



**DINÂMICA DA ABSORÇÃO, RETENÇÃO E EXCREÇÃO DE  
ZINCO NAS FORMAS ORGÂNICA E INORGÂNICA EM GATOS**

*Renata Viana de Oliveira*

**2004**

**RENATA VIANA DE OLIVEIRA**

**DINÂMICA DA ABSORÇÃO, RETENÇÃO E EXCREÇÃO DE ZINCO  
NAS FORMAS ORGÂNICA E INORGÂNICA EM GATOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador (a)  
Prof.<sup>a</sup> Flávia Maria de Oliveira Borges Saad

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2004

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

Oliveira, Renata Viana

Dinâmica da absorção, retenção e excreção de zinco nas formas orgânicas e inorgânicas em gatos / Renata Viana Oliveira. -- Lavras : UFLA, 2004.

46 p. : il.

Orientadora: Flávia Maria de Oliveira Borges Saad.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Gato. 2. Nutrição animal. 3. Zinco. 4. Metabolismo mineral. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-636.80852

**RENATA VIANA DE OLIVEIRA**

**DINÂMICA DA ABSORÇÃO, RETENÇÃO E EXCREÇÃO DE ZINCO  
NAS FORMAS ORGÂNICA E INORGÂNICA EM GATOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 18 de outubro de 2004

Prof. Walter Motta Ferreira	EV/ UFMG
Prof. Paulo Borges Rodrigues	DZO/ UFLA
Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas	DZO/ UFLA
Prof. Raimundo Vicente de Sousa	DMV/ UFLA

Prof<sup>ª</sup>. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad  
UFLA  
(Orientadora)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

## *Dedico*

*Aos meus pais, João e Zilda,  
fonte de amor na dose certa*

## *Ofereço*

*Ao meu marido Flávio que  
procura comigo ser cada dia  
mais feliz...*

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS pela vida e pela inquietude de alma, sempre buscando mais;  
À Universidade Federal de Lavras que mais uma vez me acolheu, me ensinou e me preparou para o mundo;  
Ao CNPq, pela apoio através da bolsa de estudos;  
Ao Prof. Paulo Borges Rodrigues e a Prof<sup>a</sup>. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad pela credibilidade, orientação e companheirismo;  
Ao Prof. Fabiano Ribeiro do Vale pela atenção e apoio nunca negados;  
Ao Prof. Antônio Marcos Guimarães pela concessão do Laboratório de Parasitologia do Departamento de Medicina Veterinária;  
A todos os professores do Departamento de Zootecnia que compartilharam de seus conhecimentos;  
Aos colegas Janine, Lílian, José Walter, Leonardo, Igor, Priscila e Adriana e aos companheiros de pós-graduação Alessandra e Ezequiel, pela amizade acima de tudo e pela valiosa contribuição para a realização deste trabalho;  
À empresa ALLTECH que acreditou na capacidade da equipe;  
Ao IMA pela colaboração nas análises laboratoriais;  
A todos que estiveram envolvidos direta e indiretamente no êxito deste trabalho.



## SUMÁRIO

### Página

LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT .....	iv
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	02
2.1 ZINCO.....	02
2.2 FUNÇÕES DO ZINCO.....	03
2.3 NECESSIDADES NUTRICIONAIS DE ZINCO.....	04
2.4 DEFICIÊNCIA E TOXICIDADE .....	05
2.5 METABOLISMO .....	07
2.5.1 ABSORÇÃO.....	07
2.5.2 TRANSPORTE, ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO .....	09
2.5.3 EXCREÇÃO.....	11
2.6 BIODISPONIBILIDADE.....	11
2.7 MINERAIS QUELATADOS .....	13
2.8 ORGÂNICO X INORGÂNICO Absorção e Utilização.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 ANÁLISES QUÍMICAS .....	25
3.2 PARÂMETROS AVALIADOS.....	26
3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	26
3.4 METODOLOGIA DE CÁLCULOS.....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5 CONCLUSÕES .....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
ANEXOS .....	44



## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
TABELA 1 Principais tecidos do organismo atendidos por minerais quelatados (Universidade da Flórida, 1992 citado por Premier Pet, 1999).....	16
TABELA 2 Tratamentos experimentais e níveis de zinco da ração padrão e das fontes suplementares.....	23
TABELA 3 Composição Bromatológica da ração padrão.....	23
TABELA 4 Ingestão de ração (g) excreção fecal (g) e coeficiente de digestibilidade aparente da ração utilizada no experimento.....	29
TABELA 5 Balanço de zinco (mg/dia).....	30
TABELA 6 Porcentagem de zinco retido das dietas por fonte e nível de suplementação.....	31
TABELA 7 Porcentagem de zinco retido das fontes por fonte e nível de suplementação.....	32
TABELA 8 Níveis de zinco (mg) no plasma de gatos alimentados com diferentes fontes de zinco.....	34

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
FIGURA 1 Modelo para a absorção do zinco (Mahan & Escott-Stump, 1998).....	09
FIGURA 2 Estrutura básica de um mineral quelatado (adaptado de Shi et al., 1995).....	14
FIGURA 3 Níveis plasmáticos de zinco em diferentes intervalos de tempo em gatos alimentados com fontes orgânica e inorgânica do elemento.....	35

## RESUMO

OLIVEIRA, Renata Viana. **Dinâmica da absorção, retenção e excreção de zinco nas formas orgânica e inorgânica em gatos**. Lavras: UFLA, 2004. 46p. (Dissertação-Mestrado em Zootecnia)\*

Com o objetivo de elucidar o modelo mais efetivo de suplementação do zinco (Zn) para gatos quando se utilizam fontes orgânica e inorgânica, o trabalho desenvolvido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras- UFLA, avaliou a absorção, retenção e excreção do elemento utilizando cinco gatos adultos, alojados em gaiolas metabólicas e consumindo uma ração padrão contendo 328 mg de zinco/kg de ração. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental em quadrado latino sendo 5 tratamentos (T1- ração padrão sem suplementação de Zn, T2- ração padrão + 5,0 mg de Zn do sulfato de zinco, T3- ração padrão + 5,0 mg de Zn quelatado, T4- ração padrão + 12,5 mg de Zn do sulfato de zinco, T5- ração padrão + 12,5 mg de Zn quelatado), cinco períodos e 5 repetições. Os gatos receberam as fontes de zinco vinculadas a 10,0 mL de leite, por via oral, em dose única, diariamente. O período de adaptação aos tratamentos foi de cinco dias imediatamente anterior à colheita de fezes e urina, que foi realizada durante os quatro dias finais de cada período. As amostras de sangue para obtenção da curva de concentração de zinco plasmático foram obtidas no último dia de cada fase experimental, 30 minutos antes do fornecimento da dieta padrão e 1; 2,5; 4; 5,5; 7; 8,5 e 10 horas após. O zinco foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica, no plasma, urina, fezes, ração padrão, leite e água. Ocorreu uma maior absorção do zinco proveniente da fonte inorgânica (T4- 12,5 mg de zinco- sulfato de zinco) e uma maior retenção do zinco proveniente da fonte orgânica (T3- 5 mg de zinco quelatado e T5- 12,5 mg de zinco quelatado). O horário de aparecimento do pico plasmático de zinco foi entre 5,0 e 7,0 horas após a alimentação em todas as dietas testadas e o maior pico de absorção foi encontrado nos gatos recebendo o tratamento 4 (12,5 mg de zinco do sulfato de zinco). Diferenças no metabolismo pós-absortivo mostraram-se como sendo o diferencial metabólico entre minerais orgânicos e inorgânicos.

---

\*Comitê Orientador: Flávia Maria de Oliveira Borges Saad- UFLA (orientadora), Paulo Borges Rodrigues – UFLA, Rilke Tadeu Fonseca de Freitas- UFLA

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Renata Viana. **Dynamics of the absorption, retention and excretion of zinc in the organic and inorganic forms in cats** 46p. Dissertation (Master in Animal Science) – Federal University of Lavras, Lavras\*

With the objective of elucidating the model more cash of supplementation of the mineral zinc (Zn) for cats when organic and inorganic sources are used, the work developed in the Department of Zootecnia of the Federal University of Lavras-UFLA evaluated the absorption, the retention and excretion of the element using five adult cats housed in metabolic cages consuming a pattern ration contends 328 mg/kg of Zn. The animals were distributed in Latin Square experimental design with 5 treatments (T1 - ration pattern without supplementation of zinc, T2 - ration pattern + 5,0 mg of Zn of sulfate of zinc, T3 - ration pattern + 5,0 mg of Zn quelated, T4 - ration pattern + 12,5 mg of Zn sulfate of zinc, T5 - ration pattern + 12,5 mg Zn quelated), 5 periods and 5 repetitions. The cats received the sources of zinc linked to 10,0 mL of milk, orally, in only dose, daily. The adaptation period to the treatments was immediately of five days previous crop of feces and it urinates, that was accomplished during the four final days of each period. The samples of blood for obtaining of the plasmatic curve of zinc were obtained in the last day of each experimental phase, 30 minutes before the supply of the diet pattern and 1; 2,5; 4; 5,5; 7; 8,5 and 10 hours after. The zinc was determined by spectrophotometry of atomic absorption, in the plasm, it urinates, feces, ration pattern, milk and water. It happened a larger absorption of the coming zinc of the inorganic source (T4- 12,5 mg of Zn sulfato of zinc) and a larger retention of the coming zinc of the organic source (T3- + 5,0 mg of Zn quelated and T5- 12,5 mg Zn quelated ). The schedule of appearing of the pick plasmatic of zinc was between 5,0 and 7,0 hours after the feeding in all the tested diets and the largest absorption pick was found in the cats receiving the treatment 4 (12,5 mg of Zn sulfato of zinc). Differences in the metabolism powder-absortive they were shown as being the metabolic deferential among organic and inorganic minerals.

---

\***Guidance Committee:** Flávia Maria de Oliveira Borges Saad – UFLA (Adviser), Paulo Borges Rodrigues – UFLA, Rilke Tadeu Fonseca de Freitas-UFLA

## 1 INTRODUÇÃO

O número de gatos como animais de companhia vem aumentando rapidamente, requerendo o aprimoramento da pesquisa e do conhecimento da nutrição e alimentação desses animais visando o equilíbrio nutricional que garanta a expressão de sua carga genética e a manutenção das condições de saúde, por exemplo da pele e do pêlo.

A pele é um sistema orgânico metabolicamente ativo que protege o corpo de lesões físicas e infecções, intervém no controle da temperatura, na imunorregulação e na sensibilidade. Fatores dietéticos podem ter um papel principal na manutenção da eficiência desse sistema e são significativos na etiologia e terapia de algumas doenças.

