

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**Determinação do teor de zinco no casco e soro
sangüíneo, da produção de leite e contagem de
células somáticas em bovinos leiteiros
suplementados com *Saccharomyces cerevisiae***

LUIZ FERNANDO COELHO DA CUNHA FILHO

**Botucatu - SP
Julho - 2006**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**Determinação do teor de zinco no casco e soro
sangüíneo, da produção de leite e contagem de
células somáticas em bovinos leiteiros
suplementados com *Saccharomyces cerevisiae***

LUIZ FERNANDO COELHO DA CUNHA FILHO

**Tese apresentada junto ao Programa
de Pós-Graduação em Medicina
Veterinária para obtenção do título
de Doutor.**

Orientador: Prof. Ass. Dr. Simone Biagio Chiacchio

**Botucatu - SP
Julho - 2006**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: *Selma Maria de Jesus*

Cunha Filho, Luiz Fernando Coelho da.

Determinação do teor de zinco no casco e soro sangüíneo, da produção de leite e contagem de células somáticas em bovinos leiteiros suplementados com *Saccharomyces cerevisiae* / Luiz Fernando Coelho da Cunha Filho. – 2006.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2006.

Orientador: Simone Biagio Chiacchio

Assunto CAPES: 50401062

1. Bovino - Doenças - Prevenção 2. Bovino de leite - Doenças - Estudos experimentais
CDD 636.2140896

Palavras-chave: Bovino; Lesões podais; *Saccharomyces cerevisiae*; Zinco

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

Nome do autor: CUNHA FILHO, Luiz Fernando Coelho.

Título: Determinação do teor de zinco no casco e no soro sangüíneo, da produção de leite e contagem de células somáticas em bovinos leiteiros suplementados com *Saccharomyces cerevisiae*.

Tese apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, como requisito para obtenção do título de Doutor em Medicina Veterinária, Área de Clínica Veterinária.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Simone Biagio Chiacchio _____
FMVZ - UNESP - Botucatu

Prof. Dr. Roberto Calderon Gonçalves _____
FMVZ - UNESP - Botucatu

Profa. Dra. Noeme Sousa Rocha _____
FMVZ - UNESP - Botucatu

Prof. Dr. Laurenil Gaste _____
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. José Giometti _____
Universidade do Oeste Paulista

Botucatu, 14 de julho de 2006.

*Dedico este trabalho
à minha querida esposa Angela,
cúmplice e companheira, presença
constante e definitiva em minha vida,
pelo incentivo, amor e compreensão.*

*Ao meu filho João Paulo,
graça de Deus e alegria do meu viver,
pelos instantes de ausência.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus, que me concedeu o dom da vida, por tudo que sou e tenho, e pela Sua presença constante.

A realização deste trabalho só foi possível graças à colaboração direta e indireta de muitas pessoas. Manifestamos nossa gratidão a todas elas e de forma particular:

Aos meus queridos pais, Luiz Fernando Coelho da Cunha e Maria Lúcia Giudicissi Cunha, que com seu amor e exemplo me prepararam para a vida.

Aos meus sogros, Antônio da Silva Passos e Antônio Iracilda Meneghello Passos, pelo respeito e carinho com que sempre convivemos.

À minha família, “célula mater” de alegria e apoio, minha irmã Ana Paula e meu irmão André Luiz, meus cunhados Rodolfo, Adriana, Marinez, e Sérgio, sobrinhos Adriana, Mariana, Ana Letícia e Rodrigo, que com carinho sem igual souberam compreender essa jornada.

Ao meu Orientador, prof. Dr. Simone Biagio Chiacchio, que soube compreender minhas dificuldades, confiar no meu propósito e com maestria conduzir os trabalhos.

Aos professores na UNESP: prof. Dr. Roberto Calderon Gonçalves, profa. Dra. Noeme Sousa Rocha, profa. Dra. Michiko Sakate, profa. Dra. Regina Kiomi Takahira, prof. Dr. Marcio R.G. Kuchembuck, prof. Dr. Julio Lopes Sequeira, prof. Dr. Enio Pedone Bandarra, pela dedicação, amizade e acolhimento.

Ao meu compadre, amigo e irmão Luis Carlos Vianna que está comigo desde a graduação e a quem muito devo a concretização desse objetivo.

Ao prof. Dr. Laurenil Gaste, meu primeiro orientador, que com seu exemplo e caráter me fizeram trilhar a carreira acadêmica e profissional.

Ao Dr. Paulo Eduardo Pardo, colega de longa data, por seu apoio, amizade e cumplicidade nesse trabalho.

Ao Dr. José Giometti, pela amizade e oportunidade de ingressar na vida docente.

À Seção de Pós-graduação da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP, Campus de Botucatu, na pessoa da funcionária Denise A. Fioravante Garcia, pela presteza no atendimento acadêmico.

Ao Laboratório de Solos da UNESP, campus de Botucatu – Lageado, na pessoa do prof. Dr. Hélio Grassi Filho e do técnico de laboratório Sr. José Carlos Coelho, pelo auxílio nas análises de espectrofotometria de absorção atômica.

Ao professor Dr. Adalberto José Crocci, do departamento de bioestatística, pela condução das análises estatísticas do experimento.

Aos prezados colegas de pós-graduação, que compartilharam comigo dos momentos de ansiedade, busca e esperança.

À família Yamamoto, na pessoa do colega Márcio Yamamoto, pela confiança em nosso trabalho, disponibilidade dos animais e funcionários, pelo respeito e carinho durante a execução dos trabalhos.

À Universidade Norte do Paraná, na pessoa do coordenador do curso de Medicina Veterinária, prof. Dr. Agostinho Ludovico, pela compreensão e amizade.

Aos meus amigos e companheiros de trabalho: Silvia Manduca Trapp, Werner Okano, Cláudia Yurica, Aline Tramontini Zanluchi, Raquel Cristina Gonçalves, José Henrique Cavicchioli, Helcya Ishiy, Luis César da Silva, Luiz Álvaro Leuzzi Junior, Domingos José Sturion, Luiz Carlos Juliane, José Carlos de Araújo, Fabiana Sterza, Luiz Francisco Zanella, Gercio Bonezzi, pela presença amiga e encorajadora nessa jornada.

Às bibliotecárias Sra. Luci Maria Juliani Grano da UNOPAR, e Meire e Luciana da UNESP Botucatu, pela busca de artigos via COMUT e pelo auxílio na correção das referências bibliográficas.

Aos acadêmicos da UNOPAR, Marcio Yamamoto, Eliane Cristina Ayume Ogima, Rodrigo Braguim, Marcos Alberto Lopes Batista, Luiz Fabiano de Jesus, Joelma Aparecida Nunes, Ana Paula Zemunner, Aílton Mazieiro Soethe, por seu auxílio nos trabalhos à campo.

À minha sobrinha Adriana, pela digitação das referências bibliográficas, por sua paciência e empenho.

À minha amiga Aline Tramontini Zanluchi, pelo auxílio na montagem do abstract.

À Alltech do Brasil[®], pela confiança e disponibilidade, concretizada na doação da levedura de zinco utilizada na suplementação dos animais durante todo o experimento.

