães e gatos. Maior ênfase tem sido dada ao seu teor de energia metabolizável, digestibilidade, qualidade das fezes geradas mediante seu consumo e palatabilidade. No Brasil, os efeitos metabólicos da dieta e seus possíveis relacionamentos com a saúde geral, no entanto, têm recebido menor atenção (CARCIOFI, 2007). Os efeitos metabólicos do alimento estão relacionados com alterações da saúde a longo prazo, que podem se estabelecer ao decorrer de vários meses ou anos de ingestão alimentar. Alguns exemplos incluem as urolitíases, nefropatias, alterações articulares, distúrbios cardio-

circulatórios, obesidade, intolerância aos carboidratos (Diabetes Mellitus), dentre outras, todas relacionadas com a qualidade de vida e longevidade de cães e gatos.

Durante o processo de assimilação e uso dos alimentos, diferentes respostas metabólicas podem ser desenvolvidas pelo organismo dos animais. Estas respostas são fruto da integração de mecanismos complexos, que envolvem o funcionamento dos órgãos, sendo influenciadas, além da dieta, pela espécie animal, idade, condição fisiológica e composição corporal. Uma das respostas metabólicas que mais têm merecido atenção dos pesquisadores é a conseqüente ao excesso de bases (EB) do alimento, estreitamente relacionado com o pH urinário (CARCIOFI, 2007).

Em relação à nutrição mineral dos animais, além das descobertas de um número maior de microelementos essenciais ao funcionamento do organismo, estudos têm se dirigido para a relação entre os cátions e os ânions presentes em determinada dieta. Esta relação é fundamental aos processos metabólicos do animal, como por exemplo seu equilíbrio ácido-básico, tendo sido intensivamente pesquisadas e utilizadas na produção animal (CAVALIERI, 2002). Mais recentemente, alguns estudos sobre sua influência no metabolismo de cães e gatos têm surgido (KIENZLE & WILMS-EILERS, 1994; WAGNER et al., 2006; YAMKA et al., 2006).

Esta dissertação enfocou a importância fisiológica e as alterações metabólicas conseqüentes ao balanço eletrolítico da dieta de felinos, abordando especificamente a relação entre cátions e ânions do alimento e seus efeitos sobre o equilíbrio ácido-básico e o pH urinário dos animais.

Em um primeiro experimento foi avaliado o pH urinário de gatos e seu equilíbrio ácido-básico por hemogasometria venosa, correlacionando-os com a composição química, teores de macro-elementos e excesso de bases do alimento, utilizando-se para isto equações já existentes na literatura e propondo-se novas equações para estes cálculos.

Um segundo experimento avaliou os efeitos da adição de sais aniônicos acidificantes (sulfato de amônio e hexametáfosfato de sódio) e sais catiônicos alcalinizantes (carbonato de cálcio e citrato de potássio) em dietas para felinos, buscando-se validar as equações desenvolvidas no primeiro experimento, demonstrar a

eficácia desses sais e verificar possíveis perturbações no equilíbrio ácido-básico dos animais decorrentes destas modificações na composição dietética.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Excesso de bases do alimento

Os eletrólitos da dieta podem ser classificados como ânions ou cátions. Ânions apresentam carga negativa e cátions carga positiva. Os mais importantes cátions da dieta são o sódio, o potássio, o cálcio e o magnésio e os ânions o cloro, o enxofre e o fósforo (BLOCK, 1984). O excesso de bases da dieta é definido como a diferença em miliequivalentes (mEq) entre os principais cátions e ânions e pode ser calculado a partir de várias equações propostas. Independente da equação empregada, para os cálculos são necessários os pesos equivalentes dos eletrólitos, pois o balanço ácido-básico é afetado pela carga elétrica, não pela massa. Desta forma cada íon exerce seu efeito de acordo com a sua valência, ou carga elétrica (CAVALIERI & SANTOS, 2002).

Sódio, potássio e cloro são íons monovalentes e exercem forte efeito iônico no equilíbrio ácido-básico, sendo denominados de “íons fortes”. Esses íons são utilizados no cálculo devido a sua importante participação no metabolismo animal, principalmente no balanço osmótico, balanço ácido-básico, mecanismos de transporte em membrana e integridade das membranas celulares. O enxofre é outro ânion empregado no cálculo do EB, devido a sua capacidade de acidificar os fluídos onde está presente (BLOCK, 1984). O ânion fósforo é responsável, entre outras funções, por manter o balanço ácido-básico no organismo. Os cátions Ca e Mg, que também fazem parte do cálculo do EB, são macroelementos predominantemente alcalinizantes potentes modificadores do pH dos fluidos corporais (DIBARTOLA, 2006).

Sinônimos para o EB incluem balanço cátion-ânion da dieta, brecha aniônica e catiônica da dieta ou ânions não determinados da dieta (ALLEN & KRUGER, 2000). O

EB da dieta é importante em vários aspectos do metabolismo, refletindo-se sobre o funcionamento neuromuscular, osteoarticular, função respiratória, função renal e cardiovascular (DIBARTOLA, 2006; KANEKO, et al. 1997). Situações de doença, em algumas circunstâncias, levam inclusive à alterações nas necessidades de macroelementos dietéticos, devendo isto ser considerado para que a dieta se adapte melhor às alterações metabólicas por que passa o animal (HAND, et al., 2000).

2.2 Urolitíase

A doença do trato urinário inferior dos felinos (DTUIF) inclui qualquer desordem que acomete a bexiga ou uretra de gatos que leva à inflamação vesical (urólitos, plugs uretrais, infecção bacteriana ou viral). Independente da causa, a DTUIF está freqüentemente associada aos sinais clínicos hematúria, estrangúria, disúria, polaquiúria e periúria. Seu diagnóstico é feito a partir dos exames de urina, radiografia ou ultra-som abdominal, cistorretrografia e cultura de urina. Se nenhuma causa é encontrada depois de uma avaliação completa, diagnostica-se cistite idiopática felina (CIF) (FORRESTER & ROUDEBUSH, 2007).

A DTUIF tem sido diagnosticada em 4,6% dos gatos avaliados em clínicas privadas dos Estados Unidos e em 7,5% dos felinos atendidos em hospitais veterinários de universidades americanas. Sua ocorrência é maior nos animais que apresentam entre 1 e 10 anos de idade. A forma mais freqüente de DTUIF em animais com menos de 10 anos de idade é a idiopática (55%–64%) seguida da urolitíase (15%–21%), plugs uretrais (10%–21%), defeitos anatômicos (10%), neoplasias (1%–2%) e infecção do trato urinário (1%–8%) (FORRESTER & ROUDEBUSH, 2007).

No Brasil não existem muitos dados publicados sobre a incidência de desordens urinárias em felinos (RECHE Jr et al., 1998). Segundo levantamento realizado por CAMARGO (2004), de um total de 774 cães e gatos atendidos no período de 1999 a 2003 pelo Serviço de Nefrologia e Urologia do Hospital Veterinário

“Governador Laudo Natel” da FCAV- Unesp de Jaboticabal, 107 casos foram de urolitíase (13,82%), demonstrando elevada morbidade proporcional.

Durante os últimos 25 anos, na América do Norte a prevalência de tipos de urólitos tem mudado em gatos. Em 1981, 78% dos urólitos de felinos analisados no Centro de Urólitos de Minnesota eram estruvita e só 2% eram de oxalato de cálcio. Durante o período de 1994 a 2002, a ocorrência de urólitos de oxalato de cálcio aumentou para 55% e a de urólitos de estruvita diminuiu para 33%. Desde 2001, porém, o número de urólitos de estruvita aumentou gradualmente, considerando que a ocorrência de urólitos de oxalato de cálcio diminuiu. Em 2006, 50% dos urólitos de felinos analisados no Centro de Urólitos de Minnesota eram de estruvita e 39% eram de oxalato de cálcio. Tendência semelhante foi informada pelo Laboratório de Análise de Cálculos Urinários da Universidade da Califórnia, Davis, onde 44% de urólitos de felinos analisados de 2002 a 2004 eram de estruvita e 40% eram de oxalato de cálcio (FORRESTER & ROUDEBUSH, 2007).

No entanto, esta incidência proporcional de urólitos de estruvita e oxalato de cálcio talvez não possa ser extrapolada para o Brasil. Temos no país maior porcentagem de cães e gatos consumindo dietas caseiras, além disso, a composição química dos alimentos industrializados produzidos no Brasil inclui menos proteína e mais cálcio, fósforo e magnésio do que o verificado na Europa e Estados Unidos, como pôde ser verificado por CARCIOFI et al. (2006). Esta composição nutricional, ao menos dos alimentos para cães, sugere que boa parte dos alimentos industrializados brasileiros possivelmente induzam os animais a produzirem urina alcalina, favorecendo a formação de urolitíase por estruvita. Esta hipótese é reforçada pelos achados de CAMARGO (2004), pois dos 107 urólitos analisados, 61,1% eram de estruvita, sendo o restante formações mistas de estruvita com oxalato de cálcio, urato de amônio e cálcio apatita.

O risco de desenvolvimento de urolitíase está relacionado a fatores dietéticos e não dietéticos (KIENZLE et al., 1991; ZENTEK & SCHULZ, 2004). A dieta pode contribuir no aparecimento, manejo ou prevenção de recidivas de urolitíases. Ingredientes da dieta, sua digestibilidade, composição química e métodos de

alimentação afetam o volume, pH e a gravidade específica da urina (MARKWELL et al., 1998; CARCIOFI et al., 2005). Altas concentrações de soluto, com subsequente supersaturação da urina e diminuição da frequência de micção podem favorecer a formação de cristais e cálculos, pois a precipitação de cristais ocorre quando a urina torna-se supersaturada (OSBORNE et al., 2000).

Na Figura 1 encontra-se um esquema da saturação urinária.

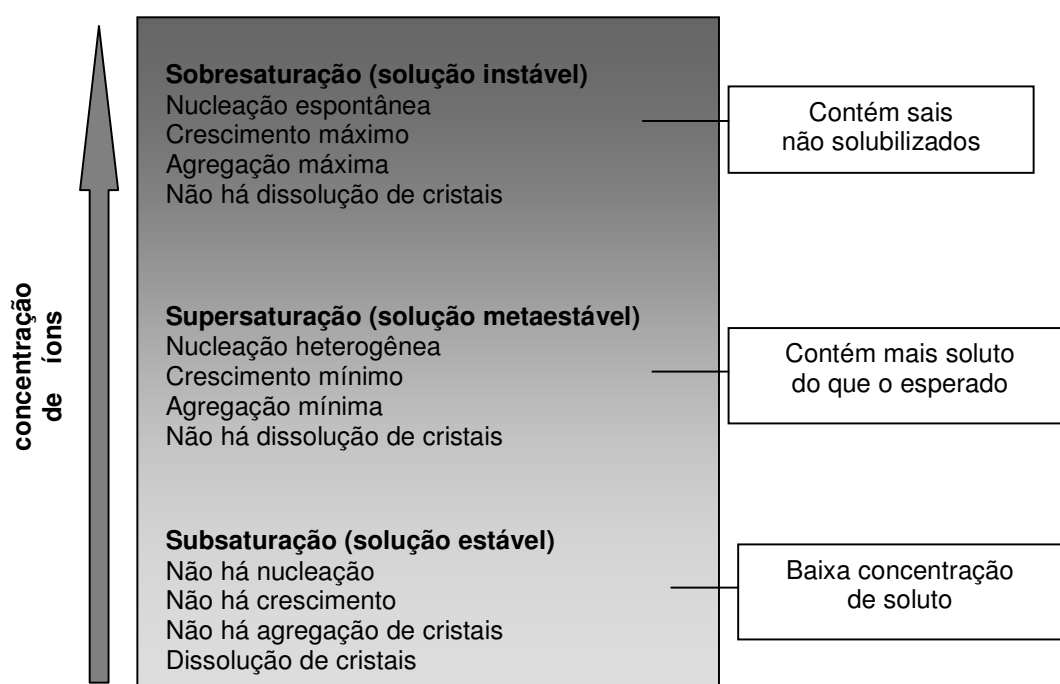


Figura 1: Eventos prováveis na formação de cristais na urina. Vários fatores influenciam a solubilidade de minerais na urina, incluindo a concentração de minerais litogênicos e não litogênicos, concentração de inibidores e promotores de cristalização, temperatura, pH e força iônica (adaptado de Osborne et al.,2000).

Modernamente, as estratégias dietéticas e de manejo para prevenção e dissolução de urólitos são baseadas nos princípios de saturação da urina, tentando colocá-la na zona de subsaturação. A urina contém uma variedade de substâncias que podem inibir ou promover a formação e o crescimento de cristais. O estado de saturação da urina é o produto da concentração de solutos presentes, seu pH, força iônica, temperatura e presença de complexos químicos pré-formados. A formação de

cristais influencia a precipitação química de íons e moléculas que estão dissolvidos na urina, que se torna supersaturada com esses elementos (ALLEN & KRUGER, 2000).

Desta forma, durante a formulação de alimento para felinos é importante que esta seja balanceada de forma a reduzir a supersaturação da urina por meio da modificação do pH urinário, redução da ingestão e excreção de substâncias calculogênicas e aumento do volume de urina produzido (CARCIOFI, 2005).

2.3 pH urinário

A urina é uma solução complexa e meio eficiente para a eliminação de produtos de excreção do organismo. É a principal rota pela qual se eliminam produtos metabólicos (uréia e creatinina), minerais (cálcio, fósforo e magnésio), eletrólitos (sódio e potássio) e água. Desempenha papel importante na regulação do balanço de líquidos e no equilíbrio entre ácidos e bases. A urina é composta aproximadamente por 95% de água e 2 % de uréia. Nos 3% restantes, encontram-se fosfato, sulfato, amônia, magnésio, cálcio, ácido úrico, creatina, sódio, potássio e outros elementos. O pH urinário varia como conseqüência da manutenção homeostática do equilíbrio ácido-básico (DIBARTOLA, 2006). Em função disso, as características da dieta irão determinar em grande parte o pH urinário de cães e gatos. A determinação e modulação dietética do pH urinário, por sua vez, tornam-se importantes devido ao seu estreito relacionamento com as urolitíase (DAVIES, 1999; OSBORNE et al., 2000; YAMKA et al., 2006).

O pH urinário influencia a formação de numerosos tipos de cristais. Os urólitos de estruvita se associam com um pH urinário alcalino e os urólitos de oxalato de cálcio, em pH urinário ácido (ALLEN & KRUGER, 2000). A redução do pH urinário foi demonstrada como prática eficaz na diminuição da incidência de formação de cristais de estruvita, sendo mais importante que a redução do magnésio da dieta (MARKWELL et al., 1998). Redução de pH, no entanto, pode não ser apropriada para o manejo de outros tipos de urólitos. Dietas que induzem pH urinário a valores inferiores a 6,29 e apresentam muito pouco magnésio podem aumentar o risco de formação de cristais de

oxalato de cálcio (MARKWELL et al., 1998). É interessante notar que o magnésio tem um papel protetor, diminuindo a formação de urólitos de oxalato de cálcio (OSBORNE et al., 2000). O objetivo principal da manipulação dietética é, portanto, alcançar um equilíbrio de forma a reduzir o risco de formação destes dois tipos de precipitado.

Dentre os fatores que determinam o pH urinário, destaca-se a composição mineral da dieta (KIENZLE & SCHUHKNECHT, 1991; ZENTEK & SCHULZ, 2004). O efeito do alimento sobre o pH urinário é o efeito líquido de seus nutrientes e dos ácidos derivados dos mesmos (ALLEN & KRUGER, 2000). A maior contribuição de ácidos da dieta é dada pela oxidação de aminoácidos sulfurados e pelo balanço de ânions e cátions metabolizáveis (MARKWELL et al., 1998). Sais minerais produzem efeito variável sobre o pH urinário, pois são fontes potenciais de ácido ou base. Os óxidos e carbonatos são alcalinizantes enquanto cloretos, fosfatos e sulfatos produzem efeito acidificante (ALLEN & KRUGER, 2000).

O pH urinário apresenta, ainda, variação circadiana devido a influência de vários fatores como composição do alimento, horário da alimentação e volume consumido (BUFFINGTON & CHEW, 1996). Sabe-se que a alimentação *ad libitum* resulta em onda alcalina pós-prandial de menor magnitude quando comparada à alimentação sob a forma de refeições diárias menos freqüentes. Em consequência disso, a interpretação de apenas um valor de pH, especialmente quando não se leva em consideração o momento da alimentação e o tipo de alimento consumido, fica bastante duvidosa (ALLEN & KRUGER, 2000).

Alimentos para gatos destinados a prevenção de urólitos de estruvita devem levar à produção de urina com pH entre 6,2 e 6,4 e entre pH 5,9 e 6,1 para a dissolução deste urólito. Em relação aos urólitos de oxalato de cálcio, estes não podem ser dissolvidos na vesícula urinária, devendo as dietas de prevenção manter pH urinário entre 6,6 e 6,8 (ALLEN & KRUGER, 2000).