O zinco é um importante nutriente envolvido na integridade do sistema tegumentar dos felinos e seu fornecimento balanceado pode manter a qualidade estética do animal e contribuir para com a regressão de quadros clínicos de dermatoses responsivas à nutrição. Os benefícios significativos envolvendo o zinco podem ser alcançados quando observados dois aspectos principais: a quantidade e a qualidade do elemento fornecido.

Apesar de serem encontrados na literatura muitos trabalhos relacionados à dinâmica metabólica de zinco em várias espécies, poucos são os estudos conduzidos em gatos. Segundo Fascetti & Morris (2002), o conhecimento acerca do metabolismo dos microminerais e da nutrição dos animais de companhia tem avançado gradativamente, mas ainda muito pouco se conhece sobre a exigência e disponibilidade desses minerais para a espécie felina.

Baseado na qualidade das diferentes fontes de minerais para o organismo, o presente trabalho busca respostas para a questão de importância prática no uso de zinco para gatos: a determinação da dinâmica metabólica da fonte orgânica comparada à fonte inorgânica de suplementação quando se avalia

a absorção e a retenção do mineral através de parâmetros sanguíneos e balanço da ingestão e excreção respectivamente.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Zinco**

Há um século, o zinco foi reconhecido como essencial para as menores formas de vida bem como para as plantas superiores desde 1926 (Underwood & Suttle, 1999). Todd et al., 1934, citado por Underwood & Suttle, 1999 obtiveram a primeira evidência inequívoca de que zinco é necessário para o crescimento e a saúde de ratos, sendo posteriormente produzidas deficiências de zinco experimentais em suínos, aves, cordeiros e bezerros. A deficiência era associada em todas as espécies com grave inapetência, depressão do crescimento, do desempenho e da reprodução, causando anormalidades na pele e seus apêndices

O conteúdo de zinco em grãos de cereais e outras sementes varia pouco entre espécies de plantas, mas pode variar grandemente conforme o “*status*” de zinco no solo. O zinco se concentra nas camadas exteriores do grão, sendo que as suas concentrações no trigo, aveia, cevada e milho geralmente se mantêm entre 30 a 40 mg/kg de matéria seca (MS) com valores mais baixos para grãos de milho e outros cereais produzidos em terras com baixa concentração do elemento. Fontes de proteína animal, principalmente peixes, são mais ricas em zinco (80-120 mg/kg de MS) quando comparadas a fontes de proteína vegetal (Underwood & Suttle, 1999).

## 2.2 Funções do zinco

As funções primárias do zinco parecem estar associadas ao processo fundamental de replicação celular e expressão gênica, no ácido nucléico e metabolismo de aminoácidos. O zinco é importante no sistema enzimático necessário para a síntese do ácido ribonucléico (ARN), o qual participa do crescimento das células somáticas e germinativas (Hays & Swenson, 1996).

Bertechini, 1998, observa que o zinco é um microelemento distribuído em todos os tecidos orgânicos, porém em maiores concentrações no fígado, pele e pêlos, participando de vários sistemas enzimáticos: anidrase carbônica - intervém no transporte de oxigênio e dióxido de carbono no glóbulo vermelho; desidrogenases - catalisam reações bioquímicas de oxi-redução; carboxipeptidases e ribonucleases - catalisam a hidrólise de peptídeos e ácido ribonucléico; ADN polimerase - iniciação e síntese de cadeias de ADN e fosfatases. Também está envolvido em todo processo de multiplicação celular, na espermiogênese e desenvolvimento dos órgãos sexuais do macho e em todas as fases do processo reprodutivo da fêmea, na utilização de aminoácidos e na síntese de proteína; na síntese do colágeno ósseo (colagenases) e na integridade e cicatrização da pele. Além disso, é essencial no funcionamento do sistema imunológico, no metabolismo da água e no balanço de íons.

O zinco está ainda envolvido na acuidade do olfato e paladar (Watson, 1998). O autor observou que o apetite pode estar prejudicado em animais afetados como resultado dos sentidos gustativo e olfativo diminuídos. Linfadenopatia generalizada também é uma característica comum, particularmente em animais jovens.

Underwood & Suttle (1999) apresentam vínculos do zinco com o metabolismo de vitaminas (redutase do retinal e desidrogenase de álcool). Essas metaloenzimas são necessárias para a interconversão da vitamina álcool (retinol)

para a vitamina aldeído (retinal), essencial no processo da visão normal. Efeitos indiretos da deficiência de zinco na composição e estabilidade da membrana de eritrócitos e metabolismo de ácidos graxos essenciais também foram mencionados por esse autor.

O zinco previne e cura a paraqueratose (espessamento ou hiperqueratinização das células epiteliais da pele e esôfago) no suíno e outras espécies (Hays & Swenson, 1996).

A adição de zinco às soluções de insulina resulta em retardo na ação fisiológica da insulina e prolonga a hipoglicemia produzida por sua administração parenteral. Aparentemente o zinco se liga à molécula de insulina, mas sua função ainda é incerta (Hays & Swenson, 1996).

### **2.3 Necessidades Nutricionais de Zinco**

Andrigueto (1982) declara que a proporção de zinco no organismo animal varia de acordo com as espécies consideradas, podendo o seu teor médio ser estabelecido entre 25-30 ppm para as diferentes espécies.

Segundo Scott et al. (1996), a necessidade de zinco dietético para gatos varia entre 15 e 50 ppm.

Kane et al. (1981) demonstraram que, apesar de níveis de 15 ppm de zinco se mostrarem suficientes para um adequado crescimento, são inadequados para uma função testicular normal, sendo que a suplementação de gatos deficientes em zinco não reverte um estado degenerativo já instalado.

O NRC (1986) recomenda um mínimo de 15 ppm de zinco por kg de dieta para gatos filhotes alimentados de dietas que contenham baixa quantidade de componentes que interfiram na sua absorção (cálcio, fibra, fitato); sob tais condições prejudiciais, 50 ppm de zinco por kg de dieta se mostram suficientes.



A exigência mínima de zinco para felinos gestantes ou lactantes não foi bem determinada, apesar de um grande requerimento de zinco (50-100 ppm) ser necessário ao desenvolvimento fetal na maioria das espécies (Fascetti & Morris, 2002).

Lyons (1994) relata que os níveis sugeridos pelo NRC (1986) são adequados para o crescimento normal do animal, mas não são adequados para uma ótima resposta imune. Até o presente, as recomendações do NRC (1986) estão bem abaixo dos níveis comumente utilizados na indústria.

Pesquisas com gatos sugerem que uma dieta baseada em proteínas vegetais pode aumentar drasticamente as exigências de zinco (10mg/ 400 kcal) devido à presença de fatores interferentes na sua absorção (Edney, 1987).

## **2.4 Deficiência e Toxicidade**

A deficiência de zinco, tanto na carência dietética como nas anormalidades genéticas, causa retardo no crescimento, emagrecimento e conjuntivite. Completam o quadro: aumento da susceptibilidade a infecções e lesões de pele. Na pele ocorre perda de pêlos, avermelhamento (eritema) e inflamação. Formam-se, ainda, crostas e freqüentes inflamações bacterianas secundárias. Essas lesões iniciam-se nos pontos de pressão, como coxim plantar e palmar, ao redor dos olhos e da boca, nos membros, orelhas e região ventral (Revista Alimentação Animal, 2000).

Em gatos filhotes, uma mudança para uma dieta deficiente em zinco resulta em rápida diminuição do consumo de alimentos, do ganho de peso e da concentração plasmática de zinco (Kane et al., 1981).

As lesões de pele observadas por Kane et al. (1981), em gatos acometidos pela deficiência de zinco, se apresentaram como generalizada formação crostosa localizada primariamente adjacente à junção mucocutânea

oral. Histopatologicamente, paraqueratose e um leve infiltrado inflamatório dérmico foram observados na espécie estudada.

O pêlo de um animal apresentando deficiência de zinco é tipicamente opaco e duro, e infecções de pele secundárias com bactéria ou *Malassezia pachydermatitis* são comuns (Case et al., 1998; Colombini, 1999).

Scott et al. (1996) relataram que a deficiência dietética de zinco em gatos filhotes causa afinamento da pelagem, crescimento retardado do pêlo, pele escamosa e ulceração das margens bucais.

A deficiência de zinco em suínos também resulta em marcada depressão do apetite e taxa de crescimento. A deficiência continuada provoca paraqueratose. A deficiência do elemento em frangos caracteriza-se de modo semelhante pelo comprometimento do crescimento, dermatite intensa, especialmente do pé e plumagem escassa. Além disso, os frangos deficientes em zinco exibem respiração anormal e encurtamento e espessamento dos ossos longos. A deficiência de zinco tem sido produzida em bezerros. Os sinais são semelhantes aos de outras espécies: pele grossa e descamada, rachadura da pele ao redor do focinho e uma aparência apática e desatenta (Hays & Swenson, 1996).

As alterações nutricionais envolvendo elementos minerais podem aparecer como deficiência simples ou alterações por excesso de elementos individuais, mas podem ocorrer mais freqüentemente como deficiências ou intoxicações condicionadas pela extensão em que outros nutrientes orgânicos ou inorgânicos estejam presentes na dieta (Hays & Swenson, 1996).

A interação íon metálico (cálcio, cobre, cádmio, ferro) e os agentes quelantes (ácido fítico), são dois fatores que sugerem a disponibilidade biológica do zinco no organismo animal (Baker & Ammerman, 1995).

A exigência dietética de zinco para o animal é maior com dietas que contêm proteína vegetal do que com dietas que contêm proteína animal. Esta

diferença está associada ao conteúdo de ácido fítico da fonte de proteína vegetal, já que a adição de ácido fítico às dietas de caseína, as quais são conhecidas pelas baixas quantidades desse ácido, também aumenta as necessidades de zinco na dieta (Hays & Swenson, 1996).

Assim como o ácido fítico, alguns metais como o cálcio, cádmio, cobre e ferro são apresentados como redutores da absorção de zinco, favorecendo o desenvolvimento de uma deficiência secundária. Por outro lado, histidina, cisteína, treonina e triptofano estimulam a absorção de zinco da dieta, sendo a vitamina A necessária para a absorção de zinco em aves (Berzin & Bauman, 1987).

Os gatos não se apresentam tão sensíveis como os suínos para o efeito da adição de cálcio a dieta (Kane et al., 1981).

Kane et al. (1981), estudando a deficiência e as necessidades aproximadas de zinco em gatos, observaram que esses animais não exibiram lesões de paraqueratose como as que ocorrem em cães consumindo dietas deficientes em zinco e com alta proporção de proteínas vegetais, quando comparada às dietas formuladas para felinos.