***“Não somos, absolutamente,
de perder o ânimo para nossa ruína;
somos de manter a fé para nossa salvação!”***

Hb 10, 39

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO	18
2. REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1. <i>O casco de ruminantes.....</i>	21
2.2. <i>Incidência das lesões podais e prejuízos econômicos</i>	24
2.3. <i>Zinco como microelemento essencial</i>	27
2.4. <i>Deficiência de zinco e intoxicação.....</i>	29
2.5. <i>Zinco orgânico versus inorgânico.....</i>	31
2.6. <i>A levedura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>.....</i>	33
2.7. <i>Suplementação com zinco oral na profilaxia das pododermatites..</i>	35
2.8. <i>Concentrações séricas e na sola do casco do elemento zinco</i>	36
2.9. <i>Produção de leite e contagem de células somáticas.....</i>	39
3. OBJETIVOS.....	41
3.1. <i>Geral.....</i>	41
3.2. <i>Específico.....</i>	41
4. MATERIAL E MÉTODOS	42
4.1. <i>Formação dos grupos de animais</i>	43
4.2. <i>Suplementação de zinco</i>	45
4.3. <i>Coleta de amostras</i>	45
4.4. <i>Determinação do zinco no soro sanguíneo</i>	46
4.5. <i>Determinação do zinco na sola do casco.....</i>	47
4.6. <i>Determinação da produção de leite e da contagem de células somáticas.....</i>	48
4.7. <i>Análise estatística</i>	48

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
5.1. <i>Dosagem das concentrações de zinco no soro.....</i>	50
5.2 <i>Dosagem das concentrações de zinco na sola do casco.....</i>	53
5.3. <i>Comportamento da produção de leite em vacas suplementadas...</i>	60
5.4. <i>Comportamento da contagem de células somáticas no leite de vacas suplementadas</i>	62
5.5. <i>Comparação do número de lesões por dígito dentro dos grupos...</i>	63
 6. CONCLUSÕES	 68
 7. REFERÊNCIAS	 69
 8. ANEXOS	 92

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Fotografia do sistema “free-stall” da propriedade “Sítio YAMAMOTO”.

.....
42

FIGURA 2 - Fotografia das vacas Holandesas preto e branco pertencentes ao grupo de animais do ensaio

.....
43

FIGURA 3 – Fotografia de dígitos de vaca do ensaio com lesões

.....
44

FIGURA 4 – Fotografia de dígitos de vaca do ensaio sem lesões.

.....
44

FIGURA 5 - Gráfico das médias das concentrações séricas de zinco ($\mu\text{g/mL}$) nos animais dos diferentes grupos e nos diferentes momentos

.....
51

FIGURA 6 - Gráfico das médias das concentrações de zinco ($\mu\text{g/mL}$) na sola do casco nos animais dos diferentes grupos e nos diferentes momentos .

.....

54

FIGURA 7 - Gráfico das médias das concentrações de zinco ($\mu\text{g/mL}$) na sola do casco, dos membros torácicos e pélvicos dos animais, nos diferentes grupos e no momento 180 .

.....

58

FIGURA 8 - Gráfico das médias da produção de leite em litros por vaca dia, nos diferentes grupos em diferentes momentos .

.....

61

FIGURA 9 - Gráfico das médias da contagem de células somáticas (1000/mL de leite) por vaca, nos diferentes grupos em diferentes momentos .

.....

62

FIGURA 10 - Gráfico das médias do número de lesões por animal nos diferentes grupos e nos diferentes momentos

.....

67

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Médias das concentrações de zinco nos soros ($\mu\text{g/mL}$) nos diferentes grupos em diferentes momentos .

.....

50

TABELA 2 - Médias das concentrações de zinco na sola do casco ($\mu\text{g/mL}$) nos diferentes grupos em diferentes momentos .

.....

53

TABELA 3 - Médias das concentrações de zinco na sola do casco ($\mu\text{g/mL}$) de cada membro nos diferentes grupos e em diferentes momentos .

.....

55

TABELA 4 - Médias das concentrações de zinco na sola do casco ($\mu\text{g/mL}$) dos membros torácicos e pélvicos nos diferentes grupos e em diferentes momentos .

.....

57

TABELA 5 - Médias das concentrações de zinco na sola do casco ($\mu\text{g/mL}$) por animal nos grupos com claudicação e sem claudicação em momento zero (M_0) .

.....
58

TABELA 6 - Médias das concentrações de zinco na sola do casco (µg/mL) por dígitos de animais nos grupos com menor número de lesões (A) e com maior número de lesões podais (B) em momento zero (M0) .

.....
59

TABELA 7 - Médias da produção de leite em litros por vaca dia, nos diferentes grupos em diferentes momentos

.....
60

TABELA 8 - Mediana da contagem de células somáticas (1000/mL) por vaca, nos diferentes grupos em diferentes momentos .

.....
62

TABELA 9 - Média do número de lesões na sola do casco, de cada dígito nos diferentes grupos e em diferentes momentos

.....
64

TABELA 10 - Média do número de lesões na sola do casco dos membros torácicos e pélvicos nos diferentes grupos e em diferentes momentos

.....
65

TABELA 11 - Média do número de lesões podais por animal de
diferentes grupos e em diferentes momentos .

.....
66

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%	porcentagem
±	Desvio padrão
®	Marca Registrada
°C	grau Celsius
µg	micrograma
µm	micrômetro
AAS	Espectrofotômetro de absorção atômica
cm	centímetro
Co	Cobalto
CRIP	Proteína intestinal rica em cisteína
Cu	Cobre
FSH	Hormônio folículo estimulante
g	grama
ha	Hectare
HPB	Holandesa Preto e Branco
HVB-1	Herpes vírus bovino tipo 1
kg	quilograma
L	litro
LH	Hormônio luteínico
Linfócito T	Linfócito tímico auxiliar
m	metros
mg	miligrama
mL	mililitro
Mn	Manganês
MS	Matéria Seca
NK	Eliminadores Naturais (natural killer)
NRC	Conselho de Pesquisa Nacional
PD	Pélvico direito
PE	Pélvico esquerdo

PI ₃	Vírus da parainfluenza tipo 3
PIB	Produto Interno Bruto
ppm	Parte por milhão
PR	Paraná
PVC	Policloreto de Vinila
R\$	Real
RNA	Ácido ribonucléico
SP	São Paulo
TD	Torácico direito
TE	Torácico esquerdo
™	Marca Comercial
U\$	Dólar americano
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNOPAR	Universidade Norte do Paraná
USDA	Departamento de Agricultura Americano
Zn	Zinco
ZnProt	Zinco proteína
ZnSO ₄	Sulfato de zinco

CUNHA FILHO, L.F.C. **Determinação do teor de zinco no casco e no soro sanguíneo, da produção de leite e contagem de células somáticas em bovinos leiteiros suplementados com *Saccharomyces cerevisiae***, 2006. 94 p. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

Resumo

Com o objetivo de determinar as concentrações de zinco no soro e na sola do casco de bovinos com e sem lesões podais, suplementados ou não com *Saccharomyces cerevisiae*, como fonte de zinco orgânico, por 180 dias, foram selecionadas e examinadas 45 vacas holandesas preto e branco, escolhidas em um rebanho de 189 vacas em lactação. Os animais foram distribuídos em três grupos aleatoriamente, sendo grupo 1 (G1) composto por 20 vacas com claudicação e suplementadas, grupo 2 (G2) 10 animais sem claudicação e com suplementação, e grupo 3 (G3) 15 animais com claudicação e sem suplementação. Amostras de soro e de sola de cada dígito, foram coletadas no momento inicial (dia zero), 90 e 180 dias após início do experimento, sendo as concentrações de zinco determinadas por espectrofotometria de absorção atômica. Foram analisadas a produção de leite, a contagem de células somáticas (CCS), e o número de lesões podais. A suplementação de zinco orgânico não promoveu diferença significativa para a concentração de zinco sérico e na sola do casco, contudo, houve uma tendência de aumento sérico. Os dígitos com lesões podais apresentaram maior concentração do elemento zinco na sola do casco, e devido à variabilidade recomenda-se realizar as análises individualmente em cada dígito. A suplementação manteve baixa a CCS, e não alterou a produção de leite. O número de lesões podais apresentou variabilidade entre dígitos e entre membros torácico e pélvico, sendo que os suplementados apresentaram um número significativamente menor de lesões por dígito. Os resultados sugerem que a suplementação de zinco melhora a qualidade do leite e proporciona maior período de permanência dos animais no “free stall”.