2.4 Estimativa do pH urinário a partir da composição da dieta

Tendo em vista a grande influência do pH urinário na prevenção da formação de urólitos, recentemente têm surgido interesse no desenvolvimento de métodos de predição do pH da urina através da composição de macronutrientes e aminoácidos, ou, mais especificamente, composição cátion-aniônica do alimento (KIENZLE et al., 1991; ZENTEK & SCHULZ, 2004). Tais estimativas, se confiáveis, reduzem a necessidade de estudos em animais e permitem a otimização do pH urinário (para prevenção de estruvita e ou oxalato de cálcio) desencadeado por produtos comerciais. Estas estimativas podem apresentar valor significativo para a indústria de alimentos para animais de companhia, proporcionando diminuição dos custos com testes de alimentos, permitindo ao formulador incluir este parâmetro no desenvolvimento da fórmula da dieta e a comercialização de produtos mais seguros e saudáveis aos animais (YAMKA et al., 2006).

Um método prático para se prever o efeito de um alimento sobre o pH urinário é pelo do cálculo do excesso de base. Já foi extensamente demonstrado que os cátions e ânions contidos no alimento apresentam alta correlação com o pH urinário em gatos (KIENZLE & WILMS-EILERS, 1994; MARKWELL, 1998; WAGNER et al., 2006; YAMKA et al., 2006) e em cães (ZENTEK et al., 1995). Por este cálculo podem-se descrever inúmeros efeitos importantes do alimento sobre o balanço ácido-básico orgânico.

O EB é calculado a partir das concentrações dos compostos ácidos e alcalinos do alimento, sendo expresso em mEq/Kg de matéria seca (MS) (ALLEN & KRUGER, 2000). Seu cálculo pode ser realizado, pela fórmula:

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

* concentração dos elementos em g/kg de MS.

Alternativamente, pode-se empregar a concentração de enxofre total do alimento ao invés dos aminoácidos metionina e cistina. Algumas vantagens deste procedimento incluem o menor custo da análise de enxofre em relação à de metionina e cistina e a quantificação de outras fontes de enxofre em alimentos para cães e gatos, como bissulfato de sódio, sulfitos (preservativos), sulfato ferroso, sulfato de manganês, sulfato de condroitina, biotina, tiamina e taurina, que poderiam também interferir no pH urinário (YAMKA et al., 2006). Nesta alternativa, a fórmula seria:

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

* concentração dos elementos em g/kg de MS

KIENZLE et al. (1991) estudaram o efeito de 10 alimentos comerciais (secos e úmidos) e de alguns aditivos (carbonato de cálcio, lactato de cálcio, fosfato bicálcico, cloreto de cálcio, ácido fosfórico e cloreto de amônia) sobre o pH urinário de gatos. Os cátions, ânions e aminoácidos que demonstraram associação com o pH urinário foram o cálcio, magnésio, sódio, potássio, metionina, cisteína, fósforo e cloro. Os autores encontraram alta correlação entre os excessos de base e o pH da urina dos gatos, podendo ser este estimado como:

$$pH \text{ urina} = 6,72 + 0,0021 \times \text{excesso de bases} \quad (r = 0,90, p < 0,01)$$

(KIENZLE et al., 1991)

Os autores também sugerem o uso da equação para se determinar o EB desejado para um alimento. Usando-se a equação transformada $[EB = (pH - 6,72)/0,0021 \text{ mEq/kg}]$ pode-se prever, durante a formulação, qual EB seria necessário para que o alimento levasse à produção de urina com determinado pH.

Em outro estudo, KIENZLE & WILMS-EILERS (1994) verificaram o efeito do cloreto de amônio e dos carbonatos de cálcio e de sódio no balanço ácido básico em

gatos. Os autores confirmaram os resultados do estudo anterior e demonstraram que com a redução gradual do EB, o pH urinário diminui de forma linear até alcançar o valor de -400 a -500 mmol/kg de matéria seca, depois do qual não se observaram novas reduções do pH, sendo este descrito por uma regressão quadrática:

$$\text{pH} = 7,1 + 0,0019 \times \text{excesso de bases} + (9,7 \times 10^{-7}) \times \text{EB}^2 \quad (r=0,99, p<0,01)$$

(KIENZLE & WILMS-EILERS, 1994)

Os autores também demonstraram redução de pH sanguíneo em EB muito negativos (elevadas doses de cloreto de amônio) discutindo a importância de se reduzir as concentrações de cátions alcalinizantes do alimento, como Ca, Mg, Na e K, a apenas o nutricionalmente necessário de modo a se trabalhar com uma mínima adição de ânions. Desta forma, reduzir matéria mineral, especificamente cálcio e magnésio, é importante na formulação da dieta. Vômito, apatia e anorexia foram relatados como efeitos secundários em dietas com EB menor que -1000mmol/kg. A acidificação orgânica está correlacionada, também, com maior perda renal de fósforo. Deste modo, dietas acidificantes não devem ter relação Ca:P maior que 1,1:1, sob pena dos felinos desenvolverem hipofosfatemia (DIBARTOLA, 2006).

MARKWELL et al. (1998) estudaram o efeito do balanço entre cátions e ânions sobre o pH urinário de gatos alimentados com 32 diferentes dietas úmidas. Os cátions, ânions e aminoácidos que influenciaram o pH urinário foram o cálcio, sódio, potássio, fósforo, metionina e cloro. Em estudo mais recente, WAGNER et al. (2006) também encontraram correlação positiva entre o excesso de base e o pH da urina ao alimentarem gatos com 8 diferentes alimentos industrializados secos. Além disso, os autores correlacionaram o volume urinário de forma positiva com o conteúdo de potássio e de forma negativa com o conteúdo de fósforo, cálcio e magnésio. A equação de predição do pH urinário encontrada pelos autores ($\text{pH}=6,25 + 0,0023 \times \text{EB}$; $r=0,74$; $p<0,01$) foi semelhante à descrita por KIENZLE et al. (1991).

Em estudo bastante extenso, YAMKA et al. (2006) avaliaram 150 alimentos secos e úmidos para gatos. Encontraram, como nos estudos anteriores, que aumentos

de pH urinário estavam diretamente relacionados com o aumento da ingestão de cálcio, potássio, sódio e magnésio e, a redução do pH urinário, com maiores teores de enxofre, fósforo e cloro na dieta. Discutem que o enxofre foi o nutriente chave para a diminuição do pH da urina, tanto para alimentos secos quanto para úmidos e que devem ser usadas fórmulas separadas para alimentos secos e úmidos, com o intuito de se assegurar maior precisão nas estimativas alcançadas. Os autores propuseram uma fórmula direta para a estimativa do pH, sem o cálculo prévio do excesso de bases. A fórmula proposta para alimentos secos foi:

$$\text{pH da urina} = 7,03 + (1 \times \text{Na}^*) + (1 \times \text{K}) + (0,89 \times \text{Ca}) + (1,58 \times \text{Mg}) - (0,93 \times \text{Cl}) - (1,61 \times \text{S}) - (1,04 \times \text{P}).$$

* concentração dos elementos em g/100g de MS
YAMKA et al. (2006)

O modelo proposto por YAMKA et al. (2006) respondeu por 45% da variabilidade individual de pH urinários observados e por 70% da variabilidade média de pH de uma determinada dieta (média dos gatos que consumiram a dieta). Para o conjunto de dados observados (150 rações), as fórmulas propostas por KIENZLE et al. (1991), KIENZLE & WILMS-EILERS (1994) e MARKWELL et al. (1998) responderam por apenas 25% a 13% da variabilidade de pH urinários, valor considerado baixo. Esta baixa precisão das fórmulas anteriores, segundo os autores, pode ser conseqüente à limitada base de dados empregada nos estudos ou ao fato de outras fontes de enxofre, além da metionina e cistina, não terem sido consideradas nas equações.

2.5 Medida *in vivo* do pH urinário

Apesar das equações anteriormente elencadas servirem de estimativa inicial e serem bastante úteis durante a formulação de um alimento, os resultados *in vivo* com cães e gatos são, ainda, fundamentais no processo de desenvolvimento e avaliação

das rações. Em seu Guia Nutricional Pet a Associação Nacional dos Fabricantes de Alimentos para Animais de Estimação (2007) traz um protocolo mínimo para a determinação do pH urinário em gatos e recomenda que este seja empregado na avaliação dos produtos. Este mesmo protocolo pode e deve ser utilizado para cães. No anexo 1 encontra-se o protocolo resumido utilizado no Laboratório de Pesquisas em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flávio Prada” do DCCV-FCAV/UNESP, campus de Jaboticabal. Além do pH urinário, de rotina são mensurados o volume de urina diário produzido e a densidade urinária. Protocolos experimentais podem incluir inúmeras outras determinações, a depender das necessidades e objetivos propostos.

Não existe consenso sobre a melhor metodologia para estudo do pH urinário, o que pode ser verificado pela variação dos protocolos experimentais de diferentes autores. Aspectos importantes a serem considerados são um tempo suficiente de adaptação à dieta, que tem variado de 2 (KIENZLE, et al. 1991) a 14 dias (ZENTEK & SCHULTZ, 2004). A ocorrência de vômito ou diarreia inviabiliza a avaliação da dieta no animal, pois nestes processos a perda de eletrólitos é intensa e alterações no equilíbrio ácido-básico e hidro-eletrolítico se refletem em alterações urinárias importantes.

O período e a forma de coleta de urina também têm variado entre os experimentos. Períodos de coleta de 14 dias (WAGNER et al., 2006), 4 dias (KIENZLE, et al., 1991) e mesmo 3 dias (ZENTEK et al., 1995; YAMKA et al., 2006) são descritos. Não se localizou estudo que abordasse a variabilidade de pH urinário entre dias e que determinasse os melhores períodos de adaptação e coleta. Quanto a forma de coleta, a maioria dos estudos realiza coleta total de urina no período de 24 horas, com exceção de YAMKA et al. (2006) que trabalharam com o pH médio de duas micções de cada felino no período de 24 horas. Variações circadianas no pH urinário são importantes, principalmente no período pós-prandial, como demonstrado por KIENZLE & WILMS-EILERS (1994). Alimentando os gatos uma única vez ao dia, por 30 minutos, os autores demonstraram no tratamento controle (EB = - 224mmol/kg) elevação do pH urinário > 1 pH 4 a 6 horas após a refeição. Demonstraram, também, que estas alterações de pH urinário dependem do EB do alimento, pois a dieta

suplementada com carbonato de cálcio (EB = +305mmol/kg) apresentou elevação > 1,5 pH, enquanto a suplementada com cloreto de amônia (EB = -1079mmol/kg) redução do pH urinário 2 a 4 horas após ingestão alimentar. Em função disso, os autores verificaram para muitos tratamentos o pH da urina produzida no período noturno foi significativamente menor que o da urina produzida durante o dia ($p < 0,05$).

Por fim, a conservação da urina tem sido feita de diferentes maneiras. Enquanto alguns autores praticam a coleta freqüente, a intervalos de 2 horas, outros a conservam com solução de Timol (antisséptico) e vaselina ou óleo mineral (evita evaporação), procedimentos que se mostraram eficazes (KIENZLE & WILMS-EILERS, 1994). Em estudos realizados no Laboratório de Nutrição e Doenças Nutricionais de cães e gatos Prof. Dr. Flávio Prada a urina é coletada diretamente em recipientes plásticos colocados em isopor com gelo, em intervalos regulares, o que reduz a evaporação e o crescimento bacteriano. Mais recentemente lançou-se mão da utilização do conservante Timol e coletas em intervalos regulares, obtendo resultados satisfatórios com menor mão-de-obra.

2.6 Equilíbrio ácido-básico

O pH do líquido extracelular é uma das variáveis mais rigorosamente reguladas do organismo. Os limites vitais da variação do pH para mamíferos estão geralmente entre 7,0 e 7,8. A faixa normal de pH varia, no sangue arterial, entre 7,36 e 7,44, com pH médio de 7,4. Em condições normais, os ácidos ou bases são adicionados continuamente aos líquidos corporais, seja por ingestão ou como resultado de sua produção no metabolismo celular (GONZALEZ & SILVA, 1999). A regulação da homeostase requer que o número de cátions seja igual ao número de ânions (GUYTON & HALL, 2002). Para combater distúrbios neste equilíbrio, o organismo utiliza-se de três mecanismos principais: tamponamento químico, ajuste respiratório da concentração sanguínea de dióxido de carbono e excreção de íons hidrogênio e bicarbonato pelos rins.

O sistema de tamponamento químico possui importante papel na manutenção do pH sanguíneo. O sistema bicarbonato/ácido carbônico ($\text{HCO}_3^-/\text{H}_2\text{CO}_3$) é um sistema tampão relacionado ao controle corporal, atuando mediante alteração da pressão parcial de dióxido de carbono (pCO_2), por meio da respiração, e pelo controle metabólico da concentração de HCO_3^- no sangue. Outra forma de regulação do pH do meio interno diz respeito aos mecanismos de reabsorção promovidos pelos rins, o equilíbrio é mantido pela maior ou menor reabsorção renal de bicarbonato e maior ou menor eliminação renal de íons hidrogênio, resultando em queda ou aumento do pH da urina (DIBARTOLA, 2006). Ainda que a maior parte da secreção ácida renal (resultante da reabsorção de HCO_3^-) ocorra no túbulo proximal, o pH do fluido tubular quando deixa este segmento é semelhante àquele do filtrado glomerular. O ducto coletor é o responsável pela determinação do pH final da urina e a excreção efetiva de ácido pelo rim. Em resposta à alcalose o ducto coletor é capaz de secretar HCO_3^- (CUNNINGHAM, 1999). A combinação desses mecanismos pode induzir a um estado de alcalose ou acidose, alterando o desempenho do animal e também o metabolismo de macroelementos (DEL CLARO et al., 2006).

A importância e relação da composição mineral da dieta com o metabolismo ácido-básico vêm sendo estudada em humanos há mais de 30 anos, sendo apenas mais recentemente considerada para animais. Sabe-se que se consegue provocar leve acidose metabólica ao se fornecer a um animal dieta com alta quantidade de ânions em relação a cátions, isto é, com EB mais negativo, sendo o inverso também verdadeiro. No entanto, o mecanismo de ação destas dietas aniônicas não está ainda completamente elucidado (CAVALIERI & SANTOS, 2002). Deve-se considerar, também, que de maneira geral não ocorrem grandes alterações no pH sanguíneo, que permanece sempre levemente alcalino nos animais saudáveis ($\text{pH} \approx 7,4$), devido ao funcionamento dos sistemas tampão orgânicos (KANEKO et al., 1997).

A influência do EB sobre o pH orgânico ocorre primeiramente no trato gastrointestinal, uma vez que a absorção de cátions é acompanhada pela secreção de H^+ e a de ânions acompanhada da absorção de H^+ ou secreção de HCO_3^- (BLOCK, 1984). Ao se fornecer uma dieta com EB mais negativo, as concentrações intestinais de

Cl^- e SO_4^{2-} aumentam. Estes ânions estando em excesso aos cátions, após serem absorvidos têm que ser equilibrados com os cátions presentes no corpo do animal mais aqueles que estão sendo absorvidos. Desta forma, para que se mantenha a neutralidade elétrica das membranas ocorre aumento da excreção de HCO_3^- da circulação para o lúmen intestinal, ocasionando uma leve queda no pH sanguíneo (CAVALIERI & SANTOS, 2002). O excesso de íons H^+ provoca a reabsorção completa de íons HCO_3^- pelos rins, enquanto que o excesso de íons H^+ passa para a urina, tornando-a ácida (DIBARTOLA, 2006).

Deve-se considerar neste processo que extremos de relação entre cátions e ânions dietéticos resultam em dietas com EB muito positivo ou muito negativo, estando fora do limite fisiológico normal dos animais. Em estudos referentes aos efeitos da acidificação da dieta com intuito de se prevenir distúrbios no trato urinário inferior de gatos, tem se notado maior perda de Ca, balanço de Ca negativo e discretas alterações na mineralização óssea após a adição de cloreto de amônio. No entanto, parece que os gatos adultos se adaptam relativamente bem ao maior teor de ácido na dieta; nesses animais o equilíbrio normal de Ca se restabelece rapidamente, sem perda óssea patológica (THRALL, 2007). Porém, produção prolongada de uma urina ácida pode criar perturbações no equilíbrio ácido-básico e metabolismo mineral (CHING et al., 1989). Portanto, os valores de EB devem ser calculados e estabelecidos para a obtenção de um balanço eletrolítico fisiológico, sem o risco de acidemia crônica.