## **2.5 Metabolismo**

### **2.5.1 Absorção**

O equilíbrio de zinco é mantido pela taxa de absorção e excreção a partir do intestino, sendo o mecanismo de absorção ainda não totalmente entendido (Mahan & Escott-Stump, 1998).

Segundo Underwood & Suttle (1999), o zinco é absorvido de acordo com a necessidade em ratos e ruminantes. Já segundo Hays & Swenson (1996),

a absorção de zinco é ineficaz. Assim, a dieta deve conter o elemento acima das necessidades metabólicas.

A absorção de zinco ocorre principalmente no intestino delgado, sendo o duodeno o local mais ativo desta absorção (Figura 1). Essa porção intestinal possui o pH semelhante ao encontrado no estômago ajudando a manter a solubilidade do sal (Nemmler, 1977).

A absorção corresponde a 5-40% do consumo (Andrigueto, 1982) e embora se pense que a absorção ocorra predominantemente no intestino delgado, o cólon também tem sido reconhecido como um local de absorção mineral (Underwood & Suttle 1999).

O aumento da absorção durante a depleção e a inibição durante a sobrecarga acontece rapidamente, dentro de uma semana, da mudança na provisão de zinco (Underwood & Suttle 1999).

A absorção de zinco está sobre controle homeostático e é afetada pelo nível de zinco da dieta e pela presença de substâncias interferentes. Dieta rica em proteínas promove a absorção de zinco pela formação de quelatos zinco-aminoácidos. A absorção prejudicada está associada a uma variedade de doenças intestinais ou a insuficiência pancreática (Mahan & Escott-Stump, 1998).

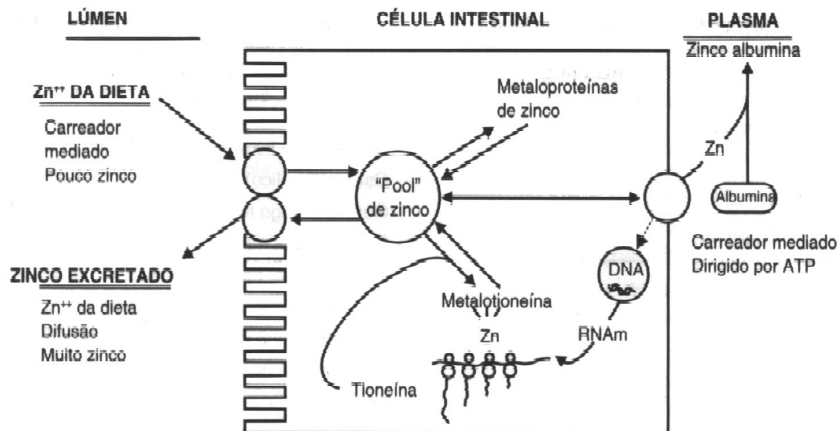


FIGURA 1 - Modelo para a absorção do Zinco (Mahan & Escott-Stump, 1998).

### 2.5.2 Transporte, Armazenamento e Distribuição

O zinco é armazenado na célula epitelial da mucosa intestinal onde se encontra incluído a uma metaloproteína de baixo peso molecular, denominada metalotioneína. A produção de metalotioneína se faz mediante a síntese de tioneína, uma proteína livre de metais (Underwood & Suttle, 1999). Essa proteína é sintetizada em resposta ao aumento da concentração plasmática de zinco no interior dos eritrócitos. A transferência de zinco das células da mucosa intestinal ao plasma está controlada por essa metaloproteína.

A concentração de zinco no sangue se divide entre as células e o plasma em uma relação 9:1. A maior parte do zinco plasmático se liga às globulinas e a maioria do zinco encontrado nas hemácias está presente como componente da anidrase carbônica e superóxido dismutase (Underwood & Suttle, 1999).

A albumina é o maior carreador de zinco do plasma apesar de uma pequena quantidade ser transportada pela transferrina e alfa-2-macroglobulina. A maior parte do zinco no sangue está localizada nos eritrócitos e leucócitos. O

zinco no plasma é metabolicamente ativo e flutua em resposta à ingestão dietética baixa, assim como a fatores fisiológicos, tais como lesão ou inflamação local ou sistêmica. Os níveis de zinco no plasma caem em torno de 50% na fase aguda de resposta à lesão, provavelmente pelo seqüestro de zinco pelo fígado (King & Keen, 1994).

A indução da síntese de metalotioneína hepática por zinco tem um papel chave, removendo o zinco do plasma e dividindo entre os vários compartimentos orgânicos. Assim, glicocorticóides e citocinas (Interleucina 1 e 6) reduzem o zinco do plasma, aumentando o zinco hepático através da síntese de metalotioneína (Underwood & Suttle, 1999).

Um estado de estresse pode determinar o aumento da atividade de glicocorticóides e conseqüentemente desencadear o aumento da síntese hepática de metalotioneína. Como resultado observa-se o armazenamento de zinco no fígado e uma diminuição concomitante de zinco plasmático (Underwood & Suttle, 1999).

Quando a concentração do zinco plasmático excede as necessidades metabólicas imediatas, promovem-se a formação de compartimentos intracelulares e a excreção endógena de zinco. De forma similar, o fígado, ao produzir metaloproteína, colabora com a homeostase (Underwood & Suttle, 1999).

A capacidade de armazenamento de zinco é limitada em curto prazo e, apesar disto, quantias significantes de zinco podem se distribuir em músculos e ossos durante uma deficiência, retardando a apresentação da deficiência clínica (Underwood & Suttle, 1999).

### **2.5.3 Excreção**

O zinco não absorvido e o zinco endógeno são excretados principalmente pelas fezes. A via de excreção do zinco endógeno que assume grande importância é o suco pancreático. As perdas urinárias não são muito significativas (Underwood & Suttle, 1999).

A excreção urinária aumentada foi relatada em pacientes com nefrose, diabetes e cirrose hepática. As concentrações plasmáticas e urinárias de aminoácidos, especificamente a cisteína, a histidina e outros metabólitos podem ter um papel na determinação de perdas de zinco (Mahan & Escott-Stump, 1998). Além disso, a excreção urinária de zinco e de diversos outros metais é aumentada se são dados agentes quelantes, tais como o ácido etilendiaminotetracético (EDTA), em combinação com o mineral (Hays & Swenson, 1996).

### **2.6 Biodisponibilidade**

Para se conhecer com maior precisão a qualidade de uma fonte de determinado elemento é necessário que seja determinada sua biodisponibilidade (BD), definida como a proporção de um nutriente que foi ingerido, absorvido no trato gastrointestinal e retido no organismo animal para realização de funções biológicas (Onofri, 2003).

Está bem documentado que vários fatores influenciam na BD de minerais. Entre estes fatores, são de particular interesse e importância aqueles que têm um papel durante a digestão, onde muitas interações intraluminais acontecem, tais como adsorção de minerais por macronutrientes, ligação de minerais a outros componentes, incluindo, por exemplo, partículas de fibra, reduções e oxidações. De fato, a BD mineral depende, em grande parte, do

composto formado no trato gastrointestinal, que finalmente faz com que um mineral esteja ou não disponível para absorção. Por isto, prever a BD mineral a partir da composição de produtos alimentícios individuais pode ter um valor limitado (Dokkum, 1999).

Tem-se dado ênfase aos vários fatores dietéticos que influenciam a disponibilidade de minerais por absorção. Por outro lado e, além disso, fatores como pH, potencial de oxi-redução, estrutura de alimentos, tempo de digestão e o comportamento dinâmico dos íons de metais na área gastrointestinal, não só são freqüentemente negligenciados como também são difíceis na maneira de se avaliarem. O comportamento dinâmico dos íons de metal pode envolver competição entre componentes quelantes, causando liberação de um metal de um complexo inicial para formar um metal quelante mais forte ou, como resultado disso, uma combinação pode tornar um metal em uma forma mais solúvel, sendo esta mais complexa (Dokkum, 1999).

Além dos fatores mencionados, que são principalmente de caráter físico-químico, a BD de minerais é influenciada também pelos fatores fisiológicos e os relacionados ao hospedeiro, tais como o *status* nutricional e as necessidades do indivíduo. Esses fatores determinarão quanto de um certo mineral ou elemento-traço disponível para absorção, na verdade será levado para ser utilizado pelo organismo. Em métodos para avaliar BD de minerais, os fatores relacionados ao hospedeiro são difíceis de controlar, mas devem ser levados em conta quando dados são avaliados e interpretados (Dokkum, 1999).

A BD pode ser mensurada de duas formas: 1- BD real ou verdadeira, que utiliza marcadores radioativos, separando o elemento ingerido daquele proveniente do organismo e 2- BD relativa, que compara uma fonte teste com outra fonte que possui o elemento em alta BD em uma forma altamente utilizável (Onofri, 2003).

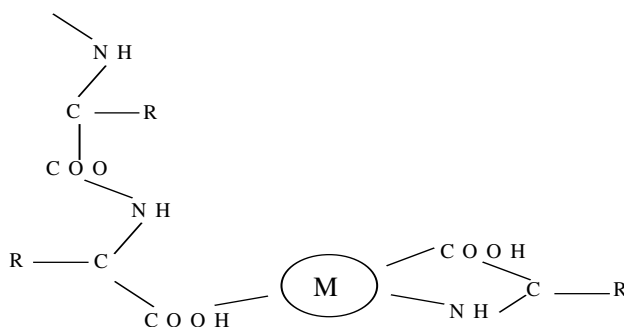


## 2.7 Minerais Quelatados

Um dos fatores que mais influenciam na absorção dos minerais e, portanto, na sua BD, é a forma química. Buscaram-se, recentemente, técnicas para desenvolver microelementos mais estáveis e biodisponíveis, sob a forma de quelatos, justamente para favorecer determinados processos metabólicos e fisiológicos que normalmente não são realizados com capacidade plena quando os microelementos são fornecidos da maneira convencional (Borges, 2003).

Os minerais aminoácidos quelatos tiveram sua estrutura química definida em 1893, pelo alemão Alfred Warner. Em 1920, Morgan & Drew propuseram o termo quelato ("*chela*" = garra/ pinça) para um tipo de composto onde um átomo de metal fosse ligado por mais de um ponto por meio de ligações simples.

Uma definição técnica de quelatos seria um mineral da primeira série de transição da cadeia periódica (Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn) que se liga a aminoácidos via ligação coordenada covalente, formando uma substância estável e eletricamente neutra (Vandergrift, 1993, citado por Borges, 2003) (Figura 2). Nesse estado, quelatado, o metal é quimicamente inerte, não sofrendo influências de outros componentes das dietas, como fibra e gorduras no processo digestivo. As vitaminas, componentes essenciais para os transportadores do cátion, não são necessárias no transporte de quelatos, uma vez que a absorção dos mesmos é feita por um sistema de absorção diferente daqueles dos cátions metabólicos ordinários (Cristy, 1984, citado por Borges, 2003). Os minerais quelatados seriam absorvidos intactos pela mucosa intestinal, através de transporte ativo. Minerais quelatados podem ser classificados também como minerais orgânicos (Manspeaker et al, 1987, citados por Borges, 2003).