Palavras-chaves: Bovino; Lesões podais; *Saccharomyces cerevisiae*; Zinco.

CUNHA FILHO, L.F.C. **Evaluation of hoof and serum zinc concentration, of milk production and somatic cell count of dairy cow supplemented *Saccharomyces cerevisiae***. 2006. 94 p. Theory (Doctorate in Veterinary Medicine) - University of Veterinary Medicine and Zootecnia, from São Paulo State University, Botucatu.

Abstract

In objective of the determination of zinc concentration in serum and hoof sole in bovine with and without hoof lesions, supplemented or not with *Saccharomyces cerevisiae* as a source of organic zinc for 180 days, 45 Holstein cows were selected and examined, randomly chosen from a flock of 189 lactating cows. The animals were distributed in three groups, namely group 1 (G1) which 20 cows with lameness and supplemented, group 2 (G2) with 10 animals without lameness and with supplementation, and group 3 (G3), with 15 animals with lameness and without supplementation. Serum and hoof sole samples were collected from each foot, in the initial moment (day zero), 90 and 180 days after the beginning of the experiment. Serum and hoof sole zinc concentration was determined by atomic absorption spectrophotometry. During the experiment, information about milk yield, somatic cell count (SCC) and foot lesions were obtained. Organic zinc supplementation did not promote any significant difference neither in serum, nor in hoof sole zinc concentration. However, there was a tendency for serum rising. The lesioned foot showed a higher hoof sole zinc concentration, and due to the variability it is recommended having each foot analyzed individually. Supplementation kept a low SCC, and it didn't affect milk production. The number of hoof lesions showed variability among feet and between thoracic and pelvic limbs. Animals that received supplementation, showed a significantly lower number of lesions in hoof. The results suggest that the supplementation of zinc improves the quality of milk and provides a larger permanence of the animals "free stall".

Key words: Bovine; Hoof lesions; *Saccharomyces cerevisiae*; Zinc.

1 Introdução

O Brasil possui um dos maiores rebanhos bovinos do mundo, quanto à sua expressão numérica, porém com índices zootécnicos abaixo de outras nações desenvolvidas. Dentre as principais causas de baixa produção e produtividade do rebanho, destaca-se a nutrição inadequada em determinadas épocas do ano. Durante o período seco, que na região centro-sul ocorre geralmente, entre os meses de abril e setembro, há uma acentuada queda na produção de forragens para os bovinos criados em regime de pasto, associada a deficiências minerais e vitamínicas (Silva et al., 1977).

O Brasil é o sexto maior produtor em volume de leite do mundo, cerca de 21 bilhões de litros em 2001 (USDA, 2002). A instituição da Instrução Normativa 51, aliada ao fato de o país ser atualmente auto-suficiente no abastecimento a um enorme mercado de quase 200 milhões de consumidores e, acima de tudo, a perspectiva de, em curto prazo, se poder tornar uma das maiores potências exportadoras de produtos lácteos, são motivos mais do que suficientes para o crescente otimismo e profissionalismo na atividade.

O agronegócio do leite e de seus derivados desempenha um papel relevante no suprimento de alimentos e na geração de emprego e renda. Para cada real de aumento na produção no sistema agroindustrial do leite há um crescimento de, aproximadamente, cinco reais no PIB, o que coloca o agronegócio do leite à frente de setores importantes como o da siderurgia e o da indústria têxtil (Vilela, 2002).

Entretanto, com o aumento da demanda mundial por produtos de origem animal, foi intensificada a produção animal, e conseqüentemente ocorreu diminuição no bem-estar animal, conduzindo a uma freqüência maior de doenças, incluindo as lesões podais (Silva et al., 2005). Dessa forma, a busca de soluções para este problema é uma constante entre os buiatras, tornando-se uma importante linha de pesquisa na pecuária leiteira moderna.

O aumento do número de casos de animais com lesões podais tem sido gradativo, em função da adoção de novas tecnologias e centralização dos animais em piso firme, áspero e úmido (Pesce, 1992).

As lesões podais são responsáveis por aproximadamente 90% das claudicações em bovinos, e os prejuízos econômicos se traduzem por queda na produção, custo do tratamento, perda do escore corporal, problemas reprodutivos como anestro e aumento do intervalo entre parto, descarte precoce do animal, custo de reposição e maior susceptibilidade a outras doenças (Nicoletti, 2004).

A estimativa da incidência de claudicação clínica em leiteiras americanas e canadenses é de 15 a 50%, e o custo estimado de 210 a 346 dólares por caso tratado, sendo a taxa média de descarte estimada em 35% e a vida de permanência no rebanho de 2,9 anos (Seymour, 2001).

Levantamentos mostram incidência de 21,7% de claudicação em vacas de leite dos estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul (Marega, 2001). Nicoletti et al. (2001) confirmaram uma alta incidência das afecções podais em vacas Holandesas criadas intensivamente no estado de São Paulo, que apresentaram valores médios entre 11,38 e 13,2 lesões podais por vaca, no sistema “free-stall” e “tie-stall”, respectivamente.

O zinco favorece a integridade dos cascos, ao acelerar a cicatrização das feridas, aumentar a velocidade de reparação do tecido epitelial e manter a integridade celular. O zinco também é necessário para a síntese e maturação da queratina (Whitaker et al., 1997; Smart & Cymbaluk, 1997).

O baixo nível de macro e microelementos (cobre, ferro e zinco) no casco e no plasma está associado à redução da resistência do tecido córneo e, conseqüentemente, às doenças digitais (Lukyanouskii & Filippovyu, 1991).

A terapia parenteral ou oral com zinco em bovinos e ovinos com doenças infecciosas podais tem sido estudadas. Demertzis & Mills (1973) e Dembinski & Wieckowski (1987) relataram a diminuição da ocorrência de pododermatites em bovinos que receberam administração oral de zinco. Nicoletti (2004), confirmou que a suplementação de 5g/animal/dia, com compostos zinco-metionina e zinco-lisina, bem como o sulfato de zinco, reduz a prevalência e severidade das doenças digitais nos bovinos.

A levedura *Saccharomyces cerevisiae*, crescendo em meio contendo uma elevada quantidade de cátions metálicos (zinco), pode acumular esses metais em suas células (Volesky, 1990), e portanto transformar uma fonte inorgânica de metal, em uma fonte orgânica.

A alimentação com zinco orgânico (Bioplex™) teve impacto positivo na produção de leite, reduziu significativamente ($P < 0,01$) a contagem de células somáticas, e a absorção melhor de zinco na forma orgânica conduziu a um aumento não significativo no soro sanguíneo (Popovic, 2004).

Peixoto et al. (1995) salientam que no Brasil há poucos trabalhos envolvendo zinco, relatados na literatura.