CAPÍTULO 2 - RELAÇÃO ENTRE O EXCESSO DE BASES DA DIETA, pH URINÁRIO E EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO DE GATOS HÍGIDOS ADULTOS

RESUMO: O excesso de bases (EB) do alimento apresenta alta correlação com o pH urinário de gatos. Este pode ser calculado a partir da determinação da composição de macroelementos ou de aminoácidos sulfurados contidos na dieta. O estudo comparou fórmulas publicadas para estimar o EB do alimento e o pH urinário de gatos, avaliando a influência do enxofre e dos aminoácidos sulfurados sobre os cálculos, e verificou a relação entre o EB do alimento e parâmetros hemogasométricos. Foram utilizados nove gatos adultos e nove alimentos comerciais secos para felinos, num delineamento quadrado latino. Os gatos permaneceram em gaiolas metabólicas durante sete dias de adaptação à dieta, seguidos por três dias de coleta total de urina. Durante a coleta, a urina produzida em cada período de 24 horas teve aferida seu volume, densidade e pH. O EB (mEq/kg MS) foi calculado de duas formas: EB_S com os macroelementos (Ca, P, S, Cl, K, Na, e Mg; g/kg MS) e EB_{aa} com macroelementos e aminoácidos sulfurados (Ca, P, Cl, K, Na, Mg, metionina e cistina; g/kg MS). O equilíbrio ácido-básico foi estudado pela hemogasometria de sangue venoso. Amostras de sangue foram coletadas às 8:00hs (antes do fornecimento do alimento) e 6 horas depois do fornecimento, após 10 dias de adaptação ao alimento. Médias foram comparadas pelo teste de Tukey e por contrastes polinomiais ($p < 0.05$), utilizando-se o software SAS. O pH urinário variou entre $5,83 \pm 0,09$ e $7,74 \pm 0,13$. O EB_S entre -185 e 309 mEq/kg MS e EB_{aa} entre -49 e 377 mEq/kg MS. A diferença média de -115 mEq/kg entre EB_S e EB_{aa} foi observada. O pH urinário apresentou alta correlação com o EB_S ($r=0,95$; $p < 0.0001$) e EB_{aa} ($r=0,86$; $p < 0.0001$). Fórmulas já publicadas apresentaram alta correlação, como Kienzle & Wilms-Eilers, (1994; $r=0,87$), e Kienzle et al. (1991; $r=0,87$). Yamka et al. (2006) propôs o cálculo direto através da composição de macroelementos e pH urinário, sua fórmula apresentou menor correlação neste estudo ($r=0,71$). Parâmetros hemogasométricos correlacionaram-se com o EB, incluindo pH sanguíneo ($r=0,72$; $p < 0,005$), concentração de bicarbonato ($r=0,70$; $p < 0,01$) e EB sanguíneo ($r=0,84$; $p < 0,0001$). Conclui-se que o cálculo do excesso de bases empregando os macroelementos junto com o enxofre foi o método mais adequado de se compreender os efeitos dos cátions e ânions da dieta sobre o equilíbrio ácido-básico de felinos. As dietas devem apresentar adequado excesso de bases, valores muito positivos resultam em produção de urina alcalina enquanto muito negativos de urina excessivamente ácida e acidose metabólica nos animais.

Palavras-chave: eletrólitos, enxofre, felinos, urolitíase

CHAPTER 2 - RELATIONSHIP AMONG THE FOOD BASE EXCESS, URINARY pH AND ACID-BASIC BALANCE IN HEALTHY ADULT CATS

SUMMARY: Food base excess (BE) has a high correlation with cat urinary pH. BE can be calculated utilizing only macroelements or using sulfur amino acids (methionine and cystine) instead of total sulfur. The present study compared published formulas to estimate food BE and urinary pH of cats, evaluated the influence of total sulfur and sulfur amino acids on BE calculations, and verified the relationship between food BE with cat blood gases analysis. Nine prepared dry cat foods and nine adult cross-breed cats were used, in a Latin-square design. Cats were housed in metabolic cages and fed during a seven days adaptation phase followed by three days of total urine collection. Urine was collected in plastic bottles conserved in ice under the cage funnel. Each 24-h of produced urine were pooled by cat and analyzed for density, volume and pH. Food macroelements and amino acids were determined by standards methods (AOAC, 1995). Food BE (mmol/kg DM) was calculated by published formulas in two ways: BE1 with food macroelements (Ca, P, S, Cl, K, Na, and Mg; g/kg DM); BE2 with food macroelements and sulfur amino acids (Ca, P, Cl, K, Na, Mg, methionine, and cysteine; g/kg DM). Cat's acid-basic status was studied by blood gas analysis of venous blood. Blood samples were collected at 8:00h (pre feeding) and 6 hours after meal, after 10-days of food adaptation. Means were compared by Tukey test and polynomial contrasts ($p < 0.05$), using SAS software. Urinary pH of cats varied in the interval of 5.83 ± 0.13 (mean \pm SD) and 7.74 ± 0.12 . Food BE_s varied between -185 and 309 mmol/kg DM, and food BE_{aa} between -49 and 377 mmol/kg DM. A mean difference of -115 mmol/kg between EB1 and EB2 was observed. Urine pH has high correlations with food BE_s ($r = 0.95$; $p < 0.0001$) and BE_{aa} ($r = 0.86$; $p < 0.0001$). Other published formulas already presented good correlation between BE1 and measured urine pH, like Kienzle & Wilms-Eilers (1994; $r = 0.86$), and Kienzle et al. (1991; $r = 0.86$). Yamka et al. (2006) proposed a direct calculation of macromineral composition and urine pH, without BE estimation, their formula presented a worse correlation in the present study ($r = 0.71$). Some blood gas parameters correlate with food BE measured 6 hours after meal, including blood pH ($r = 0.72$; $p < 0.005$), bicarbonate concentration ($r = 0.70$; $p < 0.01$) and blood BE ($r = 0.84$; $p < 0.0001$).

Keywords: electrolytes, sulfur, felines, urolithiasis

1. INTRODUÇÃO

A composição mineral da dieta, especificamente o equilíbrio entre os cátions e ânions contidos no alimento, apresentam correlação com o pH urinário de gatos (MARKWELL, 1998; WAGNER et al., 2006). Tendo em vista a grande influência do pH da urina na formação de urólitos, têm surgido interesse no desenvolvimento de métodos de predição de seu pH através da composição de macromelementos e aminoácidos, ou mais especificamente, composição cátion-aniônica do alimento (KIENZLE et al., 1991; ZENTEK & SCHULZ, 2004). Um método prático de se predizer o efeito de um alimento sobre o pH urinário é pelo cálculo do excesso de base (EB). Por este cálculo, podem-se descrever inúmeros efeitos importantes do alimento sobre o balanço ácido-básico orgânico (ALLEN & KRUGER, 2000). O EB pode ser calculado a partir dos macromelementos (Ca, P, S, Cl, K, Na e Mg), ou empregando-se os aminoácidos sulfurados ao invés do S (Ca, P, Cl, K, Na, Mg, metionina e cisteína), sendo expresso em mEq/kg. Alimentos com predomínio da cátions (EB positivo) levam a produção de urina alcalina e o inverso ocorre com alimentos nos quais predominam os ânions (EB negativo) (KIENZLE & WILMS-EILERS, 1994).

Tais estimativas, se confiáveis, reduziriam a necessidade de estudos em animais e o custo com testes no desenvolvimento dos alimentos, aumentando a segurança dos produtos comerciais e permitindo a otimização do pH urinário desencadeado por uma dieta, alcançando-se mais facilmente equilíbrio entre a prevenção dos cristais de estruvita e oxalato de cálcio, os urólitos mais freqüentes em felinos (YAMKA et al., 2006; FORRESTER & ROUDEBUSH, 2007).

Desta forma, neste estudo foram comparadas fórmulas publicadas para estimar o EB do alimento e o pH urinário de gatos, avaliando a influência do enxofre e dos aminoácidos sulfurados sobre estes cálculos, e foi verificada a relação entre o EB do alimento e parâmetros hemogasométricos dos animais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flávio Prada” do Departamento de Clínica e Cirurgia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética e Bem Estar Animal da FCAV/UNESP (anexo 1).

2.1 Animais

Foram utilizados nove gatos adultos, sem raça definida, provenientes do gatil do laboratório. Os animais tinham, em média, $5,0 \pm 1,2$ anos de idade e peso médio de $4,3 \pm 0,56$ kg. Antes do início do experimento, estes foram submetidos a exames físico, hematológico e urinálise, que se mostraram todos dentro dos limites de normalidade.

2.2 Dietas Experimentais

Foram testados nove alimentos comerciais extrusados para felinos, com composição e teores nutricionais diferentes, porém todos dentro das recomendações da Association of American Feed Control Official (AAFCO, 2004) para manutenção de felinos adultos. A composição química analisada dos produtos encontra-se na Tabela 1. A escolha das dietas experimentais foi realizada mediante levantamento dos alimentos para gatos adultos à venda no comércio das cidades paulistas de Jaboticabal e Araraquara. Os produtos foram classificados em três grupos, econômico, premium e superpremium, segundo classificação comercial do próprio fabricante. Em seguida foram sorteados três alimentos para compor cada um dos grupos utilizados no estudo.

Tabela 1: Composição química dos alimentos comerciais para felinos adultos empregadas no experimento¹.

Item	Alimentos ²								
	SP1	SP2	SP3	P1	P2	P3	EC1	EC2	EC3
Matéria seca (%)	93,7	93,2	90,7	94,2	92,9	92,1	92,6	93,4	94,2
	Valores sobre a materia seca								
Proteína bruta (%)	36,2	33,2	35,8	33,8	31,6	34,3	25,5	25,5	31,0
Extrato etéreo ácido (%)	14,2	16,0	14,0	12,2	11,5	11,7	9,0	9,9	10,3
Fibra Bruta (%)	2,8	6,7	3,0	3,5	2,1	3,2	5,18	3,3	4,2
ENN ³ (%)	34,4	31,1	31,6	37,7	42,0	35,6	45,8	47,4	41,5
Matéria Mineral (%)	6,1	6,6	6,8	7,0	6,7	7,3	7,5	7,7	8,8
Na (g/kg)	3,7	4,1	4,1	2,4	6,7	3,5	3,6	2,1	2,9
K (g/kg)	7,1	6,4	5,9	6,6	7,8	7,1	6,9	6,1	6,3
Ca (g/kg)	8,5	12,2	12,5	11,2	9,0	14,2	15,2	16,7	19,0
Mg (g/kg)	1,4	0,9	1,0	1,2	0,8	1,3	1,5	1,9	1,9
Cl (g/kg)	0,3	1,4	1,4	0,1	3,7	1,2	2,8	0,5	2
P (g/kg)	11,4	9,2	10,8	13,0	9,5	12,0	10,9	13,9	13,5
S (g/kg)	3,3	5,3	2,5	4,3	2,9	3,4	2,0	2,1	3,1
Metionina (g/kg)	5,5	5,6	4,4	8,7	4,6	4,4	3,2	3,1	4,5
Cistina (g/kg)	1,5	0,8	1,3	1,2	1,3	1,2	1,0	1,1	1,9

¹- n=2; CV < 5%.

²- SP1= Superpremium 1. Composição básica: Carne de frango, quirera de arroz, farelo de glúten de milho, farinha de subprodutos de frango, milho integral moído, gordura animal estabilizada com tocoferóis (fonte de vitamina E), hidrolisado de vísceras de frango, farinha de salmão, levedura seca de cervejaria, ácido fosfórico, tocoferóis (fonte de vitamina E), hidrolisado de vísceras de frango, ovo em pó, cloreto de potássio, óleo de peixe, fosfato tetrassódio, cloreto de colina, L-lisina, DL-metionina, taurina, cloreto de sódio (sal comum), ácido ascórbico (fonte de vitamina C), sulfato de zinco, premix vitamínico (A, D3, E, B12), sulfato ferroso, riboflavina, niacina, pantotenato de cálcio, sulfato de manganês, biotina, mononitrato de tiamina, ácido fólico, sulfato de cobre, cloridrato de piridoxina, menadiona, bissulfito de sódio (fonte de atividade de vitamina K), iodato de cálcio, selenito de sódio. SP2= Superpremium 2. Composição básica: Farinha de carne de aves desidratada, milho, arroz, fibra vegetal, glúten de milho, fígado de aves desidratado, gordura de aves, gordura animal estabilizada, polpa de beterraba, levedura seca de cervejaria, óleo vegetal, sais minerais, óleo de peixe, ovo em pó, DL-metionina, oligo-elementos, taurina, vitaminas, palatabilizante. SP3= Superpremium 3. Composição básica: farinha de vísceras de aves, farinha de carne e ossos, farinha de peixe, milho integral moído, arroz integral, farelo de glúten de milho 60%, gordura animal, hidrolisado de origem de fígado de frango, extrato de yucca schidigera, taurina, açúcar, cloreto de sódio, mananoligossacarídeos, premix mineral vitamínicos, levedura seca de cervejaria, sorgo integral moído, farelo de soja, semente de linhaça. P1= Premium 1. Composição básica: farinha de carne de aves desidratada, arroz quebrado, milho integral moído, gordura de frango, gordura animal estabilizada, glúten de milho, polpa de beterraba, cenoura desidratada, levedura seca de cervejaria, óleo de soja degomado, óleo de peixe refinado, ácido fosfórico, metionina, lisina, cloreto de

potássio, cloreto de sódio, ovo em pó, premix vitamínico mineral, premix micromineral transquelatado, palatilizante P2=Premium 2. Composição básica: farinha de carne de frango, hidrolizado de frango, arroz, milho moído, glúten de milho, hidrolizado de carne, farinha de trigo, gordura animal estabilizada, carne bovina, raiz de chicória, cloreto de potássio, cloreto de colina, vitamina A, vitamina B1, vitamina B2, vitamina B6, vitamina B12, vitamina D3, vitamina E, vitamina K3, taurina, metionina, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico, arginina, biotina, cloreto de sódio (sal comum), corante, antioxidante (BHT). P3= Premium 3. Composição básica: Milho integral moído, farinha de vísceras de frango, arroz quebrado, farelo de glúten de milho-60, carne de ovelha em pó, farelo de soja, carne mecanicamente separada de frango, gordura de frango, hidrolizado de frango e/ou subprodutos, farinha de peixe, levedura seca de cervejaria, semente de linhaça, cenoura desidratada, beterraba desidratada, espinafre desidratado, fosfato bicálcico, DL-metionina, ácido fosfórico, cloreto de sódio (sal comum), cloreto de potássio, corante artificial vermelho 40, corante artificial verde 3, cloreto de colina e premix mineral vitamínico. EC1= Econômica 1. Composição Básica: Farinha de carne e ossos, quirera de arroz, milho integral moído, farelo de soja, farinha de subprodutos de frango, farelo de glúten de milho, carne bovina, carne de frango, peixes, gordura animal estabilizada, farelo de trigo, hidrolizado de frango e/ou subprodutos, carbonato de cálcio, fosfato bicálcico, cloreto de sódio (sal comum), ácido fosfórico, DL-Metionina, L-Lisina, cloreto de colina, taurina, cloreto de potássio, corantes (vermelho 40, amarelo 5 e dióxido de titânio), premix vitamínico e premix mineral. EC2=Econômica 2. Composição básica: milho (fubá), quebrados de arroz, gérme de milho, farelo de trigo, resíduo de bolacha, farelo de soja, farinha de vísceras de aves, farinha de aves hidrolizadas, farinha de carne, calcáreo, sal, óleo de peixe, taurina e premix vitamínico e mineral. EC3= Econômica 3. Composição Básica: Farinha de Vísceras, Farinha de Carne, Farinha de Peixe, Milho Integral, Arroz Integral, Glúten de Milho, Lipídeos de origem Animal, Hidrolizados de Origem Animal, Cloreto de Sódio (sal comum), Corante, Taurina, Premix Mineral e Vitamínico.

³⁻ ENN- extrativos não nitrogenados

2.3 Protocolo experimental e manejo dos animais

O experimento seguiu delineamento do tipo quadrado latino 9 X 9. Cada período do quadrado latino durou 10 dias. Neste período os gatos foram mantidos em gaiolas metabólicas de aço inoxidável, com aparato para a colheita separada de fezes e urina, com dimensões de 80 x 80 X 90 cm. As gaiolas metabólicas foram lavadas diariamente, sendo enxaguadas com água destilada.

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia em quantidade suficiente para atender suas necessidades energéticas de manutenção (NRC, 2006). O alimento oferecido foi deixado à disposição dos animais até a próxima refeição, de forma que estes puderam ingeri-lo ao longo do dia. As sobras de alimento eram recolhidas e pesadas, sendo a ingestão mensurada diariamente. Água destilada foi oferecida à vontade.

Os primeiros sete dias de cada período foram destinados à adaptação dos gatos às dietas, sendo os três dias subseqüentes destinados à coleta total de urina. Durante o período de coleta, a urina foi recolhida em recipientes plásticos acondicionados em isopor com gelo sob o funil coletor da gaiola. A coleta foi feita 3 vezes ao dia e a urina armazenada em garrafas plásticas identificadas mantidas refrigeradas (4°C). A urina

produzida no período de 24 horas teve, então, aferidos seu volume, densidade em refratômetro e pH em pHmetro digital (Digimed modelo DM20 produzido pela Digicrom Analítica Limitada).

A qualidade das fezes dos gatos também foi avaliada, empregando-se sistema de escore fecal (CARCIOFI, et al., 2008) com notas de 0 a 5, sendo: 0 para fezes líquidas; 1 fezes pastosas e sem forma; 2 para fezes macias, mal formadas e que assumem o formato do recipiente de colheita; 3 para fezes macias, formadas e úmidas, que marcam o piso; 4 para fezes bem formadas e consistentes, que não marcam o piso; 5 para aquelas também bem formadas, mas duras e secas. Consideram-se normais os valores entre 3 e 4.