**FIGURA 2- Estrutura básica de um mineral quelatado. Adaptado de Shi et al. (1995).**

Beterchini (1989) cita basicamente três tipos de quelatos envolvidos nos sistemas biológicos e importantes no aspecto nutricional. São eles -estruturas estáveis, de difícil dissociação e úteis ao organismo. Neste tipo são incluídas a hemoglobina, a vitamina B12 e as enzimas citocromos -estruturas semi-estáveis e úteis ao transporte e armazenamento de minerais. Existem dois tipos de ligação semi-estável já comprovadamente importante na absorção de certos minerais.

- Ligação aminoácido-mineral. Nesta ligação, não há vínculo entre os compostos e quando dissociados não há perda de valor nutricional de ambos. Exemplos típicos desta associação são verificados com os aminoácidos glicina (Cu), histidina (Fe) e cisteína (Zn);
- Ligação do ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) com Zinco e estruturas estáveis, de difícil dissociação e prejudiciais à utilização de minerais. Vários tipos de quelatos que interferem na utilização de cátions têm sido relatados na literatura; no entanto, maiores estudos foram feitos a respeito dos quelatos relacionados com os ácidos fítico e oxálico. Os ácidos fítico e oxálico ligam-se aos elementos zinco e cálcio, respectivamente, interferindo na absorção desses elementos. Esses ácidos são comumente encontrados nos ingredientes de origem vegetal.

A proposta de quelação de um mineral com um aminoácido ou proteína é aumentar a disponibilidade e influenciar na utilização do mineral no organismo. A quelação aumenta a disponibilidade porque protege o mineral de reações químicas que ocorrem durante a digestão e que resultam em excreção e perda (Jacques & McKenzie, 1991).

As substâncias capazes de exercer ação quelatante são numerosas, sendo representadas por ácidos inorgânicos bifásicos, ácidos orgânicos dicarboxílicos, diaminas, aminoácidos, peptídeos, etc. Do ponto de vista nutricional, apenas quelatos formados com aminoácidos ou dipeptídeos são interessantes. Os quelatos não hidrolisados são capazes de contrabandear um mineral através do intestino, como parte de uma molécula de dipeptídeo (Cristy, 1984, citado por Borges, 2003).

Assim como ocorrem ligações entre outras proteínas e outros nutrientes em algumas dietas submetidas a altas temperaturas, os quelatos podem ser obtidos por exposição de elementos minerais e aminoácidos à temperatura e vapor adequados (Borges, 2003).

Outra forma de quelatação possível seria através de microorganismos, mais comumente fungos e leveduras. Alguns microorganismos podem acumular minerais, tornando-os mais disponíveis. O selênio, encontrado em algumas leveduras, se apresenta sob a forma de selênio – cisteína ou selênio – metionina, com alto grau de BD. Os principais minerais quelatados são: zinco, ferro, cobre, magnésio, manganês, cromo, selênio e cobalto (Lyons 1993, citado por Borges, 2003).

Embora o aumento da disponibilidade contribua para o valor dos minerais organicamente complexados, seu verdadeiro valor na prática é a forma com que esses são utilizados pelo organismo após a absorção. Em certas doenças e circunstâncias estressantes, prover minerais acima do requisito normal se mostrou benéfico. Por exemplo, quando a defesa imunológica do organismo está

ativada, os níveis plasmáticos de minerais, incluindo o zinco, ferro e manganês, declinam agudamente, pois os minerais são redistribuídos para tecidos e células envolvidas na função imune (macrófagos, leucócitos, etc.). Zinco quelatado é mais efetivo em tais situações que zinco inorgânico, porque aumentos substanciais de zinco no plasma são encontrados (Jacques & McKenzie, 1991).

O uso de minerais ligados a aminoácidos decorre do fato de existir uma necessidade específica de certos tecidos e sistemas enzimáticos do organismo por determinados tipos de aminoácidos. Quando eles são transportados pelo organismo para o seu tecido específico, carregam juntamente o mineral que a ele estiver ligado, garantindo a absorção e deposição do mineral no tecido que dele necessita (Tabela 1) (Premier Pet, 1999).

**TABELA 1- Principais tecidos do organismo atendidos por minerais quelatados**

<b>MINERAL</b>	<b>AMINOÁCIDO</b>	<b>TECIDO ATENDIDO</b>
Zinco	Metionina	Pêlos
Cobalto	Triptofano	Coração / Rins
Cobalto	Metionina	Baço/Coração/ Pulmão
Cobre	Triptofano	Músculos
Cobre	Lisina	Ossos
Cobre	Histidina	Fígado
Manganês	Não específico	Fígado/Músculo/Útero
Ferro / Cobre / Zinco / Manganês	Não específico	Metabolismo de oxigenação celular

Universidade da Flórida, 1992, citado por Premier Pet, 1999.

Power et al. (1994), avaliando a deposição de zinco quelatado e zinco inorgânico nos tecidos de ratos, observaram uma maior deposição do zinco quelatado no pêlo, isto é, tecido queratinoso, no músculo e no rim. Tais resultados apresentam também implicações para grandes animais, por exemplo na qualidade do casco.

Wapnir & Stiel (1986), estudando a especificidade de aminoácidos como ligantes na absorção intestinal de zinco em ratos, observaram que a maior absorção foi alcançada com aminoácidos comparado a seus homólogos químicos no intestino delgado e que a característica estrutural desses compostos são indispensáveis para sua função fisiológica. Os autores observaram também que o mineral quelatado é absorvido pelo organismo e nele se mantém intacto, ou seja, sua ligação com o aminoácido permanece inalterada. Essa absorção é feita por um mecanismo de transporte passivo.

Vandergrift (1992) relata que a fonte mineral deve ter um efeito substancial na utilização do mesmo e no desempenho animal independente da disponibilidade mensurada e que o aumento da disponibilidade não seria a maior justificativa para incluir minerais proteinados nas dietas e alimentos de animais domésticos. O autor afirma que devido ao fato de tecidos específicos e sistemas enzimáticos apresentarem um requisito desproporcional por certos aminoácidos que carregam minerais específicos, aumentam-se as chances do mineral ser transportado para tecidos ou sistemas enzimáticos corpóreos específicos. A essa característica é que se refere à habilidade dos proteinados de atender tecidos alvos.

A possibilidade de o agente quelatante influenciar na direção do mineral deve ser a razão pela qual minerais proteinados, contendo amplo espectro de aminoácidos, são mais efetivos em algumas situações quando comparados a um simples aminoácido quelatado (Jacques & McKenzie, 1991)

## **2.8 Orgânico x Inorgânico - Mecanismos de Absorção e Utilização**

Para que ocorra o transporte iônico por meio das células mucosas intestinais, é essencial que o mineral se ionize no pH ácido do estômago antes de chegar no duodeno. Posteriormente, haverá uma quelação pelas proteínas

integrais transportadoras de íons, localizadas na membrana celular mucosa que, por meio de um processo de transporte ativo, transfere o cátion extracelular para o citoplasma (Ashmead, 1985).

Devido à natureza reativa dos cátions, há dois fatores básicos que podem afetar negativamente a absorção. O primeiro desses fatores compreende as reações químicas que podem resultar na formação de precipitados insolúveis, como fitatos, fosfatos, oxalatos, etc. Quando tal reação ocorre, os minerais afetados não mais estarão disponíveis como nutrientes. Eles serão simplesmente eliminados pelo organismo (Ashmead, 1985).

O segundo fator resultante da ingestão de um sal solúvel refere-se à competição entre diferentes cátions por carreadores de transporte ativo, o qual transfere os metais do lúmen para o interior das células mucosas. Essas moléculas transportadoras estão localizadas na membrana mucosa. Muitos minerais dividem as mesmas moléculas carreadoras e o excesso de um dos cátions no lúmen reduzirá a ligação e subsequentemente a transferência mucosa do outro cátion (Dyer, 1969).

Pode-se dizer que os minerais inorgânicos também passam pelo processo de quelação, porém, internamente, mas sujeitos às variáveis já citadas (Oliveira, 2004).

A captação dos minerais aminoácidos quelatos pelas células mucosas é mais rápida que quantidades similares de íons metálicos, devido ao estado previamente quelato dos metais, que leva à sua absorção como moléculas semelhantes a dipeptídeos. Quando isso acontece, o cátion é "contrabandeado" para o interior da célula e, quando liberado, se comporta da mesma maneira que qualquer outro mineral absorvido. Eles são transportados, utilizados e excretados de acordo com as necessidades individuais (Guerra, 2004).

Minerais suplementados na forma de proteinado promovem maior absorção via rotas peptídicas evitando a interrupção do transporte devido à presença de outros minerais (Lyons, 1994).

Os minerais orgânicos, no entanto, oferecidos já quelatados ou ligados às moléculas específicas, têm sua absorção garantida através de um mecanismo de transporte passivo em nível de jejuno. Não sofre competição por já possuir seu(s) próprio(s) aminoácido(s) ao entrar no trato digestivo devido à sua forma de ligação. O mineral metálico é quimicamente inerte, por isso não interage com os íons metálicos livres, sendo absorvido e passando diretamente para o plasma através das células da mucosa intestinal, e sua ligação permanece inalterada. A separação do aminoácido quelante acontece onde o mineral metálico é usado (Oliveira, 2004).

A neutralidade elétrica, característica de um mineral quelatado, é muito importante para a absorção do mineral. A mucosa duodenal é carregada negativamente e um complexo carregado positivamente, como por exemplo o mineral quelatado ao EDTA se fixaria na mucosa no momento da passagem. Uma molécula carregada negativamente seria repelida (Jacques & McKenzie, 1991).

Minerais na forma orgânica apresentam melhor absorção em relação aos minerais simples e possuem a vantagem de depositarem os minerais nos tecidos onde serão mais bem utilizados. Alguns dos benefícios práticos dos minerais quelatados em cães e gatos são a melhor qualidade de pelagem e o ganho no desempenho e na reprodução (Premier Pet, 1999).

O suplemento de zinco mais comum é o sulfato de zinco, um forte irritante gástrico, utilizado inclusive para provocar o vômito. Os efeitos colaterais mais importantes apresentados após sua administração são os digestivos, como dores abdominais por gastrite aguda, diarreia, náuseas e vômitos. Suplementos de zinco como o gluconato e o picolinato, apresentam

melhor tolerância gástrica; entretanto, quase não são absorvidos e retidos pelo organismo. A forma de zinco menos absorvida é a de óxido. O zinco aminoácido quelato é um composto altamente absorvido e isento de efeitos colaterais (Ashmead, 1985).