2. Revisão de Literatura

2.1. O casco de ruminantes

Hoje, pés e aprumos de membros são classificados em terceiro lugar, atrás de saúde de úbere e infertilidade, como as principais razões de seleção em rebanhos de vacas de leite (Harris et al., 1988).

Os cascos são formados pela muralha, sola e talão, e, essas estruturas, são constituídas de queratina (Carlton & McGavin, 1998).

O dígito bovino é composto de três tecidos, uma epiderme queratinizada, uma derme denominada “córiun” ou “cório”, altamente vascularizada e responsável pela nutrição do casco, e um subcutâneo formado pelo coxim ou almofada digital. A epiderme é dividida em estrato basal, que é a junção entre a epiderme e a derme; estrato germinativo, responsável pelo crescimento do casco; e estrato córneo, ou seja, o estojo córneo de revestimento. O estrato córneo, por sua vez, é dividido em estrato externo, estrato médio e estrato interno ou laminar. O estrato laminar da epiderme interdigita com o estrato laminar da derme (Nicoletti, 2004).

O casco é composto de aminoácidos, água, macro (cálcio, fósforo) e microminerais (cobre, enxofre, cobalto, molibdênio e zinco) e pequena quantidade de tecido adiposo. Em relação aos microminerais, destacam-se o cobre e o zinco, que além de atuarem como componentes essenciais de vários sistemas enzimáticos, são elementos fundamentais na síntese de queratina para a produção e manutenção da integridade dos cascos (Nicoletti, 2004).

O zinco é necessário para a incorporação da cistina na queratina (Moynahan, 1981).

As queratinas são proteínas estruturais características da epiderme de cornificação da pele, penas e cascos. São as proteínas da queratina que provêm a base estrutural do tecido córneo e permitem a sua função protetora contra uma gama extensiva de fatores ambientais. O estojo córneo é produzido por um processo complexo de diferenciação (queratinização) das células da epiderme, formação e ligações bioquímicas de queratina (agregação), e síntese e exocitose de substância cimentante intracelular. A integridade funcional do casco depende essencialmente

da queratinização das células da epiderme, e os microminerais desempenham importante papel na produção e manutenção contínua (Tomlinson et al., 2004).

A queratina é uma escleroproteína que está presente abundantemente nas estruturas das unhas e dos chifres. O processo de queratinização envolve formas de filamentos de queratina dentro da célula com um ato de compactação, produzindo força e rigidez na célula. Esses filamentos movimentam o espaço da superfície, promovendo aumento da resistência. A proporção de queratinização é diferente nas diferentes regiões dos cascos. A parede (muralha) abaxial é mais forte do que as regiões da sola e do talão, com uma linha branca de natureza flexível no casco. A substância que cimenta todas as células do casco é um material lipoprotéico que confere flexibilidade, mesmo em contato com a água e é permeável (Nocek et al., 2000).

A sola do casco é composta de tecido córneo tubular e intertubular, produzido pelo estrato germinativo. Este tecido reveste a papila do “córion” da sola e é de consistência mais macia e menos resistente que o tecido córneo da parede (Greenough & Wearver, 1997).

Mendonça et al. (2003) relataram, através de estudo histológico dos cascos de bovinos da raça Gir e Holandesa preto e branco, uma melhor qualidade do estojo córneo nos bovinos da raça Gir, observando o diâmetro dos túbulos córneos, a espessura da camada de células tubulares e o espaçamento entre túbulos.

O zinco foi identificado como mineral fundamental no processo de queratinização (Smart & Cymbaluk, 1997; Mülling et al., 1999; Mülling, 2000), baseado nas suas funções de catalisador de enzimas como a RNA transferase, formação de proteínas estruturais filamentosas e regulador do processo de queratinização (Cousins, 1996).

As exigências de zinco para vacas de leite variam de acordo com a fase da lactação, sendo que na fase inicial as exigências são mais altas (NRC, 2001), podendo levar os animais à produção de um tecido córneo inferior e predispor à claudicação nessa fase (Tomlinson et al., 2004).

Higuchi et al. (2005) observaram que vacas com laminite sub-clínica possuíam unhas com conteúdo de umidade maior, dureza menor e menor número de ceramidas na sola e parede do casco, do que vacas normais. Concluíram que a diminuição de ceramidas pode estar relacionada à mudanças nas propriedades

físicas do estrato córneo. Ceramida é um componente lipídico, composto por ácidos gordurosos e sua função é contribuir na adesão intercelular de queratinócitos e auxiliar na impermeabilização.

O ciclo de crescimento do casco é similar ao do pêlo, com o crescimento mais rápido acontecendo durante a primavera e verão, e o menor crescimento no inverno, conseqüentemente a época ideal para o casqueamento é durante o inverno. A sola do casco tem a mesma composição da muralha, todavia tem uma textura mais macia e uma espessura menor (Kasari, 1991).

Hahn et al. (1986) observaram que a taxa de crescimento do casco foi mais baixa no inverno e aumentou durante a primavera e o verão. Hidiroglou & Williams (1986) descobriram padrões sazonais semelhantes para a composição dos minerais no casco de bovinos.

O crescimento da sola do casco de vacas em lactação, estava notadamente reduzido durante os primeiros 60 dias pós-parto, quando a produção é maior (Smith et al., 1997).

Durante a locomoção normal, 80% do peso da vaca é suportado pela unha lateral e 20% pela medial. Em repouso há uma distribuição do peso relativamente igual entre as unhas mediais e laterais. Os cascos dos membros pélvicos têm maior exposição à urina, fezes, e à cama úmida, o que pode diminuir a saúde do casco e produzir claudicação (Zurbrigg et al., 2005).

Nicoletti (2004) afirma que não existe correlação entre presença de lesão e claudicação, ou seja, o animal pode ter uma ou várias lesões podais e não estar necessariamente manifestando claudicação.

Borges et al. (2006) observaram que os problemas podais ocasionam lesões macroscópicas visíveis, gerando desconforto aos animais e causando prejuízos consideráveis ao bovinocultor.

Manson & Leaver (1988) destacaram que a causa da doença podal é desconhecida, porém está relacionada com uma combinação de fatores. A genética, a nutrição e fatores ambientais desempenham importante papel na desordem.

Fatores externos influenciam a qualidade do casco, desta maneira substâncias como esterco e urina podem destruir a substância cimentante das lipoproteínas ao redor das células do casco, que podem resultar em erosão do talão (Nocek, et al., 2000).

A utilização do raio infravermelho na avaliação termográfica do casco, detectando áreas de inflamação, se mostrou promissora como ferramenta auxiliar no monitoramento da saúde dos cascos (Nikkhah et al., 2005).

2.2. Incidência das lesões podais e prejuízos econômicos

Nos últimos anos, as afecções de casco tornaram-se um grande problema para as fazendas de leite e corte em todo o mundo (Dias & Marques, 2003).

A claudicação é a mais importante condição que afeta a saúde de vacas leiteiras em países produtores de leite, estando associada a prejuízos, devido à diminuição do ganho de peso e da produção leiteira. Além disto, os tratamentos preconizados, em alguns casos, são impraticáveis, resultando em descarte dos animais (Chaplin et al., 2000).

As afecções dos cascos de bovinos são consequência direta do maior desgaste advindo do intenso manejo em busca de maior produtividade em rebanhos leiteiros, causando significativa diminuição do desempenho animal e grandes perdas econômicas para os produtores (Collick & Dobson, 1989; Wells et al. 1993).