2.3.1 Determinação do equilíbrio ácido-básico dos animais

Para avaliação dos efeitos sistêmicos da composição mineral da dieta, o equilíbrio ácido-básico orgânico foi mensurado por hemogasometria de sangue venoso dos felinos. Para isto, sangue venoso foi colhido dos animais às 8:00hs (antes do fornecimento do alimento) e 6 horas após a exposição do animal à dieta, no último dia do período, isto é, após 10 dias de adaptação à dieta.

As amostras de sangue de 0,5 mL foram tomadas da veia safena medial por punção direta, utilizando-se seringa plástica de 1 mL previamente heparinizada e agulha de calibre 25x7, tomando-se os devidos cuidados a fim de eliminar todo o ar contido dentro da seringa. Imediatamente após a coleta, o sangue foi armazenado em isopor contendo água e gelo e ao final da coleta, aproximadamente depois de 30 minutos, foram determinados o pH sanguíneo, as concentrações de sódio, potássio, cloro, pressão parcial de dióxido de carbono, bicarbonato, excesso de base e osmolalidade, com o auxílio do equipamento Omini C Blood Gas Analyzer (Roche Diagnostics, Indianápolis, USA).

2.3.2 Análise dos alimentos

Amostras das dietas foram moídas em micromoinho, com peneira de 1mm e analisadas em duplicata quanto aos teores de proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM), extrato etéreo em hidrólise ácida (EEHA) e matéria seca (MS), segundo a metodologia descrita pela AOAC (1996). Os extrativos não nitrogenados (ENN) foram calculados pela seguinte fórmula:

$$\text{ENN (\%)} = 100 - (\text{PB} + \text{FB} + \text{MM} + \text{EEHA} + \text{Umidade})$$

Os teores dos macrelementos Na, K, Ca, Mg, P, e S das dietas foram mensurados após preparação dos extratos por digestão úmida das amostras em solução nitroperclórica. O extrato para análise de Cl foi obtido pela digestão das amostras por via seca (AOAC, 1996). O Ca, Mg, Cl, Na e K foram analisados em espectrofotômetro de absorção atômica (modelo GBC-932 AA, Scientific Equipment PTY LTD, Melbourne-Austrália) segundo metodologia da AOAC (1996). A leitura do fósforo foi realizada pelo método vanadato-molibdato (colorimetria), segundo metodologia da AOAC (1996). O enxofre foi obtido pelo método turbidimétrico (AOAC, 1996) seguido de leitura em espectrofotômetro (modelo B442, Micronal). Estas análises foram realizadas no Laboratório de Química Analítica, do departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, campus de Jaboticabal. A determinação dos aminoácidos sulfurados, metionina e cistina foi realizada após hidrólise ácida em analisador automático de aminoácidos no LABTEC¹ (Campinas, SP).

¹ Laboratório de Alta Tecnologia da Mogiana Alimentos S/A – Campinas, SP.

2.3.3 Estimativa do excesso de bases dos alimentos

De posse dos resultados de macromelementos e aminoácidos sulfurados das dietas (g/kg de MS) o excesso de base (mEq/Kg de MS) foi, então, calculado pelas seguintes fórmulas:

$$EB_s \text{ (excesso de base com enxofre)} = (49,9 \times Ca) + (82,3 \times Mg) + (43,5 \times Na) + (25,6 \times K) - (64,6 \times P) - (62,4 \times S) - (28,2 \times Cl)$$

$$EB_{aa} \text{ (excesso de base com aminoácidos sulfurados)} = (49,9 \times Ca) + (82,3 \times Mg) + (43,5 \times Na) + (25,6 \times K) - (64,6 \times P) - (13,4 \times \text{metionina}) - (16,6 \times \text{cistina}) - (28,2 \times Cl)$$

2.4 Análise Estatística

O experimento seguiu delineamento tipo quadrado latino 9 x 9, com 9 tratamentos (alimentos), 9 tempos (repetições por tratamento) e 9 unidades experimentais (felinos). Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e posteriormente à análise de variância. Quanto às diferenças significativas foram verificadas na ANOVA ($P < 0,05$), comparações múltiplas das médias foram realizadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Foram efetuadas, também, análises de regressão polinomial para descrever a relação entre a composição de macromelementos e aminoácidos das dietas com o pH urinário e os resultados obtidos nas análises sanguíneas ($P < 0,05$). Contrastes ortogonais foram empregados para comparações pré-estabelecidas: superpremium x premium, superpremium x econômicas, premium x econômicas ($P < 0,05$). Todas as análises foram feitas utilizando-se o procedimento GLM do SAS (SAS versão 8.2, 2001).

3. RESULTADOS

As rações do grupo superpremium apresentaram quantidades de proteína e gordura mais elevadas, as premium teores intermediários e as econômicas quantidades inferiores desses nutrientes, resultado esperado em função da classificação comercial dos produtos. Os produtos variaram, também, em relação aos teores de minerais e aminoácidos sulfurados, refletindo diferenças importantes na formulação e equilíbrio mineral dos alimentos. É interessante notar que o conteúdo de cálcio foi mais alto nas dietas com menores teores de proteína e gordura e mais baixo naquelas com teores mais elevados destes nutrientes.

Todos os gatos apresentaram consumo suficiente das dietas experimentais para a avaliação das mesmas. A qualidade das fezes produzidas pelos gatos durante o experimento foi satisfatória, havendo episódios de fezes amolecidas somente durante o período de adaptação à dieta. As dietas não induziram vômito nos animais.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados de consumo de alimentos, escore de fezes, pH, densidade e volume urinários gerados pelas dietas, excessos de base calculados para os alimentos e os dados de hemogasometria dos animais.

Tabela 2: Ingestão de alimentos, escore fecal, excesso de bases das dietas, pH, densidade e volume urinário e resultados de hemogasometria dos gatos mediante o consumo das dietas experimentais.

Item	Alimentos ¹										Contrastes				
	SP1	SP2	SP3	P1	P2	P3	EC1	EC2	EC3	CV	EPM ²	P	SP x P	SP x EC	P x EC
Ingestão alimento (gMS/kgPC/dia) ³	18,4 ^a	18,6 ^a	18,9 ^a	15,2 ^{ab}	16,7 ^{ab}	17,6 ^{ab}	18,2 ^a	13,2 ^b	18,8 ^a	13,2	0,7	<0,0001	0,58	0,001	0,008
Escore fecal	3,6	3,7	3,4	3,7	3,7	3,4	3,3	3,6	3,6	11,1	0,1	0,53	0,86	0,12	0,09
EBs ⁴ (mEq/kg MS)	-84,3	4,9	91,7	-184,9	54,6	105,5	308,9	183,7	244,1	-	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
EBaa ⁵ (mEq/kg MS)	26,1	247,4	170,3	-49,9	155,5	238,8	377,3	254,9	345,7	-	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
pH urina	6,19 ^e	6,59 ^d	6,96 ^c	5,83 ^f	6,38 ^{d,e}	6,92 ^c	7,74 ^a	7,24 ^b	7,29 ^{b,c}	2,4	0,06	<0,0001	0,06	<0,0001	<0,0001
densidade (g/dL)	1,052	1,052	1,055	1,056	1,047	1,057	1,049	1,052	1,054	0,7	0,003	0,16	0,61	0,52	0,95
volume (mL/gato/dia)	64,1 ^{ab}	59,9 ^{ab}	61,1 ^{ab}	59,0 ^{ab}	69,4 ^a	57,3 ^{ab}	52,3 ^{ab}	42,2 ^b	52,4 ^{ab}	24,3	4,80	0,0029	0,96	0,0011	0,0004
<i>Hemogasometria venosa</i>															
pH venoso	7,26	7,30	7,28	7,27	7,27	7,28	7,32	7,30	7,27	0,8	0,03	0,44	0,22	1,00	0,22
	7,25 ^b	7,30 ^{ab}	7,29 ^{ab}	7,26 ^b	7,27 ^{ab}	7,28 ^{ab}	7,32 ^a	7,30 ^{ab}	7,30 ^{ab}	0,5	0,01	0,0049	0,29	0,024	0,0014
PCO ₂	43,3	40,4	42,6	39,9	42,6	42,5	42,1	42,4	42,4	11,3	1,5	0,66	0,46	0,63	0,23
(mmHg)	44,2	41,7	42,4	38,9	43,9	41,7	42,6	42,1	42,1	8,7	1,2	0,094	0,41	0,91	0,35
Na ⁺	153	154	151	153	151	152	153	157	154	2,6	1,35	0,21	0,50	0,13	0,0328
(mmol/L)	151	150	149	151	151	150	150	153	152	9,7	4,84	0,35	0,12	0,11	0,96
K ⁺	3,71	3,64	3,51	3,71	3,49	3,69	4,02	3,93	4,01	12,5	0,16	0,25	0,86	0,0345	0,0228
(mmol/L)	3,61	3,46	3,54	3,47	3,64	3,59	3,63	3,57	3,84	11,3	0,14	0,34	0,45	0,15	0,49
Cl ⁻	118	122	120	124	121	117	120	122	122	10,6	4,33	0,63	0,63	0,57	0,94
(mmol/L)	123	122	120	130	121	123	119	121	124	6,8	2,88	0,40	0,25	0,38	0,90
EB	-7,66	-6,33	-7,17	-8,12	-7,61	-6,58	-4,68	-6,21	-6,74	-	0,67	0,025	0,13	0,18	0,006
(mmol/L)	-7,74 ^{ab}	-6,03 ^{ab}	-6,19 ^{ab}	-9,32 ^b	-7,44 ^{ac}	-7,04 ^{ac}	-4,54 ^a	-6,03 ^{ab}	-5,48 ^{ab}	-	0,55	<0,0001	0,018	0,009	<0,0001
HCO ₃ ⁻	19,1	19,5	19,4	18,2	18,9	19,8	21,1	20,1	19,8	9,9	0,65	0,10	0,13	0,25	0,009
(mmol/L)	19,2 ^{ab}	20,9 ^a	20,1 ^a	17,1 ^c	19,3 ^{ac}	19,4 ^{ac}	21,4 ^a	20,1 ^{ab}	20,9 ^{ab}	8,1	0,54	0,0003	0,0303	0,0321	<0,0001
Osmolalidade	302	305	300	303	301	301	303	310	305	2,6	2,49	0,23	0,47	0,15	0,0341
(mOsm/Kg)	300	299	295	300	300	299	298	302	304	1,7	1,74	0,105	0,13	0,08	0,82

1- SP= superpremium; P = premium; EC = econômica.

2- EPM = erro padrão da média; n= 9 por tratamento.

3- gramas de matéria seca por quilograma de peso corporal por dia.

4- EBs = excesso de bases calculado com enxofre.

5- EBaa= excesso de bases calculado com aminoácidos sulfurados.

6- 8h = colheita as 8h, antes do oferecimento do alimento.

7- 15h= colheita as 15h, seis horas após o fornecimento do alimento.

a,b,c médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Em relação ao consumo de alimentos, verificou-se menor ingestão da dieta EC2 ($p < 0,05$), o que diminuiu a média geral de consumo do grupo de rações econômicas. Possivelmente isto ocorreu devido à baixa aceitação conseqüente à menor palatabilidade deste alimento. O escore fecal dos animais não variou ($p > 0,05$), não houve amolecimento das fezes, o que poderia vir a interferir na excreção intestinal de sódio, potássio e cloro e no equilíbrio ácido-básico dos animais.

Foi observada diferença média de -115 mEq/kg entre os resultados de EB calculados pelos diferentes métodos, com menores valores para EB_s . O EB_s variou de -185 a 309 mEq/kg MS, enquanto o EB_{aa} de -49 a 377 mEq/kg MS. Os EB variaram bastante entre as rações ($p < 0,0001$), diferindo entre si neste quesito os produtos super premium, premium e econômicos ($p < 0,0001$). O volume urinário produzido variou; o consumo das rações econômicas fez com que os gatos produzissem menos urina ($p < 0,001$). Dentre as dietas, o alimento P2 gerou uma maior produção de urina e o alimento EC2 uma menor ($p < 0,05$). Verificou-se que a produção de urina foi em grande parte relacionada ao consumo de Na pelos gatos, a ração EC2 apresentou muito pouco sódio ($2,1$ g/kg MS), enquanto a P2 o maior teor dentre as avaliadas ($6,7$ g/kg MS). A relação entre ingestão de sódio (gramas/kgPC/dia) e produção de urina (mL/dia) pôde ser descrita pela equação:

$$\text{Volume urina (mL/dia)} = 38,47 + 373,5\text{Na} - 654,1(\text{Na})^2 \quad (r = 0,65, p < 0,01).$$

O pH médio da urina dos gatos variou de $5,83 \pm 0,09$ a $7,74 \pm 0,13$. Este foi adequado para gatos nos produtos superpremium, apesar do produto SP3 ter levado à produção de urina um pouco mais alcalina em relação aos outros dois desta categoria comercial ($p < 0,05$). Nas três rações econômicas o pH urinário foi excessivamente alcalino, diferindo dos produtos premium e super premium ($p < 0,0001$), não configurando alimentos adequados, neste quesito, para gatos adultos. Dentre os produtos premium, foi verificada maior variabilidade no pH urinário, pois enquanto o produto P1 levou os animais a eliminarem urina muito ácida, o P3 resultou em urina levemente alcalina ($p < 0,05$).

Nas figuras 1 e 2 estão apresentadas as correlações entre o pH urinário medido e o excesso de bases do alimento. As duas equações resultaram em elevadas constantes de associação, mas a equação com emprego do enxofre (EB_s) foi a que a que obteve melhor resultado ($r=0,95$; $p<0,0001$).

$$\text{pH} = 6,472 + 0,003619\text{EB} + 0,000001\text{EB}^2$$

$$r = 0,95 \quad p < 0,0001$$

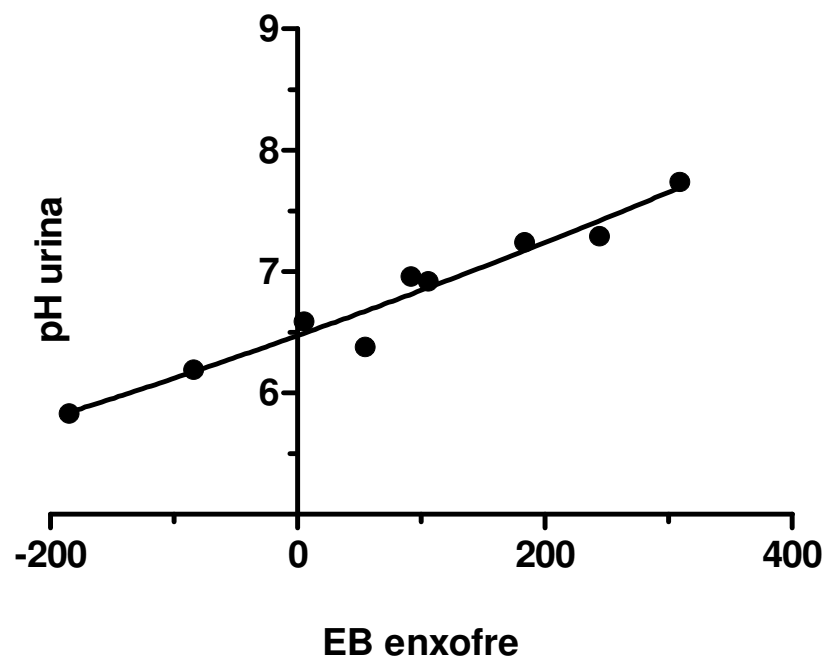


Figura 1. Correlação entre o pH urinário de gatos mensurado (n=9) e o EB calculado com enxofre.

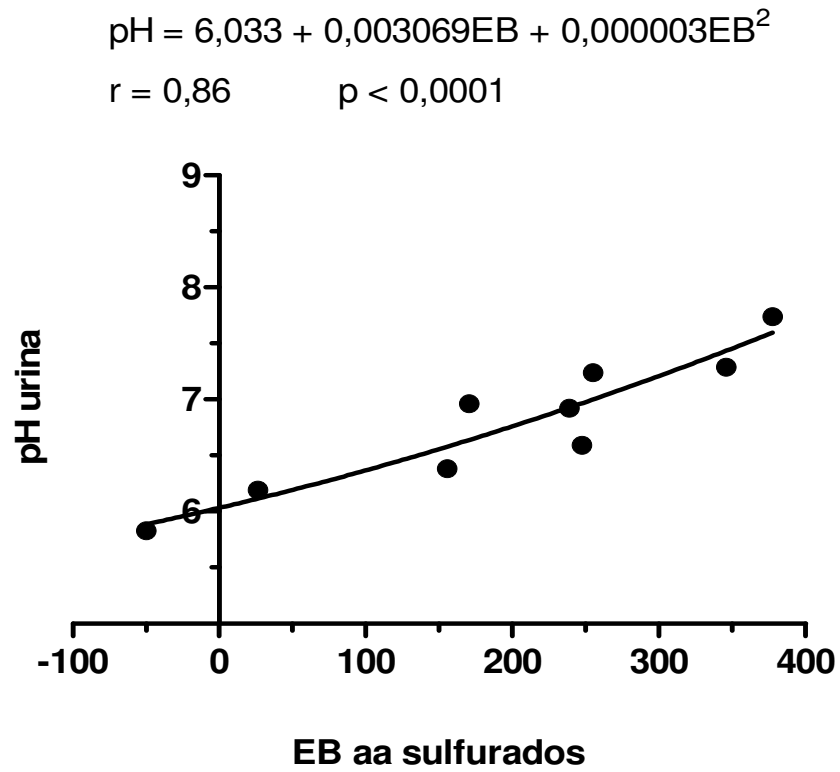


Figura 2. Correlação entre o pH urinário de gatos mensurado (n=9) e o EB calculado com os aminoácidos sulfurados.