Suplementos com zinco aminoácido quelatado apresentaram maiores valores de absorção e retenção do mineral que o suplemento utilizando óxido de zinco, *in vivo* (Wedekind et al., 1990) e *in vitro* (Ashmead et al., 1985).

Usando-se parâmetros como velocidade de crescimento dos pêlos, presença de zinco no sangue e pelagem, diversos pesquisadores chegaram à conclusão da maior absorção dos minerais quelatados em comparação aos simples (Lowe et al., 1994 a; Kuhlman et al., 1997; Lowe & Wiseman, 1995).

O zinco associado a metionina foi encontrado na pelagem em uma concentração duas vezes maior em relação ao zinco simples (Lowe et al., 1994 b). O mesmo autor, no ano de 1997, detectou uma concentração 3,5 vezes maior do zinco quelatado na pelagem em experimento com cães.

Valberg et al. (1985) identificaram a extensão da absorção e retenção de zinco em cães pelo aumento dos valores plasmáticos após alimentação contendo zinco na forma de aminoácido quelatado ou óxido de zinco. Os valores determinados no ensaio confirmaram o indicativo de que zinco suplementado na dieta sob a forma de aminoácido quelatado foi duas vezes mais utilizável quando comparado à suplementação via dieta de óxido de zinco. A comparação dos valores de pico de zinco no plasma de cada tratamento e seu tempo de ocorrência indicaram que a fonte de zinco afeta no controle de seu transporte do lúmen intestinal para a circulação ou na subsequente incorporação celular.

Em estudo conduzido por Lowe & Wiseman (1995), foi observado que a velocidade de crescimento do pêlo em cães e a quantidade de zinco depositado nestes foram maiores nos animais recebendo dietas contendo zinco aminoácido



quelatado que em cães que se alimentavam de dietas contendo óxido de zinco ou complexo zinco-polissacarídeo.

Lowe et al. (1995), avaliando a relação dose-resposta de alimentos contendo zinco para cães e ratos, observaram que o zinco quelatado foi 1,36 vez mais disponível que óxido de zinco baseado no conteúdo de zinco no pêlo. Os autores concluíram que a substituição total da fonte inorgânica do mineral por mineral quelatado apresentou pequena vantagem prática e que a proporção ótima de zinco quelatado suplementado estaria entre 0,4 a 0,6 da quantidade total, dependendo do critério usado para avaliação.

Foi constatado que a adição de 40 ppm de manganês ou zinco não afetou no desempenho de patos. Em contraste, adicionando-se manganês ou zinco orgânico quelatado, aumentou-se a eficiência, reduziu a mortalidade e a incidência de anormalidades estruturais nos animais. Similarmente, ambas, imunidade humoral e celular foram beneficiadas somente quando se adicionou mineral na forma quelatada (Lyons, 1994).

Du et al. (1993) observaram os efeitos do cobre no crescimento de ratos, e constataram um aumento significativo da quantidade de cobre proteinado no fígado, baço e coração comparado ao sulfato de cobre. Cobre proteinado e cobre-lisina aumentaram o consumo de alimento comparado ao sulfato de cobre. O nível hepático de zinco, quando foi administrada uma dieta utilizando-se cobre proteinado, foi maior que sulfato de cobre, sugerindo-se um mecanismo diferente de absorção para cobre proteinado que não interfere na absorção de zinco.

Resultados semelhantes foram obtidos por Du et al. (1994) quando compararam disponibilidades de diferentes fontes de cobre e sua interação com o ferro. Os autores sugerem diferentes mecanismos de absorção para o cobre orgânico que não interferem com o ferro.

Além do cobre se mostrar como redutor das interferências do zinco e do ferro, o cobre proteinado não interfere na utilização dos mesmos. A presença de minerais competitivos é superada pelo uso de fontes orgânicas que auxiliam e reduzem o problema. Hemken et al. (1996) também afirma que os minerais orgânicos possuem a vantagem de prover desempenho reprodutivo e ou resposta imune.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras – UFLA. Para tal, foram utilizados cinco gatos adultos, sem raça definida, com peso médio de 4,00 Kg (0,77), distribuídos em quadrado latino (cinco gatos, cinco períodos e cinco tratamentos experimentais), em um total de 25 unidades experimentais. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas durante todo o período experimental, recebendo água e ração à vontade.

Os tratamentos foram constituídos de uma ração padrão comercial e das fontes de zinco testadas: Sulfato de Zinco\* (5,0 e 12,5 mg de Zinco/dia) e Zinco orgânico quelatado\* (5,0 e 12,5 mg de Zinco/dia). Em cada um dos períodos um gato recebeu somente a ração padrão e o leite isento de mineral suplementar, constituindo-se em um controle. Os demais gatos receberam adicionalmente a ração padrão, as fontes de zinco, vinculadas em 10,0 mL de leite, por via oral, em dose única, diariamente. Na Tabela 2 encontra-se a descrição dos tratamentos.

\* Produtos comerciais fornecidos pela Empresa ALLTECH

**TABELA 2 - Tratamentos experimentais e níveis de zinco da ração padrão e das fontes suplementares**

<b>TRATAMENTO</b>	<b>ALIMENTO</b>
1.	Ração padrão, sem adição de zinco suplementar– (328,22 ppm)
2.	Ração padrão + 5,0 mg de Zn adicional – Sulfato de Zinco (ZnSO <sub>4</sub> ) (33% Zn)
3.	Ração padrão + 5,0 mg de Zn adicional – Zinco quelatado (Zn Q) (17,5 % Zn)
4.	Ração padrão + 12,5 mg de Zn adicional – (ZnSO <sub>4</sub> ) (33% Zn)
5.	Ração padrão + 12,5 mg de Zn adicional – Zn Q (17,5 % Zn)

Na Tabela 3 encontra-se a composição bromatológica da ração padrão.

**TABELA 3 – Composição bromatológica da ração padrão**

<b>Componentes</b>	<b>%</b>
Umidade	5,47
Matéria seca	94,53
Proteína	23,62
Extrato etéreo	8,20
Cinzas	7,92
Fibras	5,40
Extrativo não nitrogenado	49,39
Energia Bruta	365,84 kcal
Cálcio	1,49
Fósforo	1,46
Zinco	328,22

Para a obtenção dos níveis suplementares 5,0 e 12,5 mg de zinco do Sulfato de Zinco, foram pesadas 303,0 e 758,0 mg do sulfato e adicionadas a 200 mL de leite, respectivamente, dos quais 10,0 mL foram administrados diariamente, via oral, aos animais. Da mesma forma, para a obtenção dos níveis suplementares 5,0 e 12,5 mg de zinco da fonte de zinco quelatado, foram pesadas 571,0 e 1429,0 mg da fonte de zinco quelatado e adicionadas a 200 mL de leite, respectivamente. Os demais procedimentos foram semelhantes aos já descritos para a fonte inorgânica (Sulfato de Zinco).

Além do zinco da dieta e das fontes, foi analisado também o teor deste elemento no leite e na água, encontrando-se os resultados 1,5 e 0,2 mg/ L respectivamente. Desse modo, o incremento desse elemento devido aos 10 mL de leite e a pequena ingestão de água adicionais à dieta padrão foram desprezíveis (0,015 mg para o leite).

Antes do início do experimento os gatos foram pesados, vermifugados e receberam por 14 dias somente a ração padrão, para adaptação.

Após a adaptação à ração padrão (14 dias), os gatos passaram a receber as dietas experimentais, ocasião em que novamente passaram por uma etapa de adaptação aos tratamentos (ração padrão mais a fonte adicional de zinco) de cinco dias, imediatamente anterior à colheita de fezes e urina, realizada durante os quatro dias finais de cada período do quadrado latino. Dessa forma, o período total de adaptação e colheita foi de 59 dias (14 dias da adaptação à ração padrão e cinco períodos de nove dias cada, sendo cinco de adaptação aos tratamentos experimentais e quatro de colheita de dados).

A ingestão da ração padrão foi obtida pesando-se, diariamente, nos quatro últimos dias de cada período, a quantidade oferecida e as sobras dos comedouros. Por diferença foi obtida a quantidade consumida.

As fezes e urina foram colhidas diariamente nos últimos quatro dias de cada um dos cinco períodos do quadrado latino. Para a colheita de urina foram

utilizados baldes plásticos, adaptados ao fundo da bandeja coletora da gaiola metabólica. Para evitar a precipitação dos minerais, diariamente foram adicionados aos recipientes coletores 10 mL de HCl 2N. Ao final de cada período toda a urina recolhida de cada gato foi homogeneizada, os volumes anotados e uma alíquota separada e congelada para futura análise do mineral em estudo. Da mesma forma, as fezes foram homogeneizadas, pesadas e armazenadas à temperatura de -20°C. Ao final do experimento todas as fezes foram descongeladas, homogeneizadas, pesadas novamente, desidratadas em uma estufa de ventilação forçada (65°C) por 72 horas e moídas em moinho de “Thomas-Wiley”, utilizando-se peneira de 1mm.

As amostras de sangue, para obtenção da curva de concentração de zinco plasmático, foram obtidas no último dia de cada fase experimental, meia hora antes do fornecimento da dieta padrão, uma hora após e, subsequentemente, de 1,30 em 1,30 hora até dez horas após o oferecimento das dietas, perfazendo um total de oito colheitas. Para facilitar o manejo nas colheitas sanguíneas os gatos receberam, via oral, 0,2 mg/kg de acepromazina 1,0% (tranqüilizante), a partir da segunda colheita (1 hora após a refeição). Esse procedimento foi adotado para não interferir na alimentação dos animais e diminuir o grau de estresse provocado pela extensa manipulação. As amostras de sangue foram acondicionadas em tubos Vacutainer® com heparina sódica, sendo posteriormente centrifugadas, separados os plasmas e congelados para análises.

### **3.1 Análises químicas**

O zinco foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica com chama de ar-acetileno, no plasma, urina, fezes, ração padrão, leite e água.

As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição do Instituto Mineiro de Agropecuária, sendo a matéria seca (MS) da dieta padrão e das fezes,

determinada em estufa a 55°C e 105°C, segundo o Official Methods of Analysis of AOAC International (Cunniff, 1995). O zinco foi determinado em espectrofotômetro de absorção atômica, com chama redutora de ar-acetileno, observando-se os procedimentos recomendados em Cantle (1982).

### **3.2 Parâmetros avaliados**

- Coeficientes de retenção do zinco das dietas experimentais e das fontes em estudo, baseados na excreção fecal e urinária do elemento
- Curva plasmática, picos plasmáticos e horário de aparecimento do pico plasmático de zinco.