Afecções podais são fatores limitantes para a saúde dos animais, pois impedem o uso adequado do aparelho locomotor (Weaver, 1981), e tem aumentado possivelmente a taxa de descarte anual do plantel. Em rebanhos acometidos por afecções podais é freqüente a ampliação do intervalo entre partos e o aumento do descarte seletivo (Esslemont & Peeler, 1993).

Os problemas podais possuem incidência de 4,5% na Inglaterra, 10% na Alemanha e Suíça, 4,0% no Chile e de 4 a 15% no Uruguai. A perda estimada na produção leiteira é de 5 a 20% por lactação. Na Austrália cada bovino de leite que apresenta claudicação gera um prejuízo médio de U\$ 42,90 por lactação (Pesce et al., 1992).

Existe uma forte ligação entre a incidência de claudicações com o período próximo ao parto, sendo esta fase de alto risco para as vacas leiteiras (Scott, 1988). Durante a prenhez há uma forte pressão sobre os cascos predispondo às lesões, principalmente nos cascos posteriores, que são afetados pelas mudanças que

ocorrem na distribuição do peso corpóreo da vaca sobre as quatro patas, que se modifica principalmente no fim da gestação.

O maior número de procedimentos, o estresse físico associado ao alojamento contribuíram sobremaneira para que novilhas no início da lactação apresentassem maior desenvolvimento de lesões podais, do que novilhas prenhes (Chaplin et al., 2000). Souza (2001) concluiu que o sistema de manejo, a idade das vacas e o número de partos exerceram influência sobre a taxa de prevalência das lesões podais de bovinos leiteiros.

A maior parte das lesões podais (80-85%), ocorrem nos membros posteriores e que 85% delas ocorreram na unha lateral, e esse fato estaria associado com o desenho dos estábulos, que forçariam os animais a permanecerem com suas patas traseiras na calha de esterco e urina, resultando em constante umidade e contaminação da região dos cascos (Baggott & Russell, 1981; Nocek, 1993; Radostits et al., 1994).

Ferguson et al. (2004) examinaram um total de 3160 unhas, observaram que a erosão de talão foi a lesão mais freqüente, e que a suplementação com minerais traços orgânicos foi associada com uma redução em lesões de sola até 30 dias pós-parto, contudo 250 dias pós-parto as lesões entre os grupos não eram diferentes.

A grande perda econômica em decorrência de claudicação ainda não foi estabelecida na indústria de carne, no gado leiteiro é de aproximadamente 150 dólares por vaca por ano, decorrente sobretudo da perda da produção leiteira (Kasari, 1991). Existe uma relação funcional entre a duração do estro e o escore de locomoção, com isso vacas com lesões podais atrasam o primeiro estro e o primeiro serviço (Souza Dias, 2004).

No Reino Unido, os prejuízos financeiros decorrentes das lesões podais são estimados em, aproximadamente, 35 milhões de libras (Bermudez et al., 1992) a 80 milhões de libras anualmente (Esslemont, 1990); na Áustria foram estimados prejuízos de 42 dólares por bovino (Esslemont, 1990); no Canadá causam perda de 10 milhões de dólares por ano (Choquete-Levy et al., 1985).

Borges (1995) salientou que os custos do tratamento e descartes causados pelas enfermidades digitais em gado de leite foram de U\$ 976,75/100 vacas afetadas. No Brasil, o custo de tratamento de bovinos leiteiros com afecções podais foi estimado em R\$ 133,25 por animal (Ramos et al., 1999).

Vacas claudicantes promovem a rotação dos pés, do membro pélvico afetado, para fora, conseguindo assim transferir o peso da unha lateral para a medial, aliviando a pressão e diminuindo a dor. Zurbrigg et al. (2005), observaram em seu estudo de 317 “tie-stall” canadenses, que 23% das vacas apresentavam rotação das patas dos membros posteriores.

Dewes (1978) observou que a claudicação ocorre no gado leiteiro tanto em regime de pastagens como no gado estabulado, mas neste último, parece ser um problema maior. Com base em estudos realizados em quatro rebanhos da Nova Zelândia, observou incidência de 14% de lesões podais e verificou que o desgaste excessivo da sola foi considerado causa comum de claudicação em novilhas de dois anos de idade. Na Austrália uma incidência de 2,7% de vacas claudicantes, e que 83,2% delas foram causadas por lesões podais. Destas, 65% ocorreram nos membros posteriores, sendo 63% na unha lateral (McLennan, 1988).

Groehn et al. (1992) observaram que para cada ano que a vaca soma para sua vida produtiva, ocorre um aumento de 30% nos riscos de aparecerem claudicações. Observaram ainda que houve maior incidência de lesões podais no sistema “free-stall” do que no sistema “tie-stall”.

Embora se considere de 7 a 10%, um número aceitável de vacas com claudicação em um rebanho por ano, verifica-se que esse índice é superado em muito nas condições brasileiras, e que as perdas decorrentes, em geral, não são quantificadas pelos produtores (Nicoletti, 2004).

Borges (1992) estudando 240 vacas holandesas estabuladas, no Brasil, verificaram que 14,17% delas apresentaram claudicações.

Molina et al. (1999) encontraram uma prevalência de 30,3% de lesões podais em vacas lactantes confinadas, na bacia leiteira de Belo Horizonte, sendo que Souza (2002) observaram 92,7% no sistema intensivo e 89,4% no sistema semi-intensivo. Relataram ainda não ter obtido correlação entre lesão podal e fase da lactação, contudo os animais mais velhos apresentaram maior ocorrência, sendo que 66,7% das lesões podais ocorreram nos membros pélvicos e 33,3% nos torácicos (Molina et al., 1999).

Borges (1998) estudou alguns aspectos epidemiológicos de lesões podais em vacas criadas extensivamente em regiões do Estado de Goiás. Observou maior ocorrência de pododermatite em animais de casco preto (56,7%) e os membros mais afetados foram os pélvicos (90%), sendo o pélvico direito o mais atingido (60%).

Informou ainda que os animais mais atingidos foram aqueles compreendidos na faixa etária média de cinco anos, durante a segunda lactação e 94 dias após parto.

Silveira et al. (1988 apud Souza, 2001) informaram que a incidência de claudicação em bovinos leiteiros no município de Votuporanga – SP foi de 4,76%, e Borges (1992), encontraram 3,75% em vacas leiteiras criadas nos estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais.

2.3. Zinco como microelemento essencial

O entendimento das funções do zinco no metabolismo teve início em 1869 com Raulin, que descobriu sua essencialidade para *Aspergillus niger* (Mafra & Cozzolino, 2004). As investigações iniciais de Bertran e Berzon, em 1922, indicando que o zinco desempenhava uma função essencial, foram confirmadas e ampliadas por outros em experiências tanto com ratos quanto camundongos. O elemento figura entre os essenciais a várias espécies (Maynard et al., 1984).

O zinco é componente de mais de 300 metaloenzimas (Mafra & Cozzolino, 2004; Waitzberg, 2004), e também está envolvido na estabilização de estruturas protéicas e ácidos nucléicos, na integridade de organelas subcelulares, assim como nos processos de transporte, função imunológica e expressão da informação genética, sendo necessário para a atividade da RNA polimerases, importantes na divisão celular (Hendler, 1994; Mahan & Stump, 1998; Mafra & Cozzolino, 2004).