Na figura 3 são apresentadas as correlações entre o pH urinário medido e o estimado por fórmulas publicadas por outros autores.

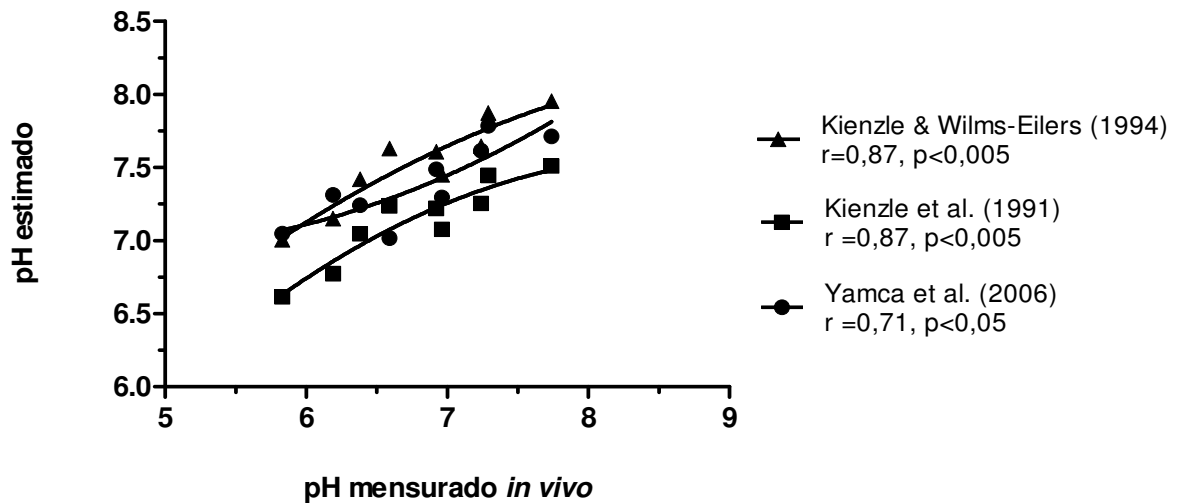


Figura 3: Correlação entre o pH urinário de gatos mensurado ($n=9$) com os estimados pelas equações de KIENZLE & WILMS-EILERS (1994), KIENZLE et al. (1991) e YAMCA, et al.(2006).

Como se pode observar, as três equações disponíveis na literatura também se ajustaram adequadamente, com boas constantes de associação entre valores estimados e valores encontrados *in vivo*. No entanto, as equações publicadas por KIENZLE & WILMS-EILERS (1994) e KIENZLE et al., (1991), que também empregaram o cálculo de EB, foram as que apresentaram maior constante de associação.

Os resultados de pH sanguíneo, exceto para os alimentos P1 e SP1, se apresentaram dentro do intervalo de normalidade para a espécie (7,27 a 7,40), segundo DIBARTOLA (2006). Na hemogasometria realizada após 6 horas do oferecimento dos alimentos, verificou-se variação entre dietas quanto ao pH sanguíneo dos gatos ($p<0,005$). Essa variação correlacionou-se com o EB do alimento ($r = 0,72, p <0,005$) e

está apresentada na Figura 4.

A concentração venosa de HCO_3^- manteve-se dentro do intervalo de normalidade para a espécie (18 – 24mmol/L; DIBARTOLA, 2006), com exceção do alimento P1 que apresentou valor inferior na segunda mensuração do dia. Esta se alterou de acordo com o tipo de alimento ingerido, sendo esta variação de maior amplitude seis horas após exposição ao alimento ($p < 0,0003$). A concentração de bicarbonato foi maior mediante consumo de rações econômicas pelos gatos ($p < 0,03$). A concentração de HCO_3^- apresentou, também, elevada correlação com o EB do alimento ($r=0,70$; $p < 0,01$), como apresentado na Figura 5.

Os valores de EB do sangue, além de variarem entre os alimentos antes ($p < 0,025$) e após ($p < 0,0001$) o oferecimento das dietas, apresentaram-se marginais aos limites fisiológicos (-1 a -7) para felinos (LEE & DROBATZ, 2003) mediante o consumo das dietas SP1 e P2 e abaixo do fisiológico para P1. O EB do sangue também se correlacionou com o EB do alimento ($r=0,84$, $p < 0,0001$), como apresentado na Figura 6. A composição de macromelementos das dietas e seus diferentes EB não resultaram em alterações na $p\text{CO}_2$ ($p > 0,05$), que se manteve dentro do fisiológico para felinos (intervalo de normalidade de 32,7 a 44,7 mmHg; DIBARTOLA, 2006), bem como nas concentrações dos eletrólitos Na e K ($p > 0,05$), que também se situaram no intervalo de normalidade (Na - 149 a 162 mmol/L; K – 3,5 a 5,5 mmol/L; DIBARTOLA, 2006). Em relação ao Cl^- , exceto mediante consumo do alimento P1, também não se verificou efeito de dieta ($p > 0,05$), com valores dentro do esperado para felinos (118 a 124mmol/L; DIBARTOLA, 2006). Por fim, a osmolalidade sanguínea foi maior no período basal para os gatos consumindo alimento econômico, em relação aos alimentados com produtos premium ($p < 0,03$), com valores fisiológicos para gatos (290 a 330mOsm/kg; DIBARTOLA, 2006).

Verificou-se que o consumo do alimento SP1 resultou em acidemia, enquanto o do alimento P1 em acidose metabólica com hiperclorêmia, assinalando alterações metabólicas mais intensas nos animais.

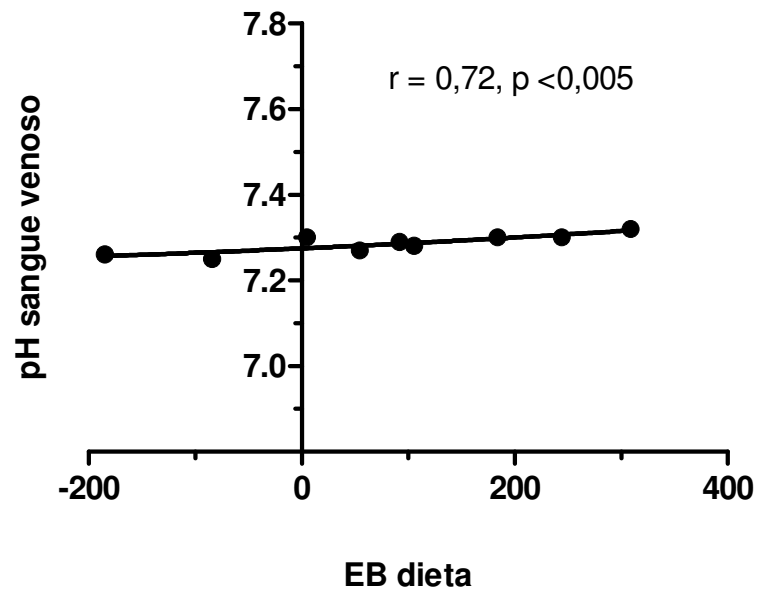


Figura 4: Correlação entre o pH sanguíneo venoso pós-prandial (n=9) com o EB das dietas calculado com enxofre (mEq/kg MS).

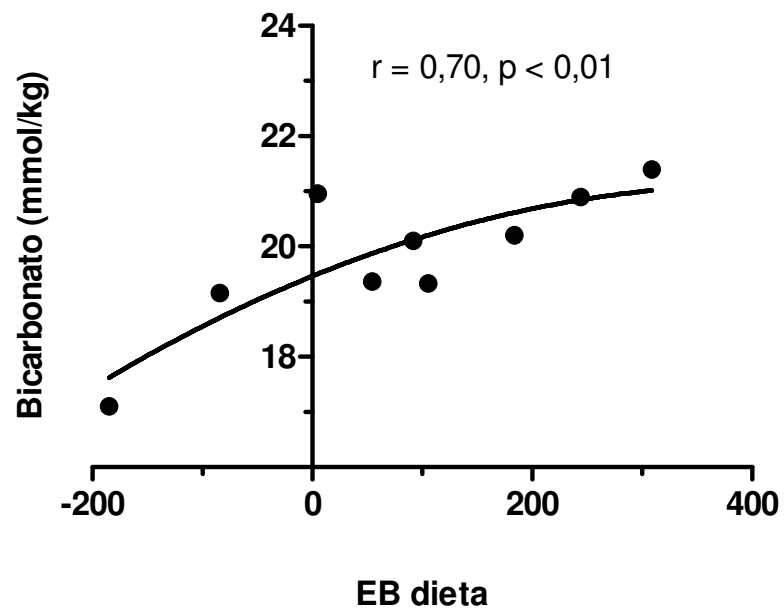


Figura 5: Correlação entre a concentração de bicarbonato sanguíneo venoso pós-prandial (n=9) com o EB das dietas calculado com enxofre (mEq/kg MS).

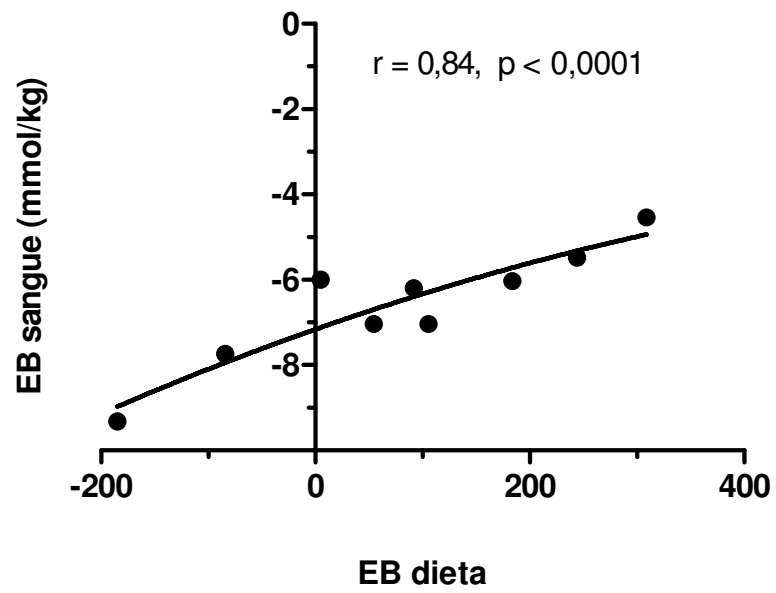


Figura 6: Correlação entre o EB sanguíneo venoso pós-prandial (n=9) com o EB das dietas calculado com enxofre a (mEq/kg MS).

4. DISCUSSÃO

Este estudo confirmou que os cátions e os ânions contidos no alimento apresentaram elevada correlação com o pH urinário em gatos (KIENZLE & WILMS-EILERS, 1994; MARKWELL, 1998; WAGNER et al., 2006; YAMKA et al., 2006). Foram verificadas grandes variações no pH urinário gerado pelos alimentos estudados. Dentre os nove alimentos testados, seis produziram pH urinários inadequados para felinos adultos que, segundo ALLEN & KRUGER (2000), deve estar no intervalo entre 6,2 a 6,8. Este é um aspecto preocupante, que deve receber mais atenção por parte dos fabricantes durante o desenvolvimento destes produtos, pois a modulação dietética do pH urinário é importante devido ao seu estreito relacionamento com as urolitíases. O pH urinário influencia a formação de numerosos tipos de cristais. Os urólitos de estruvita se associam com um pH urinário alcalino e os urólitos de oxalato de cálcio, em pH urinário ácido (ALLEN & KRUGER, 2000).

Em relação à composição química dos alimentos, as rações SP1, P1 e EC2 apresentaram menor concentração de Cl do que o recomendado pelo NRC (2006) para gatos adultos (0,96 g/kg de MS), estando todos os demais parâmetros dentro dos valores recomendados.

O volume de urina produzido foi em grande parte relacionado ao consumo de Na pelos gatos. Sabe-se que dietas com elevados teores de sódio aumentam a ingestão de água e o volume de urina produzido, com benefícios na prevenção de doenças do trato urinário inferior dos felinos (HAWTHOME & MARKWELL, 2004). Em estudo recente, XU et al. (2008) avaliou alimentos contendo 11,0 g de sódio /kg MS, concluindo que esse teor foi seguro e eficaz em aumentar o volume urinário. Desta forma, este é um ponto interessante a ser explorado durante a formulação de alimentos para estes animais

O cálculo do EB se mostrou ferramenta interessante para a avaliação e para o balanceamento de macronutrientes de dietas para felinos. Foi observada diferença média de -115 mEq/kg MS entre os resultados do EB_s e EB_{aa}. Isso pode ser explicado pela diferença entre o conteúdo médio de enxofre das dietas, de 3,10 g/kg MS e o

enxofre contido nos aminoácidos sulfurados metionina e cistina, correspondentes em média a apenas 1,95 g/kg MS da dieta. Outros compostos que contêm enxofre como bissulfato de sódio, sulfitos (preservativos), sulfato ferroso, sulfato de manganês, sulfato de condroitina, biotina, tiamina e taurina, presentes nos alimentos para gatos (YAMCA et al., 2006), devem ter contribuído com os 1,15g/kg de enxofre restantes, podendo explicar, desta maneira, a diferença em mEq/kg verificada entre os dois procedimentos de cálculo. Diante disso, recomenda-se que o EB da dieta seja preferivelmente calculado empregando-se os teores analisados de enxofre do alimento.

As três equações disponíveis na literatura para estimação do pH urinário de gatos a partir dos macroatmentos da dieta se ajustaram adequadamente aos valores de pH observados. Em estudo com 150 alimentos, YAMCA et al. (2006) notou baixa correlação ($r = 0,25$) entre o pH da urina mensurado e o calculado pelas equações de predição de KIENZLE & WILMS-EILERS (1994) e KIENZLE et al. (1991). Entretanto, boa correlação ($r = 0,87$) foi notada no presente estudo com as fórmulas propostas por esses autores e uma menor correlação ($r = 0,71$) com a proposta por YAMCA et al. (2006). Talvez isso possa ser explicado pelas diferenças nos métodos de coleta da urina para posterior avaliação do pH. YAMCA et al. (2006) mensuraram o pH de somente duas amostras de urina ao longo do dia; eles não coletaram a urina produzida em 24 horas como foi realizado no presente estudo e por KIENZLE & WILMS-EILERS (1994) e KIENZLE et al. (1991). Sabe-se que variações circadianas no pH urinário são importantes, principalmente no período pós-prandial, como demonstrado por KIENZLE & WILMS-EILERS (1994). Em consequência disso, a interpretação de apenas um valor de pH, especialmente quando não se leva em consideração o momento da alimentação e o tipo de alimento consumido, fica bastante duvidosa (ALLEN & KRUGER, 2000).

Para avaliação dos efeitos do EB do alimento sobre o balanço ácido-básico realizou-se coleta de sangue venoso. Apesar da determinação do pH sanguíneo a partir do sangue venoso levar a algumas inexatidões, este método foi escolhido devido ao fato dos gatos apresentarem grande resistência à coleta de sangue arterial (artéria femoral). Além disso, o estresse gerado pela contenção do animal durante a coleta pode levar a erros consideráveis nas análises de pH de sangue arterial, como afirmado

por COENEN (1992) em um estudo com eqüinos. MIDDLETON et al. (1981) comparou pH de sangue arterial e venoso em gatos sob mesmas condições. Eles concluíram que muitas alterações no balanço ácido básico podem ser analisadas mediante pH venoso. A maior diferença entre sangue venoso e arterial é na pO_2 , que reflete a oxigenação do sangue pelos pulmões e a sua utilização pelos tecidos. Amostras venosas tem pCO_2 ligeiramente mais alta e pH levemente mais baixo (DIBARTOLA, 2006). Inúmeros autores têm relatado bons resultados na avaliação do balanço ácido básico em gatos por meio da utilização de sangue venoso (KIENZLE & WILMS-EILERS, 1994; IZQUIERDO & CZARNECKI-MAULDEN, 1991; DOW et al., 1990; CHING et al., 1989).

KIENZLE & WILMS-EILERS (1994) não encontraram correlação entre o pH sanguíneo e o EB do alimento, diferente do verificado na presente pesquisa onde esta correlação foi estabelecida. Além disso, o EB do alimento se correlacionou, com o EB sanguíneo e a concentração de bicarbonato.