### **3.3 Análises estatísticas**

O delineamento experimental para a avaliação de zinco plasmático foi em Quadrado Latino. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o pacote computacional, Sistema para Análises Estatísticas, SISVAR (Ferreira, 2000). Realizou-se uma análise de variância global com todos os tratamentos com o objetivo de obter o quadrado médio do resíduo para testar o fatorial e para realizar o teste de Dunnett a 5% comparando-se o tratamento controle em cada um dos demais tratamentos.

Para análise da retenção do zinco proveniente da fonte utilizou-se o seguinte modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + F_i + N_j + (FN)_{ij} + P_k + G_l + e_{ijkl}$$

$Y_{ijkl}$  = observação referente à fonte  $i$ , nível  $j$  no período  $k$  e gato  $l$

$\mu$  = média geral

$F_i$  = efeito da fonte  $i$

$N_j$  = efeito do nível  $j$

$(FN)_{ij}$  = efeito da interação entre fonte e nível

$P_k$  = efeito do período  $k$

$G_l$  = efeito do gato  $l$

$e_{ijkl}$  = erro experimental associado a  $y_{ijkl}$

Para análise das observações referentes a níveis de zinco no plasma o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com parcela subdividida no tempo (hora). As variáveis medidas foram consideradas como medidas repetidas pelo procedimento MIXED do sistema SAS (SAS® 1995; Littell et al, 1996). A estrutura de covariância utilizada foi aquela com o maior valor para o critério de informação de Akaike, considerando as estruturas CS (simetria completa), UN (não estruturada) e AR (1) (auto regressiva de ordem 1). O seguinte modelo foi utilizado para as variáveis medidas (tempo e fonte).

Modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + F_i + T_j + TF_{ij} + e_{ij}$$

$Y_{ij}$  = observação referente à fonte  $i$  dentro do tempo  $j$

$\mu$  = média geral

$F_i$  = efeito da fonte  $i$

$T_j$  = efeito do tempo  $j$

$TF_{ij}$  = efeito da interação entre fonte e tempo

$e_{ij}$  = erro experimental associado a  $y_{ij}$

### 3.4 Metodologia de cálculos

- *Consumo de zinco (Zn) da ração controle (mg/animal/dia)*

Consumo de ração (kg) x mg de Zn por Kg da ração

- *Consumo total de zinco (mg/animal/dia)*

[Consumo de ração (kg) x mg de Zn da ração (kg) + consumo de Zn das fontes (5,0 ou 12,5 mg)]

- *Zinco retido das dietas experimentais (mg/animal/dia)*

Consumo total de Zn (mg) – [Excreção de Zn nas fezes (mg) + Excreção de Zn na urina (mg)]

- *Zinco retido das dietas experimentais x 100 (% de retenção)*

Consumo total de Zn (mg) – [Excreção de Zn nas fezes (mg) + Excreção de Zn na urina (mg)]

---

Consumo total de Zn (mg/dia)

- *Zinco retido das fontes x 100 (% de retenção)*

Zn retido da dieta total (mg) - Zn retido somente da dieta controle (mg)\*

---

Zn adicional (5,0 ou 12,5 mg)

\* Para o cálculo de zinco retido somente da dieta controle foi utilizado o seguinte procedimento: % de retenção de zinco quando o animal ingeriu somente a dieta controle aplicada sobre a ingestão de zinco somente da ração



padrão nos demais períodos (desconsiderando a ingestão adicional de zinco das fontes).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores relativos à ingestão de ração (g), excreção fecal (g) e coeficiente de digestibilidade aparente da ração utilizada no experimento encontram-se descritos na Tabela 4.

**TABELA 4 – Ingestão de ração (g), excreção fecal de zinco (g) e coeficiente de digestibilidade aparente da ração<sup>2</sup>.**

	T1	T2	T3	T4	T5	CV
	Controle	ZnSO <sub>4</sub> (5 mg)	Zn Q (5 mg)	ZnSO <sub>4</sub> (12,5 mg)	Zn Q (12,5mg)	
<b>Consumo de ração</b>	123,60	114,80	92,33	112,87	108,60	27,54
<b>Fezes</b>	36,57	34,83	28,46	33,13	33,35	-
<b>Digestibilidade (%)</b>	70,41	69,66	69,17	70,65	69,29	2,40

1- Valores em uma mesma linha, seguidos de letras distintas, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott (P< 0,05).

2- Valores expressos em base de matéria seca (MS)

O consumo e a digestibilidade da ração foram estatisticamente semelhantes (P>0,05) para todos os tratamentos, embora o coeficiente de variação para consumo tenha sido alto.

Na Tabela 5 encontram-se os dados relativos ao balanço de zinco dos tratamentos experimentais.

**TABELA 5 - Balanço de Zinco (mg/dia)**

Balanço diário de zinco (mg)	T1	T2	T3	T4	T5
	Controle	ZnSO <sub>4</sub> (5 mg)	Zn Q (5 mg)	ZnSO <sub>4</sub> (12,5 mg)	Zn Q (12,5 mg)
Consumo zinco ração (mg)	40,57	37,68	30,31	37,05	35,64
Consumo zinco fonte (mg)	-	5,00	5,00	12,50	12,50
Consumo zinco dietas teste (mg)	40,57	42,68	35,31	49,55	48,14
Zinco excretado nas fezes (mg)	23,52	25,53	19,36	31,922	25,744
Zinco excretado na urina (mg)	0,37	0,47	0,49	0,55	0,46
Zinco retido no organismo (mg)	16,68	16,68	15,46	17,07	21,94

O consumo de zinco das dietas teste se refere ao consumo de zinco da ração padrão acrescido do zinco proveniente da fonte avaliada (5,0 ou 12,5 mg de zinco).

O zinco excretado corresponde ao zinco não absorvido e ao zinco endógeno cuja excreção se fez preferencialmente pelas fezes. A tendência dos resultados está de acordo com o que é descrito na literatura. Underwood & Suttle (1999) afirmam que a via de excreção do zinco endógeno que assume grande importância é o suco pancreático. Os autores também observaram que as perdas urinárias não são muito significativas como as observadas nesses dados.

Em valores absolutos, o tratamento T5 (12,5 mg de zinco quelatado) foi o que apresentou maior retenção do elemento.

Resultados mais precisos podem ser obtidos quando se estabelece uma relação percentual (% do zinco retido), conforme o obtido na tabela 6.

**TABELA 6- Porcentagem de Zinco retido das dietas por fonte e nível de suplementação**

FONTE	NÍVEIS		MÉDIA
	5,0 mg	12,5 mg	
Zn Q	*44,21 a A	*45,50 a A	44,85
ZnSO <sub>4</sub>	*38,67 b A	*34,16 b B	36,41
MÉDIA	41,44	39,83	
Controle	40,69		

Valores seguidos por letras minúsculas distintas em uma mesma coluna e valores seguidos por letras maiúsculas distintas em uma mesma linha, diferem estatisticamente pelo teste F ( $P \leq 0,01$ ).

\* Diferem do controle pelo teste Dunnet ( $P \leq 0,05$ ).

Os coeficientes de retenção do zinco, expressos em porcentagem na Tabela 6, referem-se aos valores totais de zinco, isto é, a somatória do zinco ingerido da ração padrão adicionado ao zinco recebido das fontes avaliadas.

A interação fontes x níveis foi significativa, sendo que o desdobramento da mesma mostrou que o coeficiente de retenção da fonte orgânica (zinco quelatado) foi estatisticamente superior ( $P < 0,01$ ) à fonte inorgânica de suplementação (sulfato de zinco) em ambos os níveis (5,0 e 12,5 mg de zinco). Não houve diferença significativa ( $P > 0,01$ ) entre os níveis dentro da fonte orgânica (zinco quelatado); porém, quando se administrou sulfato de zinco no nível 5,0 mg, observou-se superioridade estatística ( $P < 0,01$ ) em relação à mesma fonte no nível 12,5 mg de zinco.

Independente dos níveis de suplementação (5,0 ou 12,5 mg de zinco), a fonte orgânica (zinco quelatado) foi estatisticamente superior ( $P < 0,05$ ) ao tratamento controle e a fonte inorgânica (sulfato de zinco), inferior.

Esses resultados são condizentes com os trabalhos desenvolvidos *in vivo* por Wedeking et al. (1990) e *in vitro* por Ashmead et al. (1985), os quais

constataram que o suplemento com zinco quelatado apresentou maiores valores de retenção quando comparado ao suplemento utilizando fonte inorgânica.

No entanto, esses valores sofreram uma grande influência do zinco ingerido na ração padrão, visto que a ingestão do elemento oferecido pela ração padrão era de seis a sete vezes maior que o zinco ofertado adicionalmente no menor nível (34,00 mg X 5,00 mg respectivamente, em média) e três vezes maior no nível mais alto de zinco adicional (36,35 mg X 12,5 mg respectivamente, em média). Dessa forma, o coeficiente de retenção do zinco da ração padrão mascarou os reais valores do zinco das fontes.

Para experimentos desta natureza, é importante trabalhar com uma maior quantidade de zinco suplementar em relação ao ingerido pela ração padrão possibilitando uma nítida distinção entre uma fonte e outra.

O ideal, para a avaliação precisa do zinco somente das fontes testadas, seria trabalhar com uma ração base purificada, isenta de zinco, o que, na prática, é extremamente difícil de ser obtido, em face dos ingredientes habitualmente utilizados em dietas de felinos, naturalmente ricos neste elemento.

Em vista disto, utilizou-se de cálculos matemáticos para descontar a contribuição do zinco da ração padrão, conforme os dados descritos na Tabela 7.

**TABELA 7- Porcentagem de Zinco retido das fontes por fonte e nível de suplementação**

FONTE	NÍVEIS		MÉDIA
	5,0 mg	12,5 mg	
Zn Q	61,34	58,58	59,96 a
ZnSO <sub>4</sub>	24,45	14,79	19,62 b
<b>MÉDIA</b>	42,89	36,69	

Médias seguidas por letras distintas em uma mesma coluna, diferem estatisticamente pelo teste F (P≤ 0,01).

Não houve interação significativa entre fontes e níveis. Independente dos níveis suplementares, o zinco proveniente da fonte orgânica apresentou maiores coeficientes de retenção ( $P < 0,01$ ). Embora o valor do coeficiente de retenção tenha sido ligeiramente maior no nível de 5 mg de zinco orgânico (61,34 %), estatisticamente não apresentou diferença ( $P > 0,01$ ) do nível de 12,5 mg de zinco orgânico (58,58 %).