O zinco está envolvido na síntese de proteína e no metabolismo dos carboidratos e do ácido nucléico por meio de sua associação com sistemas enzimáticos, como uma metaloenzima ou como um ativador da enzima (Hambidge, 2000). A absorção de zinco nos bovinos ocorre no abomaso e no intestino delgado (Smart et al., 1981; Peixoto et al., 1995; Swenson & Reece, 1996; Lucci, 1997; Andriguetto et al., 1990). A sua absorção é inversamente proporcional à concentração intraluminal intestinal (Waitzberg, 2004) e os bovinos ajustam-se rapidamente à quantidade de zinco da dieta, aumentando ou diminuindo sua absorção (Lucci, 1997).

O zinco está envolvido com o metabolismo da vitamina “A”, participa da pigmentação dos tecidos, na manutenção da integridade das gônadas masculinas,

da pele, é um dos constituintes da insulina e está presente na anidrase carbônica (Hendler, 1994; Andriguetto et al., 1990).

O zinco está também associado às ações do FSH e do LH, potencializando seus efeitos, associado ainda à calcificação e queratinização (Peixoto et al., 1995).

A suplementação de zinco na dieta de bovinos (55 mg/ Kg) promoveu um maior ganho de peso, mas não aumentou a resposta imune celular e a humoral. Contudo a suplementação de zinco na dieta parece afetar a resistência às doenças (Spears, 2000 apud Amorim, 2002).

A absorção do zinco pelo animal está diretamente relacionada com as suas necessidades (Booth & McDonald, 1992; Peixoto et al., 1995). Um animal em crescimento ou com alta produção de leite absorve mais zinco do que aquele com requerimentos mais baixos. Na lactação a vaca excreta pelo leite cerca de 4 mg de zinco por quilograma de leite produzido. A absorção é menor no animal pré-ruminante alimentado com farelo de soja devido à presença do ácido fítico (Peixoto et al., 1995).

Dentro da célula da mucosa intestinal, o zinco é regulado por proteínas que ligam metais, as metalotioneínas e as proteínas intestinais ricas em cisteína (CRIP's) (Maret, 2000). Após passar do meio extracelular para o citosol do enterócito, liga-se à CRIP, que funciona como uma proteína de transporte intracelular, passando por difusão em direção à membrana basolateral. A metalotioneína inibe a absorção de zinco, regulando a ligação do metal à CRIP, funcionando como uma espécie de marca-passo. Este modelo concilia a teoria na qual a absorção transcelular de zinco pode ser regulada por fatores da dieta e fatores fisiológicos que alteram a expressão gênica das metalotioneínas ou das CRIP's (Hempe & Cousins, 1992; Maret, 2000).

A excreção de zinco ocorre na maior parte através das fezes, também ocorre excreção pela urina, leite, sêmen, suor, pêlo e descamação da pele (Mahan & Stump, 1998; Waitzberg, 2004).

Em relação aos microminerais, destacam-se o cobre e o zinco, que além de atuarem como componentes essenciais de vários sistemas enzimáticos, são elementos fundamentais na síntese de queratina para a produção e manutenção da integridade dos cascos (Nicoletti, 2004). O zinco é necessário para a incorporação da cistina na queratina (Moynahan, 1981).

O zinco, usado diariamente, na ração de bovinos, tem dois efeitos benéficos nos cascos, sendo o primeiro, o aumento da resistência da pele; e o segundo, impede a penetração dos agentes infecciosos, pela melhora do processo de cicatrização da pele, após a infecção (Raven, 1989). É um elemento químico de grande importância, devido a sua relação com a integridade do tecido lesado no casco e o sistema imune (Nocek, 1993).

2.4. Deficiência de zinco e intoxicação

Os achados clínicos podem ser úteis no diagnóstico de carências severas de minerais, porém a sua confirmação é geralmente realizada por meio de determinações químicas, onde se deve recorrer em primeiro lugar às análises de materiais provenientes de animais, em segundo lugar à análise das pastagens e da dieta e por último, à análise do solo (Borges, 2001).

A primeira indicação de deficiência de zinco em bovinos em regime de pastagem surgiu na Guiana, descrita por Legg & Sears em 1960, sendo a paraqueratose o principal sinal clínico (Mills et al., 1967). Mills et al. (1967) estabeleceram o tempo, mínimo de seis semanas para o aparecimento de sinais clínicos de deficiência de zinco em bovinos e ovinos. No fígado e no plasma, há acumulação muito rápida de zinco seguindo a absorção na dieta, em animais com deficiência (Miller, 1969). Sharma & Joshi (2005) observaram significativa deficiência de zinco no solo, forragem e conseqüentemente no soro sanguíneo de vacas de leite no norte da Índia.

Miller & Miller (1960, apud Maynard et al., 1984) informaram que os principais sinais clínicos de deficiência de zinco em vacas de leite são alopecia, pele inflamada em torno do muflo, enrijecimento articular, rachaduras na coroa do casco, pele áspera e escamosa nos membros pélvicos, orelhas e pescoço com indicação de paraqueratose, e crescimento retardado. Lesões de pele (paraqueratose), nas papilas ruminais e na mucosa esofágica, são manifestações comuns da deficiência de zinco (Miller et al., 1988).

A deficiência de zinco resulta em uma variedade de “defeitos imunológicos”, como a atrofia tímica, linfopenia, resposta proliferativa de linfócitos reduzida a mitógenos, diminuição seletiva de linfócitos T auxiliares e atividade

celular diminuída das células NK e atividade hormonal tímica deficiente (Mahan & Stump, 1998; Amorim, 2002).

A deficiência de zinco afeta a reprodução. Nos machos, diminui libido, circunferência escrotal, produção de testosterona, e impede a espermatogênese, pois é constituinte da enzima timidina-quinase que atua na espermatogênese. Nas fêmeas é possível que aumente a mortalidade embrionária, diminuição do estro e da fertilidade (Hendler, 1994; Clark et al., 1994; Swenson & Reece, 1996; Lucci, 1997; Mafra & Cozzolino, 2004).

Nazki & Rattan (1990) avaliaram o efeito da estação do ano na concentração sérica de zinco em ovinos adultos, e encontraram que no período do inverno a concentração foi ligeiramente superior, fato que os autores atribuíram a uma maior disponibilidade do zinco na dieta e ao aumento geral da atividade metabólica.

Os níveis séricos de zinco, cobre e ferro não sofreram alterações importantes em ovelhas da raça Ideal e Suffolk, infectadas naturalmente por nematóides gastrintestinais no período periparto. No entanto ocorreu uma redução nos níveis séricos destes elementos durante a lactação e o pós-desmame (Alencar, 2002).

Pavlata et al. (2005) estudaram as diferenças na ocorrência de deficiência de selênio, cobre e zinco em vacas de leite, bezerros, novilhas e touros, através das concentrações séricas dos elementos, e concluíram ser importante, na análise do estado mineral do rebanho, estratificá-lo por categorias.

A deficiência de zinco tem sido associada à pododermatite em bovinos (Demertzis & Millis, 1973; Hidiroglou, 1980).

Alguns nutrientes importantes na produção do casco como proteína, carboidrato, gordura, cálcio, fósforo, enxofre, e minerais traço como zinco, manganês, e ainda biotina os quais são fundamentais na estrutura do osso, crescimento e manutenção epitelial, e no processo de queratinização (Nocek, et al., 2000).

A deficiência de zinco promove defeitos na imunidade mediada por células e retardo na cicatrização de feridas (Smart et al., 1981). A cicatrização das feridas está prejudicada na deficiência de zinco, devido ao papel básico do zinco na síntese do RNA (Booth & McDonald, 1992). Na falta de níveis adequados de zinco as células epiteliais e fibroblasto, podem migrar normalmente, porém sem se multiplicar,

não prejudicando a epitelização e a síntese de colágeno, acarretando em inadequada cicatrização (Probst, 1999).