Os alimentos SP1 e P1, únicos avaliados com EB_s negativo, ocasionaram acidemia (baixo pH sanguíneo) e acidose (pH, EB sanguíneo e concentração de bicarbonato reduzidos) com hiperclorêmia, respectivamente. A ingestão de ânions em excesso provoca a secreção intestinal de bicarbonato ou absorção concomitante de hidrogênio (BLOCK, 1984). Esta situação favorece a redução do pH sanguíneo e consumo das reservas de bicarbonato no sistema tampão para tentar compensar a acidose metabólica desenvolvida (LEE & DROBATZ, 2003). Neste momento pode ocorrer hiperclorêmia, por aumento na absorção de Cl no túbulo proximal em resposta à diminuição na concentração de bicarbonato, de maneira a manter-se eletroneutralidade (DIBARTOLA, 2006). Já a pCO_2 foi o único parâmetro da hemogasometria que não variou entre dietas e se manteve sempre dentro do intervalo de normalidade. Isto pode ser explicado pelo fato de que gatos com acidose metabólica induzida experimentalmente, diferentemente de cães e humanos, mostram ausência de compensação por aumento da ventilação (CHING et al., 1989; FETTMAN et al., 1992).

Com isto, se evidencia importante influência do equilíbrio de cátions e ânions do alimento sobre o metabolismo intermediário de felinos. O consumo de minerais altera o metabolismo do animal, resultando em adaptações metabólicas frente às quais a

alteração do pH urinário é apenas uma consequência. Assim, deve-se sempre ser calculado o EB_s do alimento, que necessita ser mantido dentro de um intervalo adequado. Considerando-se a manutenção do pH urinário dos gatos no intervalo entre 6,4 e 6,6pH, estima-se que o EB_s da dieta deva se manter no intervalo -20 a 40 mEq/kg.

5. CONCLUSÕES

Diante do exposto, conclui-se que o cálculo do excesso de bases empregando os macroelementos junto com o enxofre foi o método mais adequado para se compreender os efeitos dos cátions e ânions da dieta no equilíbrio ácido-básico de felinos. As dietas devem apresentar adequado excesso de bases; valores muito positivos resultam em produção de urina alcalina, enquanto muito negativos de urina excessivamente ácida e acidose metabólica nos animais.

CAPÍTULO 3 – ALTERAÇÃO DO BALANÇO MINERAL DA DIETA E SEUS EFEITOS NO pH URINÁRIO E EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO DE GATOS ADULTOS

RESUMO: A composição mineral da dieta influencia as características da urina de gatos, estando envolvida no desenvolvimento e prevenção de urolitíases. Sais minerais produzem efeito variável sobre o pH urinário, pois são fontes potenciais de ácido ou base. Foram avaliados os efeitos da adição de sais aniônicos acidificantes e de sais catiônicos alcalinizantes em dietas para felinos, com o objetivo de se validar as equações de estimação do pH urinário desenvolvidas no capítulo 2, demonstrar a eficácia desses sais, bem como verificar possíveis perturbações no equilíbrio ácido-básico dos animais decorrentes destas modificações na composição da dieta. Foram empregados 30 gatos adultos, dois alimentos comerciais secos para gatos adultos, dois sais alcalinizantes (carbonato de cálcio e citrato de potássio) e dois sais acidificantes (sulfato de amônio e hexametáfosfato de sódio), em delineamento inteiramente casualizado. Os gatos permaneceram em gaiolas metabólicas durante sete dias de adaptação à dieta, seguidos por três dias de coleta total de urina. Durante a coleta, a urina produzida em cada período de 24 horas teve aferido seu volume, densidade e pH. O pH urinário no teste de alcalinizantes variou de $5,60 \pm 0,07$ a $6,15 \pm 0,06$ ($p < 0,0005$) e no teste de acidificantes de $6,93 \pm 0,08$ a $6,00 \pm 0,08$ ($p < 0,0001$) demonstrando eficácia dos sais empregados. A equação apresentada para prever o pH urinário se ajustou adequadamente, com elevada constante de associação entre valores estimados e valores encontrados *in vivo* ($r = 0,96$; $p < 0,0001$). Não foi verificada diferença significativa nos parâmetros hemogasométricos analisados, porém, nas dietas com EB muito negativo houve acidemia e acidose metabólica nos felinos.

Palavras-chave: urina, acidificantes, alcalinizantes, hemogasometria, excesso de bases, felinos

CHAPTER 3 – ALTERATION OF THE FOOD MINERAL BALANCE AND THEIR EFFECTS IN THE URINARY pH AND ACID-BASIC BALANCE OF ADULT CATS

SUMMARY: Food mineral composition influences the characteristics of cat's urine and is involved in the development and prevention of urolithiasis. Mineral salts produce variable effects on urinary pH, since they are considered potential sources of acid or base. Effects of acidifying and alkalizing additives on cats food were evaluated, so that: 1. the urinary pH prediction equations developed on chapter 2 could be validated, 2. mineral salt efficacy could be demonstrated, 3. potential acid base alterations caused by the additives used on the cat's food could be verified. Thirty adult cats, two prepared dry cat foods, two alkalizing additives (calcium carbonate and potassium citrate) and two acidifying additives (ammonium sulfate and sodium hexametaphosphate) were used. Cats were housed in metabolic cages and fed during a 7 days adaptation phase followed by 3 days of total urine collection. Urine was collected in plastic bottles conserved in ice under the cage funnel. Each 24-h of produced urine were pooled by cat and analyzed for density, volume and pH. Alkalizing additives: urinary pH of cats varied in the interval of $5,60 \pm 0,07$ a $6,15 \pm 0,06$ ($p < 0,0005$). Acidifying additives: urinary pH of cats varied in the interval of $6,93 \pm 0,08$ a $6,00 \pm 0,08$ ($p < 0,0001$), showing the efficacy of the additives that were used. The presented equation to predict urinary pH was adequately adjusted, presenting high correlation between estimated and observed values ($r = 0,96$; $p < 0,0001$). Significant statistical differences on blood gas analysis were not observed, although observed values were out of normal range.

Palavras-chave: urine, acidifying, alkalizing, blood gas analysis, base excess, felines

1. INTRODUÇÃO

O pH da urina influencia a formação de numerosos tipos de cristais. Urólitos de estruvita se associam em pH urinário alcalino e os de oxalato de cálcio em pH urinário ácido (ALLEN & KRUGER, 2000). O pH urinário, por sua vez, é significativamente influenciado pela composição mineral da dieta, ou mais especificamente por sua relação entre cátions e ânions, que pode ser descrita pelo excesso de bases (EB) do alimento (KIENZLE & SCHUHKNECHT, 1991; ZENTEK & SCHULZ, 2004). Sais minerais produzem efeito variável sobre o pH urinário, pois são fontes potenciais de ácido ou base. De maneira geral, óxidos e carbonatos são alcalinizantes enquanto cloretos, fosfatos e sulfatos produzem efeito acidificante (ALLEN & KRUGER, 2000).

A manipulação mineral da dieta deve ser feita com cuidado, considerando-se o EB desejado para o alimento. EB muito negativos podem resultar em redução de pH sanguíneo (IZQUIERDO & CZARNECKI-MAULDEN, 1991), anorexia e vômito (KIENZLE & WILMS-EILERS, 1994), alterações no balanço orgânico de Ca e na formação dos ossos (THRALL, 2007), hipocalcemia (DOW et al., 2000) e em perturbações no metabolismo mineral (CHING et al., 1989). A acidificação orgânica está correlacionada, também, com maior perda renal de fósforo, dietas acidificantes não devem ter relação Ca:P maior que 1,1:1, sob pena dos felinos desenvolverem hipofosfatemia (KIENZLE & WILMS-EILERS, 1994). Desta forma, discute-se a importância de se reduzir a apenas o nutricionalmente necessário as concentrações de cátions do alimento, como Ca, Mg, Na e K, de modo a se trabalhar com mínima adição de ânions.

Dentre os poucos estudos com felinos publicados sobre o assunto, os acidificantes cloreto de amônio, ácido fosfórico, bissulfato de sódio, cloreto de cálcio (SPEARS et al., 2003; KIENZLE & WILMS-EILERS, 1994; KIENZLE et al., 1991; IZQUIERDO & CZARNECKI-MAULDEN, 1991) e o alcalinizante carbonato de cálcio (KIENZLE & WILMS-EILERS, 1994; KIENZLE et al., 1991) foram testados. Sua adição, no entanto, nem sempre considerou o valor de EB inicial e final desejado para a dieta,

de forma que este importante parâmetro de formulação de macroelementos nem sempre foi considerado nos experimentos.

Diante disso, foram avaliados os efeitos da modificação do EB de alimentos secos para felinos mediante adição de carbonato de cálcio, citrato de potássio, sulfato de amônio e hexametáfosfato de sódio, com o objetivo de se validar as equações de estimativa do pH urinário desenvolvidas no capítulo 2, demonstrar a eficácia desses sais, bem como verificar possíveis perturbações no equilíbrio ácido-básico dos animais decorrentes destas modificações na composição mineral da dieta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flávio Prada” do Departamento de Clínica e Cirurgia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética e Bem Estar Animal da FCAV/UNESP (anexo 1).

2.1 Animais

Foram utilizados 30 gatos adultos, sem raça definida, provenientes do gatil do laboratório. Os animais tinham em média $6,1 \pm 1,4$ anos de idade e peso médio de $4,18 \pm 0,61$ kg. Antes do início do experimento, estes foram submetidos a exames físico, hematológico e urinálise, que se encontraram todos dentro dos limites de normalidade.

2.2 Dietas e Tratamentos Experimentais

O experimento incluiu dois ensaios, um com dois sais acidificantes e outro com dois sais alcalinizantes. Duas dietas comerciais secas para felinos adultos foram empregadas, uma para cada ensaio. Estas apresentaram teores nutricionais que atendiam as recomendações da Association of American Feed Control Official (AAFCO, 2004). A composição de ingredientes e composição química analisada das dietas encontra-se na Tabela 1. A escolha destas rações foi feita com base em seu EB, calculado com emprego de enxofre. Para o ensaio com acidificantes foi selecionado alimento com $EB > 150\text{mEq/kg}$ e para o com alcalinizantes alimento com $EB > -150\text{mEq/kg}$.

Dentre os sais avaliados, estudou-se no ensaio com alcalinizantes carbonato de cálcio (CaCO_3)¹ e citrato de potássio ($\text{C}_6\text{H}_5\text{K}_3\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$)¹ e no ensaio com acidificantes

¹ QUEMIS , grau de pureza: 99%

sulfato de amônio $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)^2$ e hexametáfosfato de sódio $((\text{NaPO}_3)_6)^3$. Suas composições químicas e EB calculado encontram-se na Tabela 2.

Tabela 1. Composição química dos alimentos comerciais para felinos adultos empregadas no experimento¹.

Item	Dietas	
	Controle alcalinizantes ²	Controle acidificantes ³
Matéria seca (%)	93,3	91,9
Proteína bruta (%)	32,5	25,3
Extrato etéreo ácido (%)	12,8	9,3
Fibra Bruta (%)	2,8	4,1
ENN⁴ (%)	38,6	45,7
Matéria Mineral (%)	6,6	7,5

¹ n=2; CV < 5%.

² Composição básica: farinha de carne de aves desidratada, arroz quebrado, milho integral moído, gordura de frango, gordura animal estabilizada, glúten de milho, polpa de beterraba, cenoura desidratada, levedura seca de cervejaria, óleo de soja degomado, óleo de peixe refinado, ácido fosfórico, metionina, lisina, cloreto de potássio, cloreto de sódio, ovo em pó, premix vitamínico mineral, premix micromineral transquelatado, palatabilizante.

³ Composição básica: Farinha de carne e ossos, quirera de arroz, milho integral moído, farelo de soja, farinha de subprodutos de frango, farelo de glúten de milho, carne bovina, carne de frango, peixes, gordura animal estabilizada, farelo de trigo, hidrolisado de frango e/ou subprodutos, carbonato de cálcio, fosfato bicálcico, cloreto de sódio (sal comum), ácido fosfórico, DL-Metionina, L-Lisina, cloreto de colina, taurina, cloreto de potássio, corantes (vermelho 40, amarelo 5 e dióxido de titânio), premix vitamínico e premix mineral

⁴ ENN – extrativos não-nitrogenados

Cada um dos dois ensaios experimentais seguiu esquema fatorial de tratamentos 2 x 2 mais uma dieta controle, gerando cinco tratamentos. Estes foram representados pela dieta controle mais a dieta controle adicionada de dois níveis de cada um dos dois sais em estudo. As adições dos sais foram calculadas com base em seu EB (mEq/kg), de acordo com a fórmula:

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

² LABSINTHY Produtos para laboratórios LTDA – Diadema - SP, grau de pureza: 99%

³ VETEC Química Fina – Rio de Janeiro - RJ, grau de pureza: 68%

Para cada um dos quatro sais adicionou-se 80mEq/kg e 160 mEq/kg à respectiva dieta. Desta forma, o ensaio com alcalinizantes incluiu os tratamentos: controle (apenas a dieta); +80 mEq/kg CaCO_3 ; +160 mEq/kg CaCO_3 ; +80 mEq/kg $\text{C}_6\text{H}_5\text{K}_3\text{O}_7$; +160 mEq/kg $\text{C}_6\text{H}_5\text{K}_3\text{O}_7$. O ensaio com acidificantes incluiu os tratamentos: controle (apenas a dieta); -80 mEq/kg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; -160 mEq/kg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; -80 mEq/kg $(\text{NaPO}_3)_6$; -160 mEq/kg $(\text{NaPO}_3)_6$.

Tabela 2. Composição química e excesso de bases (EB) dos sais empregados no experimento.

Sais	Fórmula química	EB	N	Ca	Na	S	P	K
		mEq/kg				g/kg		
Sulfato de Amônio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	-15125	21,2	-	-	24,2	-	-
Hexametáfosfato de sódio	$(\text{NaPO}_3)_6$	-9592	-	-	22,5	-	30	-
Carbonato de Cálcio	CaCO_3	19960	-	40	-	-	-	-
Citrato de Potássio	$\text{C}_6\text{H}_5\text{K}_3\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$	9805	-	-	-	-	-	38,3

Para a inclusão dos sais, as rações foram previamente moídas em micromoinho com peneira de 1mm. Posteriormente foram adicionados os sais nas concentrações desejadas e a mistura foi homogeneizada em misturador em Y durante 10 minutos. Antes de seu fornecimento aos gatos os alimentos foram, por fim, peletizados em equipamento experimental de forma a facilitar sua apreensão e consumo pelos gatos.

2.3 Protocolo experimental e manejo dos animais

Cada um dos dois ensaios experimentais foi conduzido separadamente. Estes seguiram delineamento inteiramente casualizado, com 30 gatos, cinco tratamentos e seis repetições por tratamento. Durante o ensaio os gatos foram mantidos em gaiolas metabólicas em aço inox, com aparato para a colheita separada de fezes e urina, com

dimensões de 80 x 80 X 90 cm. As gaiolas metabólicas foram lavadas diariamente, sendo enxaguadas com água destilada.

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia em quantidade suficiente para atender sua necessidade energética de manutenção (NRC, 2006). O alimento oferecido foi deixado à disposição dos animais até a próxima refeição, de forma que estes puderam ingeri-lo ao longo do dia. As sobras de alimento eram recolhidas e pesadas, sendo a ingestão mensurada diariamente. Água destilada foi oferecida à vontade.

Os gatos foram adaptados às dietas experimentais por sete dias, seguidos de três dias de coleta total de urina. Durante o período de coleta, a urina foi recolhida em recipientes plásticos com 0,1g do conservante timol. A coleta foi feita 3 vezes ao dia e a urina armazenada em garrafas plásticas identificadas mantidas refrigeradas (4°C). A urina produzida no período de 24 horas teve, então, aferidos seu volume, densidade em refratômetro e pH em pHmetro digital (Digimed modelo DM20 produzido pela Digicrom Analítica Limitada).

A qualidade das fezes dos gatos também foi avaliada, empregando-se sistema de escore fecal (CARCIOFI et al., 2008) com notas de 0 a 5, sendo: 0 para fezes líquidas; 1 fezes pastosas e sem forma; 2 para fezes macias, mal formadas e que assumem o formato do recipiente de colheita; 3 para fezes macias, formadas e úmidas, que marcam o piso; 4 para fezes bem formadas e consistentes, que não marcam o piso; 5 para aquelas também bem formadas, mas duras e secas. Consideram-se normais os valores entre 3 e 4.

2.3.1 Determinação do equilíbrio ácido-básico dos animais

Para avaliação dos efeitos sistêmicos da composição mineral da dieta, o equilíbrio ácido-básico orgânico foi mensurado por hemogasometria de sangue venoso dos felinos. Para isto, sangue venoso foi colhido dos animais às 8:00hs (antes do

fornecimento do alimento) e 6 horas após a exposição do animal à dieta, no último dia de coleta de urina, isto é, após 10 dias de adaptação à dieta.