Em síntese, ocorreu uma maior retenção do zinco proveniente da fonte orgânica (zinco quelatado), quando comparada à fonte inorgânica (sulfato de zinco), indicando uma maior eficiência da fonte orgânica. Lowe et al. (1995) alinham-se ao resultado obtido quando, avaliando a relação dose-resposta de alimentos contendo zinco para cães e ratos, observaram que o zinco quelatado foi 1,36 vez mais disponível que a fonte inorgânica utilizada (óxido de zinco) no conteúdo de zinco no pêlo.

Lowe et al. (1994B) detectaram, ainda na pelagem, uma concentração duas vezes maior do zinco associado a metionina quando comparado ao zinco simples.

Lowe & Wiseman (1995) observaram que a velocidade de crescimento do pêlo em cães e a quantidade de zinco depositado neste foi maior nos animais que recebiam dietas contendo zinco aminoácido quelatado que em cães alimentando-se de dietas que continham óxido de zinco.

Jacques & McKenzie (1991) também observaram que a quelação aumenta a disponibilidade porque protege o mineral de reações químicas que ocorrem durante a digestão e que resultam em excreção e perda.

Na Tabela 8 encontram-se os valores referentes à avaliação do zinco no plasma dos animais. Como não foi possível isolar o zinco somente da fonte, estes dados referem-se ao aparecimento de zinco total no plasma, isto é, o zinco da ração padrão somado ao zinco ofertado adicionalmente pelas fontes.

**TABELA 8- Níveis de zinco (mg) no plasma de gatos alimentados com diferentes fontes de zinco**

	T1	T2	T3	T4	T5	CV
	Controle	ZnSO <sub>4</sub> (5 mg)	Zn Q (5 mg)	ZnSO <sub>4</sub> (12,5 mg)	Zn Q (12,5mg)	
<b>-0,30 min antes da alimentação</b>	0,809	0,783	0,802	0,861	0,797	10,71
<b>1,00 hora após a alimentação</b>	0,877	0,846	0,864	0,946	0,902	12,80
<b>2,50 horas após a alimentação</b>	0,851	0,904	0,885	1,070	0,859	17,82
<b>4,00 horas após a alimentação</b>	0,830	0,990	1,095	1,015	0,961	11,59
<b>5,50 horas após a alimentação</b>	0,794 c	1,131 b	1,037 b	1,617 a	1,245 b	18,16
<b>7,00 horas após a alimentação</b>	0,897 b	1,010 b	1,033 b	1,275 a	1,225 a	16,43
<b>8,50 horas após a alimentação</b>	0,792 b	0,949 b	0,847 b	1,004 a	1,126 a	12,95
<b>10,00 horas após a alimentação</b>	0,801	0,893	0,820	0,833	0,959	14,10
<b>Média /hora</b>	0,831 b	0,938 b	0,923 b	1,078 a	1,009 a	8,87
<b>Pico de absorção (mg)</b>	0,960 c	1,188 b	1,158 b	1,72 a	1,334 b	12,83
<b>Horário do aparecimento do pico (média)</b>	7,0	5,2	5,2	5,8	6,4	26,09

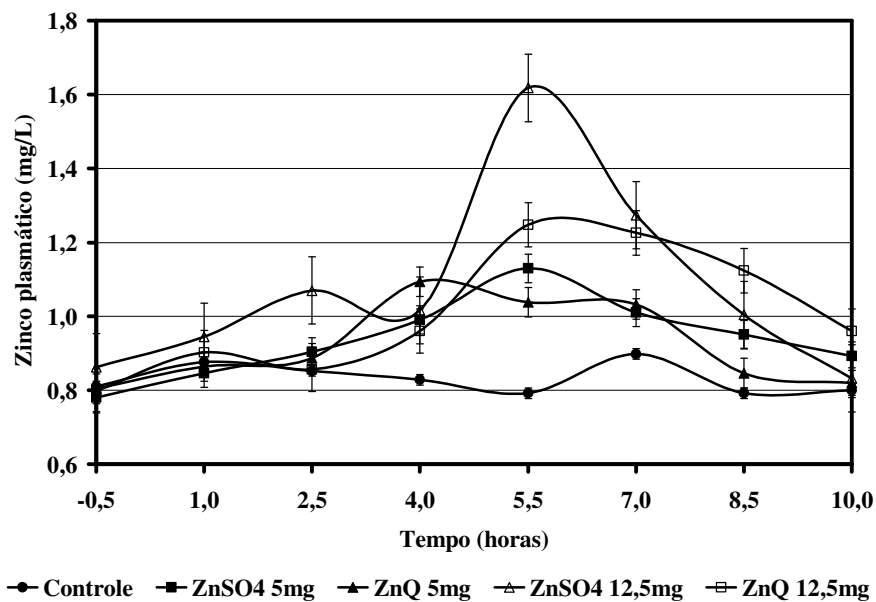
1- Valores em uma mesma linha, seguidos de letras distintas, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott (P< 0,05).

Possivelmente estes dados foram fortemente afetados pelo zinco da ração padrão, devido aos padrões de alimentação dos felinos e à ingestão de ração de forma lenta e irregular. Felinos, diferentes dos canídeos, não ingerem a ração diária de forma rápida e em uma única refeição. Oferecida a alimentação matinal, os animais alimentam-se lentamente e de forma descontínua, chegando

a perfazer 25 pequenas refeições ao longo do dia (Case et al., 1998). A não retirada do alimento após o início da oferta das fontes possivelmente levou a consumos muito distintos, provocando um efeito não controlado no aparecimento do zinco plasmático.

Para corrigir os possíveis efeitos inerentes à alimentação habitual desses animais, recomenda-se que, nos próximos experimentos, os animais sejam submetidos a um jejum alimentar pelo menos 12 horas antes da colheita sanguínea, sendo oferecidas somente as fontes a serem testadas.

A figura 3 ilustra os níveis plasmáticos de zinco encontrados nos diferentes intervalos de tempo estudados.



**FIGURA 3- Níveis plasmáticos de zinco em diferentes intervalos de tempo em gatos alimentados com fontes orgânica e inorgânica do elemento**

Até as quatro horas após a alimentação e a ingestão do zinco das fontes não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos ( $P>0,05$ ) no aparecimento de zinco no plasma sanguíneo. Às 5,50 horas o T4 (12,5 mg de

zinco provenientes da fonte inorgânica- sulfato de zinco) apresentou o maior valor e o T1 (ração padrão sem adição de zinco suplementar) o menor ( $P>0,05$ ), enquanto os demais tratamentos T2, T3 e T5 foram significativamente semelhantes.

Já as 7,00 e 8,50 horas os tratamentos 4 (12,5 mg de zinco provenientes da fonte inorgânica- sulfato de zinco) e 5 (12,5 mg de zinco provenientes da fonte orgânica- zinco quelatado) apresentaram valores estatisticamente semelhantes entre si, mais elevados e estatisticamente distintos dos demais tratamentos 1, 2 e 3. Às 10 horas todos os valores foram estatisticamente semelhantes ( $P>0,05$ ).

O aparecimento do pico plasmático de zinco apresentou-se entre 5,0 e 7,0 horas após o oferecimento da ração e das fontes testadas, sem diferenças significativas ( $P>0,05$ ).

É possível conjecturar que, diante do intervalo de colheita sanguínea estabelecido e do reconhecimento da ligeira acidez da porção proximal do intestino que mantêm solúveis os sais, este pico de absorção tenha ocorrido no duodeno de conformidade com as citações de Andrigueto (1982), as quais relatam a absorção do zinco ocorrendo principalmente no intestino delgado, sendo o duodeno o local mais ativo dessa absorção.

Ainda presume-se que se fosse estendido o tempo de colheita, poderíamos ter observado novos picos como Underwood & Suttle (1999) afirmam: embora se pense que a absorção ocorra predominantemente no intestino delgado, o cólon também tem sido reconhecido como um local de absorção mineral.

A média de absorção de zinco por hora foi maior ( $P<0,05$ ) nos tratamentos com maior nível de suplementação T4 (12,5 mg de zinco provenientes da fonte inorgânica) e T5 (12,5 mg de zinco provenientes da fonte orgânica), diferindo de todos os outros tratamentos (T1, T2 e T3) as quais, por



sua vez, foram estatisticamente semelhantes ( $P>0,05$ ).

Já o maior pico de absorção apresentou-se no T4 (12,5 mg de zinco provenientes da fonte inorgânica) (1,72 mg) às 5,8 horas após o fornecimento da fonte. Os demais tratamentos (T2, T3 e T5) apresentaram valores intermediários (1,188, 1,158 e 1,334 mg respectivamente) e não diferiram ( $P>0,05$ ) entre si. O tratamento controle (T1) apresentou o menor valor de pico de zinco (0,960mg).

Esses resultados, possivelmente influenciados pelas variáveis não controladas, já citadas, contradizem muitas das afirmações encontradas na literatura. Premier Pet (1999) assegura que os minerais presentes na forma orgânica apresentam melhor absorção em relação aos minerais simples;

Lowe et al. (1994A); Kuhlman et al. (1997) e Lowe & Wiseman (1995) usando como parâmetro a presença de zinco no sangue entre outros, chegaram a conclusão da maior absorção dos minerais quelatados em comparação ao simples.

Lyons (1994) assegura que minerais suplementados na forma de proteinado promovem maior absorção, via rotas peptídicas, evitando a interrupção do transporte devido à presença de outros minerais.

Valberg et al. (1985) identificaram a extensão da absorção e retenção de zinco em cães pelo aumento dos valores plasmáticos após a alimentação contendo zinco na forma quelatada ou inorgânica. Os valores determinados no ensaio indicaram que zinco suplementado na dieta sob a forma quelatada foi duas vezes mais utilizável quando comparado à suplementação via dieta contendo o elemento inorgânico. Os autores ainda afirmam que a comparação dos valores de pico de zinco no plasma de cada tratamento e seu tempo de ocorrência indicam que a fonte de zinco afeta no controle de seu transporte do lúmen intestinal para a circulação ou, na subsequente incorporação celular.

## 5 CONCLUSÕES

Nas condições em que se efetuou este experimento, pôde-se concluir que houve diferença na retenção das duas fontes de zinco testadas (sulfato de zinco e zinco quelatado). O zinco quelatado foi mais retido no organismo animal, estando mais disponível para realização das funções bioquímicas. O mineral quelatado testado apresentou valor de retenção semelhante nos níveis suplementares 5,0 e 12,5 mg de zinco/ dia.