Um estresse catabólico agudo, como ocorre em casos de queimaduras, pode também indicar uma necessidade de suplementação de zinco cinco vezes acima do normal, para prevenir danos à imunidade e ao processo de cicatrização (Waitzberg, 2004).

Moraes (1998) avaliou as concentrações de zinco no fígado de bovinos e ovinos de várias regiões do Brasil, observou que as concentrações estavam dentro dos parâmetros de normalidade (101 a 200 ppm), sendo que somente em algumas regiões apresentaram valores um pouco abaixo.

Armelin et al. (2002) realizaram um estudo no Brasil com diversos tipos de forragens, e concluíram que quando forragens tropicais forem utilizadas na alimentação de vacas de leite, a dieta geralmente deve ser completada com a adição do elemento zinco.

Há grande margem de segurança entre o consumo normal e a quantidade tóxica de zinco, sendo o nível máximo estimado na dieta de 1000 mg para bovinos adultos (Andriguetto et al., 1990). Mahan & Stump (1998) enfatizam que o excesso da ingestão oral de zinco ao ponto de toxicidade é raro.

Rebhun (2000) descreve que a intoxicação por zinco pode ocorrer em bezerros de corte alimentados com substitutos de leite e bovinos adultos que receberam água contaminada com o mineral. Os sinais clínicos foram inespecíficos, pneumonia, exoftalmia, quemose, diarreia, anorexia, timpanismo, arritmia cardíaca, convulsão, poliúria e polidipsia e constipação.

2.5. Zinco orgânico *versus* inorgânico

Técnicas analíticas modernas e instrumentação tornam possível determinar a concentração de micromineral em alimento e tecidos animais. Porém, infelizmente tais determinações não provêem nenhuma informação sobre a utilização dos minerais pelos animais. A utilização envolve o conceito de biodisponibilidade e é crítico na seleção de uma fonte satisfatória do mineral. (Ledoux & Shannon, 2005). Em termos de minerais-traço, pode ser definido biodisponibilidade como a proporção de um mineral ingerido que é absorvido,

transportado para seu local de ação, e promove sua ação fisiológica na espécie (O'dell, 1983).

As principais fontes adicionadas à dieta são os óxidos, sulfatos, cloretos, acetatos, denominados como fonte de zinco inorgânico. Quelatos, transquelatos e a levedura viva de cerveja são fontes orgânicas de zinco (McDowell, 1996; Machado, 1997; Hatfield et al., 2001).

As fontes minerais orgânicas são mais biodisponíveis que as fontes minerais inorgânicas (Eckert et al., 1999). O zinco derivado de fontes orgânicas tem-se mostrado duas vezes mais biodisponível que o elemento associado a uma fonte inorgânica. Uma fonte orgânica de zinco proporcionou melhor crescimento do pêlo, chifre, casco e pele, e ainda uma redução na contagem das células somáticas e mastite clínica (Close, 1998).

Estudos sobre a biodisponibilidade entre minerais orgânicos e inorgânicos, têm revelado resultados contraditórios. Ward et al. (1993) e Wittenberg et al. (1990) não encontraram diferenças entre a biodisponibilidade de minerais orgânicos e inorgânicos. Entretanto, Kincaid et al. (1984) trabalhando com bezerros, observaram maior concentração no fígado e no soro de animais alimentados com mineral orgânico em relação aos alimentados com inorgânico. Olson et al. (1999) trabalhando com novilhas de dois anos e testando suplementação mineral orgânica e inorgânica, não encontraram diferenças significativas e concluíram que a concentração de minerais no soro não é um indicador sensível do teor dos microminerais.

A suplementação para suínos com uma dieta de 300 ou 450 ppm de zinco orgânico, manteve a mesma performance de crescimento que uma dieta com 2.000 ppm de zinco inorgânico, entretanto ocorreu uma excreção fecal menor em 76%. Esse fato é importante pela diminuição de dejetos poluentes na indústria suinícola (Buff et al., 2005).

A suplementação de 40 mg/ kg de MS de zinco, conforme o NRC (2001), sem considerar a forma química do zinco, não mostrou ser um promotor de crescimento para bezerros holandeses do nascimento aos 90 dias de vida (Arrayet et al., 2002).

Os estudos de Rojas et al. (1996), Spears & Kegley (2002) e Kessler et al. (2003) indicaram não haver diferenças entre as fontes de zinco orgânico e inorgânico, na concentração de zinco no plasma e nos tecidos de bovinos suplementados, com concentrações normais ou baixas de zinco. Entretanto, os

resultados obtidos por Wright & Spears (2004), confirmaram que ruminantes suplementados com zinco orgânico tem maior concentração de zinco no plasma e nos órgãos, do que os alimentados com zinco inorgânico, quando o zinco foi fornecido em concentrações relativamente altas.

Zinco-metionina tem sido indicado para uso na redução da podridão do casco em ovinos, e zinco-lisina é a melhor forma de complexo para o fornecimento desse elemento, resultando em altos níveis de metaloenzimas no fígado, pâncreas, rim, quando comparadas com outras fontes (Rojas et al., 1995).

2.6. A levedura *Saccharomyces cerevisiae*

Butolo (1996) definiu como pró-nutriente os microingredientes de alimentação animal, utilizados por via oral em pequenas quantidades e que promovem valores intrínsecos de uma mistura de nutrientes em uma dieta animal. As leveduras são consideradas como pró-nutrientes (Machado, 1997).

A levedura *Saccharomyces cerevisiae* é utilizada na indústria de alimentos e bebidas em diversas formas. Em forma ativa, a *Saccharomyces* é utilizada na indústria de panificação, na fermentação alcoólica e em outros processos fermentativos. Na forma inativa, essa levedura tem sido muito utilizada na alimentação animal, como fonte de proteína e outros nutrientes, e em alimentação humana principalmente na forma de derivados (Yamada et al., 2003).

As leveduras são capazes de remover metais pesados de seu meio ambiente externo, por meio de mecanismos que podem ser físico-químicos, como a adsorção, ou dependente da atividade metabólica, como o transporte. Algumas interações físico-químicas podem ser indiretamente dependentes do metabolismo via síntese de constituintes particulares da célula ou metabólitos que podem agir como eficientes quelantes ou a criação de um microambiente particular próximo à célula que facilite a deposição ou precipitação. Assim, a biomassa microbiana viva ou morta, é capaz de acumular metal bem como os produtos produzidos ou derivados de células microbianas (Gaad, 1990).

Além do conteúdo protéico as leveduras podem atuar como portadoras potenciais de substâncias tóxicas, entre as quais os metais pesados que as mesmas têm capacidade de acumular (Brady & Ducan, 1994).

A capacidade que os microrganismos apresentam de acumular metais pesados geralmente envolve uma ligação rápida com a superfície celular, independente do metabolismo, seguida de um acúmulo intracelular dependente do metabolismo e gasto de energia. No acúmulo independente do metabolismo, os cátions podem se depositar por processo de adsorção ou precipitação inorgânica, ou ficarem adsorvidos a grupos aniônicos fixos presentes na parede celular (Brady & Duncan, 1994).

Epiphany et al. (2001) afirmaram que a levedura *S. cerevisiae* possui grande capacidade adsorviva de substâncias orgânicas, e concluíram que íons são adsorvidos pela parede da levedura.

A adição de cultura de levedura na mistura mineral, afetou positivamente o consumo e a absorção em bovinos (Higginbotham et al., 1994).