As amostras de sangue de 0,5 mL foram tomadas da veia safena medial por punção direta, utilizando-se seringa plástica de 1 mL previamente heparinizada e agulha de calibre 25x7, tomando-se os devidos cuidados a fim de eliminar todo o ar contido dentro da seringa. Imediatamente após a coleta, o sangue foi armazenado em isopor contendo água e gelo e ao final da coleta, aproximadamente 30 minutos, foram determinados o pH sanguíneo, as concentrações de sódio, potássio, cloro, pressão parcial de dióxido de carbono, bicarbonato, excesso de base e osmolalidade, com o auxílio do equipamento Omini C Blood Gas Analyzer (Roche Diagnostics, Indianápolis, USA).

2.3.2 Análise dos alimentos

Amostras das dietas foram moídas em micromoinho, com peneira de 1mm e analisadas em duplicata quanto aos teores de proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM), extrato etéreo em hidrólise ácida (EEHA) e matéria seca (MS), segundo a metodologia descrita pela AOAC (1996). Os extrativos não nitrogenados (ENN) foram calculados pela seguinte fórmula:

$$\text{ENN (\%)} = 100 - (\text{PB} + \text{FB} + \text{MM} + \text{EEHA} + \text{Umidade})$$

Os teores dos macrelementos Na, K, Ca, Mg, P, e S das dietas foram mensurados após preparação dos extratos por digestão úmida das amostras em solução nitroperclórica. O extrato para análise de Cl foi obtido pela digestão das amostras por via seca (AOAC, 1996). O Ca, Mg, Cl, Na e K foram analisados em espectrofotômetro de absorção atômica (modelo GBC-932 AA, Scientific Equipment PTY LTD, Melbourne-Austrália) segundo metodologia da AOAC (1996). A leitura do fósforo foi realizada pelo método vanadato-molibdato (colorimetria), segundo

metodologia da AOAC (1996). O enxofre foi obtido pelo método turbidimétrico (AOAC, 1996) seguido de leitura em espectrofotômetro (modelo B442, Micronal, cidade, estado). Estas análises foram realizadas no Laboratório de Química Analítica do departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal. A determinação dos aminoácidos sulfurados, metionina e cistina, foi realizada após hidrólise ácida em analisador automático de aminoácidos no LABTEC⁴ (Campinas, SP).

2.4 Estimativa do excesso de bases dos alimentos e validação da equação para estimativa do pH urinário dos gatos

O EB dos alimentos experimentais foi calculado com base nos resultados de análise de macromelementos (g/kg de MS) pela seguinte fórmula:

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

A validação da equação para estimativa do pH urinário dos gatos obtida no capítulo 2 desta dissertação foi realizada mediante comparação dos resultados verificados *in vivo* com os estimados por aquela equação.

2.5 Análise Estatística

Dentro de cada um dos ensaios, os dados foram analisados segundo esquema de análise de variância de um delineamento inteiramente casualizado, com os tratamentos num esquema fatorial 2 x 2 mais um tratamento testemunha, com 6 repetições para cada tratamento. Quando diferenças estatísticas foram obtidas na análise de variância, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey. Os resultados de pH de urina *in vivo* e estimados foram avaliados por meio de

⁴ Laboratório de Alta Tecnologia da Mogiana Alimentos S/A – Campinas, SP.

análise de regressão polinomial. Para a realização desses testes, considerou-se na análise dos resultados um nível de significância de 5%. Todas as análises foram realizadas com auxílio do software estatístico SAS (versão 8.2, 2001).

3. RESULTADOS

3.1 Ensaio com Alcalinizantes

Na Tabela 3 está apresentada a composição analisada de macroelementos dos tratamentos experimentais incluídos no teste dos sais alcalinizantes.

As diferenças na composição de macroelementos dos alimentos se apresentam de acordo com o sal que os mesmos receberam. Os alimentos suplementados com carbonato de cálcio tiveram suas concentrações de Ca aumentadas, e os com citrato de potássio apresentaram maiores concentrações de potássio.

Tabela 3. Composição analisada de macroelementos de tratamentos empregados no teste dos alcalinizantes¹.

Item	Tratamentos experimentais, sais alcalinizantes				
	Controle	CaCO ₃ +80mEq/kg MS	CaCO ₃ +160mEq/kg MS	C ₆ H ₅ K ₃ O ₇ +80mEq/kg MS	C ₆ H ₅ K ₃ O ₇ +160mEq/kg MS
Ca (g/kg MS)	11,73	13,12	15,63	11,56	11,77
Mg (g/kg MS)	0,96	0,99	0,98	0,93	0,93
Na (g/kg MS)	3,11	3,08	3,23	3,2	3,15
K (g/kg MS)	5,7	5,01	5,45	7,03	9,6
P (g/kg MS)	11,56	11,05	12,02	11,05	11,18
S (g/kg MS)	4,47	4,39	4,55	4,38	4,38
Cl (g/kg MS)	2,86	2,91	2,90	2,83	2,79

¹. n=2; CV < 5%.

Na tabela 4 estão apresentados os resultados de ingestão de alimentos, escore fecal, densidade, volume e pH urinários, excesso de base dos tratamentos, pH estimado pela fórmula ($\text{pH} = 6,472 + 0,003619\text{EB} + 10^{-6} \text{EB}^2$) gerada no capítulo 2 e os resultados de hemogasometria dos gatos. Os gatos apresentaram consumo satisfatório das dietas experimentais, não havendo casos de relutância em ingerir a quantidade suficiente para a avaliação das mesmas. As dietas não induziram vômito ou outras perturbações nos gatos. Não houve diferença estatística na ingestão de alimentos ($p > 0,05$), sugerindo que os sais, nas concentrações utilizadas nesse estudo, não influenciaram na palatabilidade das dietas. O escore das fezes dos animais não variou ($p > 0,05$), não houve amolecimento das fezes, o que poderia interferir na excreção intestinal de sódio, potássio e cloro e no equilíbrio ácido-básico dos animais, interferindo na interpretação dos resultados. O EB calculado variou entre -160 (dieta controle) e -0,45 mEq/kg MS (dieta +160 mEq/kg CaCO_3).

Tabela 4: Ingestão de alimentos, escore fecal, excesso de bases das dietas, densidade, volume e pH urinário e resultados de hemogasometria dos gatos após o consumo das dietas empregadas no teste dos alcalinizantes.

Item	Controle	Tratamentos experimentais, sais alcalinizantes				CV	EPM ¹	p
		CaCO ₃ +80mEq/kgMS	CaCO ₃ +160mEq/kgMS	C ₆ H ₅ K ₃ O ₇ +80mEq/kgMS	C ₆ H ₅ K ₃ O ₇ +160mEq/kgMS			
Ingestão alimento (gMS/kgPC/dia) ²	11,0	10,2	11,8	11,8	10,7	20,1	2,21	0,677
Escore fecal	3,8	3,8	3,8	3,5	3,8	12,9	0,15	0,582
EB _s ³ (mEq/kg MS)	-160,8	-70,0	-0,4	-95,2	-29,5	-	-	0,0001
pH urina	5,60 ^a	5,80 ^b	6,07 ^{bc}	5,88 ^{bc}	6,15 ^c	2,92	0,17	0,0001
pH estimado	5,92	6,22	6,47	6,14	6,37	-	-	-
densidade (g/dL)	1,052	1,056	1,047	1,052	1,057	1,42	0,014	0,894
volume (mL/gato/dia)	59,9	48,7	66,4	56,9	62,9	42,7	25,19	0,916
Hemogasometria venosa								
pH venoso								
	8h ⁴	7,26	7,27	7,27	7,29	0,70	0,05	0,207
	15h ⁵	7,27	7,27	7,28	7,28	0,70	0,05	0,587
PCO ₂								
(mmHg)	8h	39,6	46,7	44,3	42,0	18,67	8,00	0,455
	15h	44,6	43,2	44,9	43,3	18,74	8,32	0,449
EB								
(mmol/L)	8h	-8,80	-7,52	-7,41	-6,25	67,94	4,72	0,111
	15h	-7,80	-7,45	-7,02	-5,23	41,42	2,89	0,538
HCO ₃ ⁻								
(mmol/L)	8h	16,9	18,9	20,5	18,6	15,82	2,98	0,083
	15h	19,2	19,8	19,2	21,2	15,25	3,02	0,643
Na ⁺								
(mmol/L)	8h	148	149	148	149	2,23	3,32	0,915
	15h	149	149	149	149	2,38	3,53	0,609
K ⁺								
(mmol/L)	8h	3,70	3,50	3,80	3,75	22,03	0,74	0,681
	15h	3,96	3,51	3,84	4,20	11,22	0,41	0,331
Cl ⁻								
(mmol/L)	8h	115	114	115	114	3,42	3,90	0,290
	15h	125	119	120	124	10,11	12,50	0,684
Osmolalidade								
(mOsm/Kg)	8h	295	293	293	297	2,47	7,28	0,820
	15h	295	291	295	296	2,23	6,58	0,613

¹ - EPM = erro padrão da média; n = 6 por tratamento. ² - gramas de matéria seca por quilograma de peso corporal por dia. ³ - EBs = excesso de bases das dietas calculado com exofre. ⁴ 8h = colheita as 8h. ⁵ -15h= colheita as 15h, seis horas após exposição ao alimento. ^{a,b,c} médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

Não houve variação na densidade tampouco no volume de urina produzido ($p > 0,05$). A dieta controle utilizada para estudo dos sais alcalinizantes gerou, como esperado, urina excessivamente ácida ($5,60 \pm 0,07$). Este valor se elevou significativamente com a adição dos dois sais em estudo ($p < 0,0001$).

Não foram verificadas diferenças estatísticas entre tratamentos nos parâmetros hemogasométricos pH, $p\text{CO}_2$, HCO_3^- , EB, Na, K, Cl e osmolalidade ($p > 0,05$). Os valores determinados para pH sanguíneo dos gatos mediante consumo das dietas controle e +80 mEq/kg CaCO_3 , porém, se encontraram abaixo dos valores de referência para sangue venoso de felinos (7,27 a 7,40) reportados por DIBARTOLA (2006). A dieta controle levou, ainda, à redução do HCO_3^- na primeira aferição (8h), com média inferior ao considerado fisiológico (18 – 24mmol/L; DIBARTOLA, 2006). O EB sanguíneo calculado às 8h, com exceção da dieta +160 mEq/kg $\text{C}_6\text{H}_5\text{K}_3\text{O}_7$, mostrou-se inferior ao normal para felinos em todos os tratamentos, sendo os valores medidos às 15h também baixos para as dietas controle e +80 mEq/kg CaCO_3 (referência para felinos: -1 a -7; LEE & DROBATZ, 2003). As concentrações de Na e K verificadas ao longo do estudo mostraram-se dentro do esperado (Na - 149 a 162 mmol/L; K – 3,5 a 5,5 mmol/L; DIBARTOLA, 2006), mas hipocloremia foi evidenciada em todos os grupos experimentais na avaliação de 8h (118 a 124mmol/L; DIBARTOLA, 2006).

3.2 Ensaio com Acidificantes

Na Tabela 5 está apresentada a composição analisada de macroelementos dos tratamentos experimentais incluídos no teste dos sais acidificantes. As diferenças na composição de macroelementos se apresentam de acordo com o sal que as mesmas receberam. Os tratamentos com sulfato de amônio e hexametáfosfato de sódio apresentaram maiores concentrações, respectivamente, de enxofre e de sódio e fósforo.

Tabela 5. Composição analisada de macroelementos dos tratamentos empregados no teste dos acidificantes¹.

Item	Tratamentos experimentais, sais acidificantes				
	Controle	(NH ₄) ₂ SO ₄ -80mEq/kgMS	(NH ₄) ₂ SO ₄ -160mEq/kgMS	(NaPO ₃) ₆ -80mEq/kgMS	(NaPO ₃) ₆ -160mEq/kgMS
Ca (g/kg MS)	11,84	11,73	11,54	11,13	11,69
Mg (g/kg MS)	1,19	1,44	1,24	1,15	1,19
Na (g/kg MS)	4,30	4,95	4,54	6,02	9,41
K (g/kg MS)	7,68	7,44	7,36	7,73	7,72
P (g/kg MS)	10,49	10,97	10,99	11,65	16,69
S (g/kg MS)	2,00	3,26	4,06	1,93	1,97
Cl (g/kg MS)	4,22	4,12	4,18	4,28	4,01

¹- n=2; CV < 5%.

Na tabela 6 estão apresentados os resultados de ingestão de alimentos, escore fecal, densidade, volume e pH urinários, excesso de base dos tratamentos, pH estimado pela fórmula ($\text{pH} = 6,472 + 0,003619\text{EB} + 10^{-6} \text{EB}^2$) gerada no capítulo 2 e os resultados de hemogasometria dos gatos.

Os gatos apresentaram consumo satisfatório das dietas experimentais, não havendo casos de relutância em ingerir a quantidade suficiente para a avaliação das mesmas. As dietas não induziram vômito nos animais. Não houve diferença estatística na ingestão de alimento ($p > 0,05$), sugerindo que os sais, nas concentrações utilizadas nesse estudo, não influenciaram na palatabilidade das dietas. O escore fecal dos animais não variou ($p > 0,05$), não houve amolecimento das fezes, o que poderia interferir na excreção intestinal de sódio, potássio e cloro e no equilíbrio ácido-básico dos animais, interferindo na interpretação dos resultados. O EB calculado variou entre 151 (dieta controle) e -32 mEq/kg MS (dieta -160mEq/kg (NaPO_3)₆).

Tabela 6: Ingestão de alimentos, escore fecal, excesso de bases das dietas, densidade, volume e pH urinário e resultados de hemogasometria dos gatos mediante o consumo das dietas empregadas no teste dos acidificantes.

Item	Tratamentos experimentais, sais acidificantes							
	Controle	(NH ₄) ₂ SO ₄ -80mEq/kgMS	(NH ₄) ₂ SO ₄ -160mEq/kgMS	(NaPO ₃) ₆ -80mEq/kgMS	(NaPO ₃) ₆ -160mEq/kgMS	CV	EPM ¹	P
Ingestão alimento (gMS/kgPC/dia) ²	9,8	11,2	9,9	11,7	10,3	18,3	3,2	0,594
Escore fecal	3,2	3,3	3,2	3,3	3,6	2,7	0,12	0,541
EB _s ³ (mEq/kg MS)	150,9	78,5	-18,5	117,8	-31,8	-	-	0,0001
pH <i>urina</i>	6,93 ^a	6,37 ^b	6,00 ^c	6,82 ^a	6,28 ^b	2,67	0,16	0,0001
pH estimado	7,04	6,76	6,41	6,91	6,36	-	-	-
densidade (g/dL)	1,051	1,048	1,048	1,049	1,049	0,76	0,01	0,732
volume (mL/gato/dia)	44,5	44,5	33,5	51,8	44,6	38,7	22,5	0,478
Hemogasometria venosa								
pH venoso								
8h ⁴	7,32	7,34	7,33	7,35	7,33	0,33	0,04	0,232
15h ⁵	7,30	7,30	7,30	7,37	7,31	0,32	0,07	0,497
PCO ₂								
(mmHg)	41,5	39,9	42,7	39,0	42,0	17,37	7,33	0,873
8h	41,3	40,7	38,1	38,1	43,4	18,01	7,79	0,871
15h	4,77	-4,20	-3,57	-4,45	-5,83	33,45	3,54	0,626
EB								
(mmol/L)	-6,07	-6,37	-7,93	-3,40	-4,96	39,72	4,22	0,613
8h	21,0	20,3	22,2	20,7	19,7	13,45	3,01	0,726
15h	19,9	19,5	18,0	21,5	21,2	16,44	2,89	0,649
HCO ₃ ⁻								
(mmol/L)	150	149	149	152	149	3,56	3,67	0,932
Na ⁺								
(mmol/L)	150	149	148	153	150	2,97	3,54	0,915
K ⁺								
(mmol/L)	3,43	3,41	3,50	3,35	3,24	10,2	0,67	0,543
15h	2,91	2,92	2,41	3,35	3,41	24,5	0,89	0,233
8h	120	120	119	124	117	2,47	8,76	0,825
Cl ⁻								
(mmol/L)	121	123	120	120	122	12,6	16,1	0,707
Osmolalidade								
(mOsm/Kg)	301	296	297	302	295	2,21	5,33	0,673
15h	299	293	290	304	298	2,34	8,91	0,596

¹ - EPM = erro padrão da média; n= 6 por tratamento. ² - gramas de matéria seca por quilograma de peso corporal por dia. ³ - EBs = excesso de bases da dieta calculado com exofre. ⁴ 8h = colheita as 8h. ⁵ -15h= colheita as 14h, seis horas após exposição ao alimento. ^{a,b,c} médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

Não houve variação na densidade urinária e no volume urinário produzido ($p>0,05$). A dieta controle utilizada para estudo dos sais acidificantes gerou urina alcalina ($6,93\pm 0,08$), como esperado. Este valor se reduziu significativamente com a adição dos dois sais estudados ($p<0,0001$).