Diferenças no metabolismo pós-absortivo mostraram-se como sendo o diferencial metabólico entre minerais orgânicos e inorgânicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIGUETO, J. M. **Nutrição animal**. São Paulo: Nobel, 1982. 395 p.
- ASHMEAD, H. D.; GRAFF, D. J.; ASHMEAD, H. H. **Intestinal absorption of metal ions and chelates**. Springfield: C. C. Thomas, 1985.
- BAKER, D. H.; AMMERMAN, C. B. **Bioavailability of nutrients for animals**. New York: Academic Press, 1995. p. 372.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Brasília, 1989. 193 p.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 1998. 272 p.
- BERZIN, N. I.; BAUMAN, V. K. Vitamin A dependent zinc-binding protein and intestinal absorption of Zn in chicks. **British Journal of Nutrition**, Wallington, v. 57, n. 2, p. 255-269, Mar. 1987.
- BORGES, F. M. O et al. Recentes avanços na nutrição de cães e gatos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 3., 2003, São Paulo. **Anais...** Campinas, 2003. p. 21-60.
- CANTLE, J. E. **Techniques and instrumentation in analytical chemistry**. Amsterdam: Elsevier, v. 5, 1982. p. 40-178,
- CASE, L. P.; CAREY, D. P.; HIRAKAWA, D. A. **Nutrição canina e felina**. 2. ed. Lisboa: Harcourt Brace, 1998. p. 347-362.
- COLOMBINI, S. Canine zinc-responsive dermatosis. **Veterinary Clinics of North America Small Animal Practice**, Philadelphia, v. 29, n. 6, p. 1373-1383, Nov. 1999.
- CUNNIFF, P. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995. v. 1.

DOKKUM, W. V. Biodisponibilidade de minerais – significado para a saúde nutricional. In: ANGELIS, R. C. de. **Fome oculta: impacto para a população do Brasil**. São Paulo: Atheneu, 1999. p. 32-39.

DU, Z.; HEMKEN, R. W.; CLARK, T. M. Effects of copper chelates on growth and copper status of rat. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, p. 306, p. 1993. Supplement, 1.

DU, Z.; HEMKEN, R. W.; TRAMMELL, S. Comparison of bioavailabilities of copper in copper proteinate, copper lysine and cupric sulfate and their interaction with iron. In: ANNUAL SYMPOSIUM OF BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 10., 1994, Nottingham. **Proceedings...** Nottingham: Nottingham University Press, 1994.

DYER, I. A. Mineral Requirements. In: HAFTEZ, E. S.; DYER, I. A.. **Animal growth and nutrition**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1969. p. 312-319.

EDNEY, A. T. B. **Nutrição do cão e do gato- um manual para estudantes, veterinários, criadores e proprietários**. São Paulo: Ed. Manole, 1987. 135 p.

FASCETTI, A. J.; MORRIS, J. G. Zinc and copper nutrition in the cat. nutritional biotechnology in the feed and food industries. In: ANNUAL SYMPOSIUM, 18., 2002, Nottingham. **Proceedings of Alltech's ...** Nottingham: Copyright Alltech, 2002. p. 475-479.

FERREIRA, Daniel Furtado. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows® versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45.; 2000, São Carlos, SP. **Programas e Resumos...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.

GUERRA, J. E. F. Minerais aminoácidos quelatados: o que são e quais as vantagens na sua utilização. In: CELANEM/BRASIL. Disponível em: <<http://www.Albion.com.br>>. Acesso em: 01 jul. 2004.

HAYS, V. W.; SWENSON, M. J. Ossos e Minerais In: REECE, W. O.; SWENSON, M. J. **Dukes fisiologia dos animais domésticos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p. 471-484.

HEMKEN, R. W.; DU, Z.; SHI, W. **Use of proteinates to reduce competition from other trace minerals**. Lexington, 1996.

JACQUES, K.; MCKENZIE, C. Chelate pronounced "Key-Late" organic trace minerals on the farm. **Feeds & Feeding**, 1991.

KANE, E.; MORRIS, G.; ROGERS, Q. R.; IHRKE, P. J.; CUPPS, P. T. Zinc deficiency in the cat. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 111, n. 3, p. 488-495, Mar. 1981.

KING, J. C.; KEEN, C. L. Zinc. In: SHILS, M. E.; OLSON, J. A.; SHIKE, M. (Ed.): **Modern nutrition in health and disease**. 8. ed. Philadelphia: Lea and Febiger, 1994. v. 1.

KUHLMAN, G.; V. BIOURGE. Nutrition of the large and giant breed dog with emphasis on skeletal development. **Veterinary Clinical Nutrition**, Santa Barbara, v. 4, n. 1, p. 89-95, 1997.

LITTLE, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W. et al. **SAS Sistens for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633 p.

LOWE, J. A.; GILBERTSON; PAGE. Dose-response relationships to the feeding of a zinc chelate to dogs and rats. In: ANNUAL SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 11., 1995, Nottingham. **Proceedings...** Nottingham University Press, 1995.

LOWE, J. A.; WISEMAN, J. The application of an oral zinc tolerance test to compare the absorption from two inorganic and one chelated source in the dog. **Animal Science**, Edinburgh, 1995, 60 abstract.

LOWE, J. A.; WISEMAN, J.; COLE, D. J. A. Absorption and retention of zinc when administered as amino-acid chelate in the dog. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 124, p. 2572-2574, 1994a. Supplement.

LOWE, J. A.; WISEMAN, J.; COLE, D. J. A. Zinc source influences zinc retention in hair and hair growth in the dog. **The Journal of Nutrition**, Bethesda v. 124, p. 2575-2576, 1994b.

LYONS, T. P. Improving bioavailability of trace minerals. **World Poultry**, Wellington, v. 10, n. 1, p. 20-21, Mar. 1994.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause alimentos, nutrição e dietoterapia**. 9. ed. São Paulo: Roca, 1998. 1179 p.

MEMMLER, R.; WOOD, D. **Structure and function of the human body**. Philadelphia: J. B. Lippincott, 1977. p. 142.

NUTRIENT REQUERIMENTS OF CATS. National Academy Press. Washington, DC. , 1986.

OLIVEIRA, A. S. Minerais quelatados. In: **Artigos técnicos**. Disponível em: <http://vaccinar.com.br>>. Acesso em: 11 mar. 2004.

ONOFRI, L. **Biodisponibilidade de óxido de magnésio para ovinos**. 2003. 34 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

POWER, R.; CASHMAN, K.; FLYNN, A. **Tissue deposition of zinc from a zinc chelate and from inorganic zinc in rats**. Ireland, 1994.

PREMIER PET. As vantagens dos minerais quelatados para cães e gatos. **Informativo Técnico**, n. 3, Nov.1999. Disponível em: <<http://www.premierpet.com.br/Vet03.asp>>. Acesso em: 2004.

REVISTA ALIMENTAÇÃO ANIMAL – Número 19 - Jul/Set/2000 Sindicato Nacional da Indústria Alimentação Animal – SINDIRAÇÕES

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide: statistics**. Cary: Sas Institute, 1995. p. 956.

SCOTT, D.; MILLER, W. H.; GRIFFIN, C. E. **Dermatologia de pequenos animais**. Interlivros. 5. ed. 1996. 1130 p.

SHI, W.; DU; HEMKEN, R. W. Influence of Iron Oxide, Iron Sulfate and Iron Proteinate on Copper Bioavailabilities from Copper Sulfate and Copper Proteinate. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 78, 187, 1995. Suplemento.

UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N. F. **The mineral nutrition of livestock**. 3. ed. Oxon: CABI, 1999. v. 1, 956 p.

VALBERG, L. S.; FLANAGAN, P. R.; BRENNAN, J.; CHAMBERLAIN, M. J. Does the oral zinc tolerance test measure zinc absorption.: **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 41, n. 1, p. 37-42, 1985.

VANDERGRIFT, B. **Mineral proteinates. Feed Compounder**, 1992.  
p. 42-44.

WAPNIR, R. A.; STIEL, L. Zinc intestinal absorption in rats: specificity of amino acids as ligands. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 116, n. 11, p. 2171-2179, Nov. 1986.

WATSON, T. D. G. Diet and skin disease in dogs and cats. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 128, n. 12, p. 2783- 2789, Dec. 1998.

WEDEKING, K. J.; HORTIN, A. E.; BAKER, D. H. Bioavailability of Zinc Methionine Chelate. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 394, 1999. Supplement.

## ANEXOS

### ANEXO A

TABELA 1A	Análise de variância global para zinco retido das dietas experimentais.....	45
TABELA 2A	Análise de variância do fatorial para zinco retido das dietas experimentais.....	45
TABELA 3A	Análise do desdobramento da fonte dentro de cada nível para zinco retido das dietas experimentais.....	45
TABELA 4A	Análise do desdobramento do nível dentro de cada fonte para zinco retido das dietas experimentais.....	45
TABELA 5A	Análise de variância para zinco retido das fontes experimentais.....	46
TABELA 7A	Análise de variância para zinco absorvido no plasma sanguíneo.....	46



**TABELA 1 A.** Análise de variância global para zinco retido das dietas experimentais

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Período	4	17,36	4,34	1,12	
Gato	4	39,76	9,94	2,56	
Tratamento	4	420,56	105,14	27,145	**
Resíduo	12	46,48	3,87		

\*\* = ( $p \leq 0,01$ )

**TABELA 2 A.** Análise de variância do fatorial para zinco retido das dietas experimentais

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Fonte	1	361,25	361,25	93,34	**
Nível	1	11,25	11,25	2,90	
Fonte*Nível	1	48,05	48,05	12,41	**
Resíduo	12	46,48	3,87		

\*\* = ( $p \leq 0,01$ )

**TABELA 3 A.** Análise do desdobramento da fonte dentro de cada nível para zinco retido das dietas experimentais

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Fonte/Nível 1	1	72,90	72,90	18,83	**
Fonte/Nível 2	1	336,40	336,40	86,92	**
Resíduo	12	46,48	3,87		

\*\* = ( $p \leq 0,01$ )

**TABELA 4 A.** Análise do desdobramento do nível dentro de cada fonte para zinco retido das dietas experimentais

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Nível/Fonte 1	1	52,90	52,90	13,66	**
Nível/Fonte 2	1	6,40	6,40	1,65	
Resíduo	12	46,48	3,87		

\*\* = ( $p \leq 0,01$ )

**TABELA 5 A.** Análise de variância para zinco retido das fontes experimentais

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Período	4	676,00	169,00	1,530	
Gato	4	390,50	97,62	0,884	
Fonte	1	8120,45	8120,45	73,497	**
Nível	1	198,45	198,45	1,796	
Fonte*Nível	1	54,45	54,45	0,493	
Resíduo	8	883,90	110,48		
Total	19				

\*\* = ( $p \leq 0,01$ )

**TABELA 6 A.** Análise de variância para zinco absorvido no plasma sanguíneo  
Estrutura de covariância utilizada para o critério de informação de Akaike : UN

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>
Tratamento	4	3,28	
Tempo	7	14,42	**
Tratamento*Tempo	28	2,60	**