Não foram verificadas diferenças estatísticas entre tratamentos nos parâmetros hemogasométricos pH, $p\text{CO}_2$, HCO_3^- , EB e osmolalidade ($p>0,05$), encontrando-se todos dentro dos valores de referência para sangue venoso de felinos, com exceção de diminuição no EB sanguíneo na medição das 15h mediante consumo da dieta $-160 \text{ mEq/kg (NH}_4)_2\text{SO}_4$. As concentrações de Na, K e Cl não variaram entre os tratamentos ($p>0,05$), no entanto hipocalcemia foi verificada, principalmente na medição das 15h, em todos os tratamentos

3.3 Validação da equação para estimativa do pH urinário de gatos

Na figura 1 está apresentada a correlação entre o pH urinário mensurado *in vivo* e o pH estimado pela fórmula gerada no capítulo 2. Como se pode observar, a equação apresentada se ajustou adequadamente, com elevada constante de associação ($r=0,96$; $p<0,0001$).

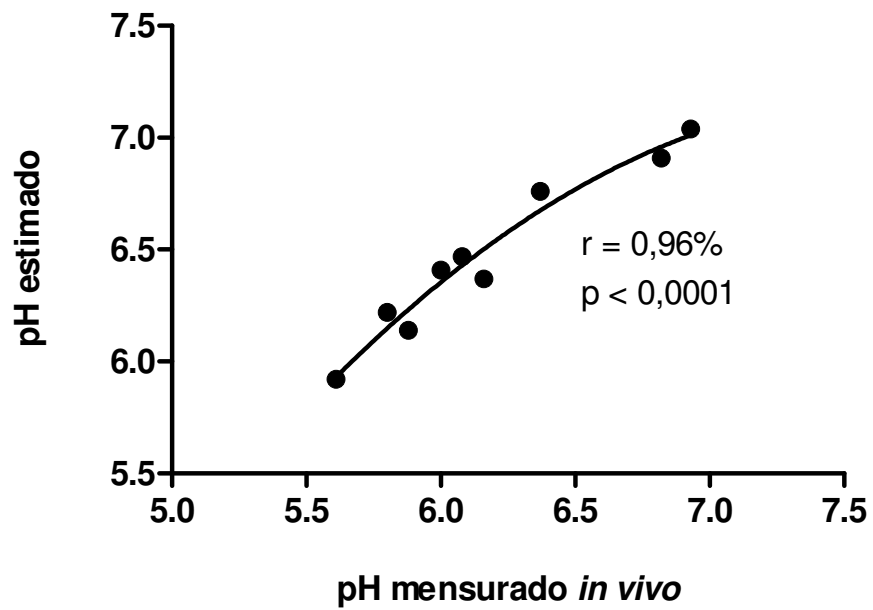


Figura 1: Correlação entre o pH urinário de gatos mensurado *in vivo* (n=10) com os estimados pela equação $\text{pH} = 6,472 + 0,003619\text{EB} + 10^{-6} \text{EB}^2$.

4. DISCUSSÃO

As adições dos sais não interferiram no consumo voluntário das dietas pelos gatos. Dietas acidificadas com cloreto de amônio com até EB -876 mEq/kg MS foram aceitas prontamente pelos gatos; somente quando o EB chegou a -1079 mEq/kg MS o alimento foi recusado pelos animais (KIENZLE & WILMS-EILERS, 1994). No entanto, a palatabilidade de cada sal não foi determinada, sendo interessante estudá-la para emprego em dietas comerciais. As composições químicas analisadas das duas dietas comerciais empregadas (controle alcalinizantes e controle acidificantes) atenderam às recomendações nutricionais de gatos adultos (NRC, 2006).

A manipulação do equilíbrio cátion-aniônico se mostrou efetiva em alterar o pH urinário e mesmo alguns parâmetros hemogasométricos. Conseguiu-se com isso reversão da acidose metabólica desencadeada pela dieta controle utilizada no ensaio com alcalinizantes (conseguida pelos dois sais alcalinizantes estudados) e também uma redução do EB sanguíneo pelo tratamento -160 mEq/kg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

O CaCO_3 foi estudado por KIENZLE et al. (1991) e demonstraram que, após sua suplementação na dieta, ocorre aumento no pH urinário e a elevação do EB do alimento. STEVENSON et al. (2000), após a suplementação de cães com $\text{C}_6\text{H}_5\text{K}_3\text{O}_7$ (150mg/kgPC/dia), não verificaram elevação significativa do pH urinário. No entanto, estes autores não levaram em conta o valor de EB do alimento no cálculo da dose de $\text{C}_6\text{H}_5\text{K}_3\text{O}_7$, podendo isto explicar os resultados negativos. No presente estudo, os valores de pH urinário dos gatos elevaram-se significativamente com o fornecimento deste sal, sendo o efeito dependente da dose empregada. Este resultado reforça a importância do emprego do EB da dieta ao se manipular sua composição mineral, pois de outra forma as suplementações tornam-se empíricas e com resultados imprevisíveis.

Durante o ensaio com sais alcalinizantes, hipocloremia foi verificada em todos os tratamentos às 8h, com elevação dos valores aos limites normais na mensuração das 15h. Os autores não encontraram descrição desta ocorrência na literatura científica consultada. Hipocloremia normalmente segue-se em estados de alcalose metabólica,

fato não verificado no estudo, de forma que não se encontrou explicação fisiológica para este fato.

Acidificantes vem sendo estudados para felinos, como cloreto de amônio (DOWN et al., 1990; IZQUIERDO & CZARNECKI-MAULDEN, 1991), cloreto de cálcio (KIENZLE & WILMS-EILERS, 1991), bissulfato de sódio e ácido fosfórico (SPEARS, et al, 2003). Já o $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ tem sido mais estudado em bovinos (BLOCK, 1984), este apresentou efeito acidificante semelhante ao do cloreto de amônio em ratos (EMERICK & LU, 1987). No presente estudo, o $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ se mostrou mais efetivo que o $(\text{NaPO}_3)_6$. Isto pode ser verificado, pois na dose menor (-80mEq/kg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) o pH urinário dos gatos foi semelhante ao verificado no tratamento -160mEq/kg $(\text{NaPO}_3)_6$, enquanto que na maior adição (-160mEq/kg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), o pH urinário dos gatos foi mais baixo que nos demais tratamentos. Explicações para este fato incluem a geração de H^+ durante a conversão da amônia em uréia e a excreção de H^+ e Cl^- no túbulo contornado proximal e ducto coletor dos rins, respectivamente, durante as exceções de amônia e amônio (DIBARTOLA, 2006).

No ensaio com acidificantes, as alterações do EB da dieta foram menores, em função disso houve poucas alterações à hemogasometria dos animais. A redução do EB sanguíneo verificada no tratamento -160mEq/kg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ encontra explicação, também, na geração de H^+ durante a conversão da amônia em uréia.

Durante o ensaio com sais acidificantes, hipocalemia foi verificada em todos os tratamentos, sendo esta mais intensa às 15h. Hipocalemia esta associada à acidose metabólica crônica (DIBARTOLA, 2006), o que não ocorreu ao longo do estudo, ou ao consumo de dietas deficientes (DOWN, et al., 2000), o que também não foi verificado pois as dietas apresentaram teores adequados deste mineral. Desta forma, não se encontrou explicação fisiológica para este fato.

A equação para estimação do pH urinário gerada no capítulo 2 desta dissertação ajustou-se adequadamente aos valores de pH urinário medidos. Apesar disso, diferença média de 0,27 foi verificada (considerando-se a diferença entre os valores médios *in vivo* das dez dietas e os 10 valores estimados), o que é importante do ponto de vista

biológico. Assim, apesar de serem úteis na formulação, o emprego destas estimativas não dispensa a avaliação nos animais do pH urinário desencadeado pelos alimentos.

5. CONCLUSÕES

Os resultados mostram que a manipulação do equilíbrio mineral da dieta com base no cálculo de seu excesso de base é um meio efetivo de se ajustar o alimento visando modulação metabólica e o pH urinário de gatos. Os quatro sais estudados mostram-se adequados, indicando que os elementos atuam por suas valências, independente de qual elemento atômico seja empregado. A avaliação do excesso de bases com emprego dos macroelementos permite adequada predição do pH urinário de felinos, mas não substitui a necessidade de se verificar, nos animais, o pH urinário desencadeado pela dieta.

REFERÊNCIAS

ANFALPET – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO. **Institucional**. Disponível em: <http://www.anfalcon.org.br/asp/anfal_interna.asp?ir=anfal_institucional.asp&cod_inst=4529> Acesso em 20 de novembro de 2008.

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIAL - AAFCO. **Official publication 2004**, Association of American Feed Control Official, 2003.

ASSOCIATION OF THE OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official and tentative methods of Analysis**. 16.ed. Arlington: AOAC International, 1996, v. 1, p.1-45.

ALLEN, T.A.; KRUGER, J.M. Enfermedad Felina De Las Vias Urinarias. In: HAND, M.S.; THATCHER, C.D.; REMILLARD, R.L.; ROUDEBUSH, P. **Nutrición clínica en pequeños animales**. Panamericana, Bogotá, 4 ed., p. 811-845, 2000.

BLOCK, E. Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever. **Journal. of Dairy Science**. n.67, p. 2939 – 2949, 1984.

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

CAMARGO, C.P. **Aspectos clínicos e epidemiológicos de urolitíases em cães e gatos assistidos pelo serviço de nefrologia e urologia da UNESP de Jaboticabal**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 55p., 2004.

CARCIOFI, A.C. Regulamentação e ética da informação em pet food. In: PETFOOD FORUM, 4, 2005, São Paulo. **Anais...**São Paulo: VNU business media, 2005. p. 13-18.

CARCIOFI, A.C.; BAZZOLI, R.S.; ZANNI, A. Influence of water content and the digestibility of pet foods on the water balance of cats. **Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science**. v. 42, n. 6, p. 429-434, 2005.

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**, v.58, n.3, p.421-426, 2006.

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

CARCIOFI, A.C.; TAKAKURA, F. S.; OLIVEIRA, L.D.; TESHIMA, E.; JEREMIAS, J.T.; BRUNETTO, M.A. Effects of six carbohydrate sources on dog diet digestibility and postprandial glucose and insulin response. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. v.92, p. 326-336, 2008.

CAVALIERI, F.L.B.; SANTOS, G.T. Balanço Catiônico-Aniônico em Vacas Leiteiras no Pré-Parto. 02/2002, www.nupel.uem.br/.

CHING, S. V., FETTMAN, M. J., HAMAR, D. W., NAGODE, L. A. SMITH, K.A. The effect of chronic dietary acidification using ammonium chloride on acid-base balance and mineral metabolism in the adult cat.. **Journal of Nutrition** v.119 p. 902-915, 1989.

COENEN, M. Chloridhaushalt und Chloridbedarf des Pferdes Habilitationsschrift, Hannover, 1992.

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

DAVIES, M. Tratamiento de la urolitiasis canina y felina. In: BAINBRIDGE, J. & ELLIOTT, J. **Manual de nefrologia y urologia en pequeños animals**. Barcelona: Romanya/Valls, S.A., p. 275-289, 1999

DEL CLARO, G.R.; ZANETTI, M.A.; CORREA, L.B.; NETTO A.S.; PAIVA, F.A.; SALLES, M.S.V. Balanço cátion-aniônico da dieta no metabolismo de cálcio em ovinos. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.222-228, 2006.

DIBARTOLA, S.P.; **Fluid therapy in small animal practice**. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 2006.

DOW, S.W.; FETTMAN, M.J.; SMITH, K.R.; HAMAR, D.W.; NAGODE, L.A.; REFSAL, K.R.; WILKE, W.L. Effects of Dietary Acidification and Potassium Depletion on Acid-Base Balance, Mineral Metabolism and Renal Function in Adult Cats. **Journal of Nutrition**. p. 569-578, 1990.

EMERICK, R.J., LU, D. A possible synergism of dietary phosphate and urine acidifying salts in preventing silica urolithiasis in a rat model. **Journal of Nutrition**. v.117, p.1603-1608, 1987.

FETTMAN, M.J.; COBLE, J.M.; HAMAR, D.W.; NORRDIN, R.W.; SEIM, H.B.; ROGERS, Q.R.; McCREA, K.; MOFFAT, K. Effect of dietary phosphoric acid supplementation on acid-base balance and mineral and bone metabolism in adult cats. **American Journal of Veterinary Research**. v. 53, n. 11. p. 2125-35, 1992.

FINKE, M.D.; LITZENBERGER, B.A. Effect of food intake on urine pH in cats. **Journal of Small Animal Practice**. v.33, n.6, p.261-5, 1992.

FORRESTER, S.D.; ROUDEBUSH, P. Evidence-Based Management of Feline Lower Urinary Tract Disease. **Veterinary Clinics Small Animal Practice**. v.37, p. 533–558, 2007.

GEVAERT, D.M.; KLOOSTER, V.A.T.H.; WILDE, R.O.; KAPPERT, H.J. . Effect of Macromineral Composition Of Diets On Blood Acid-Base Equilibrium And Urinary Acidity In Dogs. **American Institute Of Nutrition**. J. Nutr. 121: p.93-94, 1991.

GONZALEZ, F. H.; SILVA, S. C. **Introdução à Bioquímica Clínica Veterinária**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999, cap II, p. 30-46.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 10^a ed. Rio de Janeiro (BR): Guanabara Koogan, 2002, cap. 30, p. 328-343.

HAND, M.S.; THATCHER, C.D.; REMILLARD, R.L. **Small Animal Clinical Nutrition**. 4.ed. Kansas: Mark Morris Institute, 2000. 1192p.

HAWTHOME, A.J.; MARKWELL, P.J. Dietary Sodium Promotes Increased Water Intake and Urine Volume in Cats. **Journal of Nutrition**. v. 134, p. 2128-2129, 2004.

IZQUIERDO, J. V.; CZARNECKI-MAULDEN, G. L. Effect of Various Acidifying Agents on urine pH and Acid-Base Balance in Adult Cats. **American Institute of Nutrition. Journal of Nutrition**. v.121, p.89-90, 1991.

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 5. ed. London: Academic Press, 1997. 932p.

KIENZLE, E; SCHUKNECHT, A; MEYER, H. Influence of Food Composition On The Urine pH In Cats. **American Institute of Nutrition**. v.121, p. S87-S88, 1991.

KIENZLE, E; WILMS-EILERS, S.K. Struvite Diets In Cats: Effect Of Ammonium Chloride And Carbonates On Acid Base Balance Of Cats. **American Institute of Nutrition**. V.22, P. 3166-94, 1994.

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**, v.13, n.4, p.227-233, 2003.

MARKWELL, P.J. BUFFINGTON, C.T. SMITH, B.H.E. The Effect Of Diet On Lower Urinary Tract Diseases In Cats. **Journal of Nutrition**. v.128, n.12, p.2753s-2757s, 1998.

MIDDLETON, D. J., ILKIW, J. E. WATSON, D. J. Arterial and venous blood gas tensions in clinically healthy cats. **American Journal of Veterinary Research**. v. 42, p. 1609-1611, 1981.

Nutrient Requirements of Dogs and Cats. National Research Council. The National Academy Press: Washington, D.C.398 p.,2006

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**, v.204, n.12, p.1914-1918, 2000.

RECHE Jr, A.; HAGIWARA, M. K.; MAMIZUKA, E. Estudo Clínico da Doença do Trato Urinário Inferior em Gatos Domésticos de São Paulo. **Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science**. v. 35, n. 2, p. 69-74, 1998.

SPEARS, J.; GRIESHOP, C.; FAHEY, G.C. Evaluation of sodium bisulphate and phosphoric acid as urine acidifiers for cats. **Archives of Animal Nutrition**. v. 57, n. 5, p. 389-398, 2003.

STEVENSON, A.E.; WRIGGLESWORTH, D.J.; SMITH, B.H.E.; MARKWELL, P.J. Effects of dietary potassium citrate supplementation on urine pH and urinary relative supersaturation of calcium oxalate and struvite in healthy dogs. **American Journal of Veterinary Research**. v. 61, n.4, p. 430-435, 2000.

THRALL, M. A.. Metabolismo de fluidos e eletrólitos. In: THRALL, M. A., ed. **Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária**. São Paulo: Rocca, p.311-334, 2007.

XU H., LAFLAMME, D.P.L; LONG, G.L. Effects of dietary sodium chloride on health parameters in mature cats. **Journal of Feline Medicine and Surgery**. 2008.

WAGNER, E.; KEISCH, C.H.; IBEN, C.H. Influence of the feed Base Excess on urine parameters in cats. **Journal Of Animal Physiology And Animal Nutrition**. n. 90, p. 10-24, 2006.

YAMKA, R.M.; FRIESEN, K.G.; SCHAKENRAAD, H. The Prediction Of Urine pH Using Dietary Cations And Anions In Cats Feed Dry And Wet Foods. **Journal Appl Research Veterinary Medicine**. v. 44, n.1, p. 58-66, 2006

ZENTEK, J; MEYER, H; BEHNSEN, K. Einfluss der Futterzusammensetzung auf den Harn-pH beim Hund [Influence of food composition on the urine pH in the dog]. **Kleintierpraxis**, v.40, n.1, p. 9-18, 1995.

ZENTEK, J; SCHULZ, A. Urinary Composition Of Cats Is affected By The Source Of Dietary Protein. **Journal of Nutrition**. v. 134: p. 2162s-2165s, 2004.