A Agência de Inspeção de Alimentos Canadense (Canadian Food Inspection Agency – CFIA) apresenta na sua classificação uma forma de mineral denominada de metal-levedura desidratada (levedura enriquecida com mineral), que consiste de um produto seco composto de levedura produzida de um gênero não modificado de *Saccharomyces* e o meio no qual ela cresceu. Este meio não deve ser enriquecido com níveis de minerais acima da exigência para o crescimento da levedura com a exceção do metal em questão (Langwinski & Patiño, 2001).

As leveduras desidratadas produzidas no Brasil são mortas, pois, no seu processo de industrialização, sofrem termólise, ocasionando o rompimento e destruição das células, diferenciando-se das leveduras importadas, que são células vivas (Machado, 1997).

Yamada et al. (2003) concluíram que a levedura íntegra, obtida como resíduo em destilaria de álcool, apresenta menor digestibilidade e menor poder de promover crescimento, em ratos, do que a levedura proveniente de cervejaria.

Yamaguchi et al. (2004) concluíram que a levedura de zinco possui biodisponibilidade alta em ratos, e sua administração induz à um efeito anabólico na calcificação dos ossos *in vivo*. Observaram ainda que o efeito da levedura de zinco foi maior do que o óxido de zinco.

2.7. Suplementação com zinco oral na profilaxia das pododermatites

Vários microelementos minerais tem sido utilizados como nutrientes para prevenção ou tratamento de “foot rot” em ruminantes. Gao et al. (1992) relataram o efeito benéfico de sal contendo zinco, cobre e iodo, em caprinos com “foot rot”.

O zinco oral foi empregado na prevenção e tratamento das pododermatites em bovinos, com bons resultados (Demertzis & Millis, 1973; Hidiroglou, 1980; Smith, 1993). Bonomi (1964, apud Demertzis & Mills, 1973)) sugeriu que pododermatites infecciosa no gado pode estar relacionada com o baixo teor de zinco nos animais.

López et al. (1999) concluíram que o efeito terapêutico do zinco sobre “foot rot” pode estar relacionado com a pré-existência de uma condição deficiente de zinco e que animais com concentrações normais de zinco são não responsivos à suplementação de zinco. Nos animais deficientes a suplementação causaria a ativação de linfócitos T (Absatirov, 1984) e a estimulação da atividade fagocitária (Arkhangel'skii et al., 1985).

Moore et al. (1988), Greene et al. (1988), Herrick (1989) e Brazle (1993) relataram a diminuição da incidência de “foot rot”, erosão de talão, dermatite interdigital e laminites em bovinos suplementados diariamente com zinco-metionina. A utilização de complexo micromineral orgânico (zinco-metionina, cobre-lisina, manganês-metionina e cobalto) também diminuiu as lesões podais (Nocek, 2000).

O complexo de minerais-traços formado por zinco, cobre, manganês e cobalto têm um papel importante na manutenção da integridade do casco, como ilustrado em um estudo de Nova York que envolveu mais de 3.000 vacas, onde os animais suplementados com o complexo, tiveram menor incidência de lesões podais do que os não suplementados ou suplementados somente com zinco (Nocek et al., 2000).

Brazle (1993) da Universidade Estadual de Kansas, usando um complexo orgânico de zinco obteve uma diminuição significativa da incidência de doenças podais (“foot rot”) do gado em pasto nativo, com redução de 5,38% de animais afetados no lote testemunha para 2,45% no lote tratado ($p < 0,06$). Moore, Johnson e Wayne, da Academia de Ciências do Estado de Illinois, trabalhando durante um ano em gado leiteiro, conseguiram melhora significativa da textura dos cascos e da

incidência de dermatites interdigitais usando zinco-metionina, razão pela qual alguns especialistas neste distúrbio, aconselham seu uso (Allenstein, 1994).

Reiling et al. (1992) e Harris (1995) afirmaram que o uso de zinco proteinado melhora as condições dos cascos em rebanhos de leite e carne, citando o zinco como um componente essencial do sistema enzimático e um componente integral da queratina, fibras protéicas no casco, pêlos e chifres.

Todavia, Banting et al. (1978) e Egerton et al. (1985), concluíram que a suplementação oral de zinco para ovinos e bovinos, não tem reduzido a incidência ou severidade das lesões podais.

Dembinski & Wieckowski (1987) não encontraram nenhum efeito terapêutico com administração intramuscular de zinco em bovinos com pododermatite. Radostits et al. (2002), informaram que a inclusão de sulfato de zinco na alimentação diária de bovinos não exerceu efeito profilático.

2.8. Concentrações séricas e na sola do casco do elemento zinco

Os métodos para a determinação do aporte de zinco nos animais são relativamente pouco sensíveis. O diagnóstico da deficiência apresenta dificuldades, apesar dos esforços que têm sido feitos no sentido de encontrar critérios confiáveis. Os níveis plasmáticos de zinco têm sido amplamente utilizados para o diagnóstico da deficiência de zinco, tanto em humanos como em animais (McDowell, 1999).

Correia (2001) salientou que passados quase 50 anos da proposta inicial, a espectrofotometria de absorção atômica (AAS) é, hoje em dia, uma técnica analítica consagrada, muito bem estabelecida e utilizada na determinação de elementos metálicos, semimetálicos e não-metálicos em diversos tipos de amostra.

O conteúdo de zinco nos leucócitos é um bom marcador do teor corporal total de zinco por espectrofotometria de absorção atômica, mas não é tecnicamente viável na rotina (Waitzberg, 2004).

Underwood (1979) afirmou que numerosos fatores podem influenciar a determinação do zinco no plasma, por isso sua mensuração não é um método adequado para diagnosticar a deficiência. A hemólise eleva o teor do mineral no plasma, enquanto o estresse e doenças físicas podem diminuir o zinco plasmático.

Kolm et al. (2005) estudaram a variação na concentração de zinco no sangue de 104 eqüinos, sendo as amostras de plasma e sangue total, armazenadas

a menos 70°C até análise. O sangue total foi descongelado e passado em turbilhão até completa hemólise, e as concentrações de zinco no plasma e sangue hemolisado foram determinadas através do espectrofotômetro de absorção atômica. A concentração média do sangue hemolisado foi 4,3 vezes maior que no plasma ($2,76 \pm 0,36$ a $0,64 \pm 0,09 \mu\text{g/ mL}$).

Os processos infecciosos diminuem a concentração de zinco plasmático. Orr et al. (1990), relataram uma diminuição no zinco sérico de bezerros infectados por rinotraqueíte infecciosa bovina, e também durante o estresse transitório da doença respiratória bovina, induzida. A concentração plasmática de zinco diminuiu significativamente, 4 horas após aplicação de endotoxina, de $1,02 \pm 0,23 \text{ mg/L}$ para $0,64 \pm 0,17 \text{ mg/L}$, sendo que 12 horas após a aplicação, a diminuição já não era significativa (Depelchin et al., 1985).

McDowell (1992), informa que uma dieta com baixa concentração de zinco em ruminantes causa declínio imediato desse elemento no plasma, no intervalo de 24 a 36 horas.

A suplementação de zinco-metionina nas dietas parece ter aumentado a formação de anticorpos nos animais vacinados contra HVB-1, mas não contra PI₃ (Spears et al., 1991). Chirase et al. (1991) afirmaram que a suplementação de zinco aumentou a taxa de recuperação de bovinos estressados pelo HVB-1.

Pavlata et al. (2005) relataram que o diagnóstico preventivo do estado mineral deve receber maior atenção individual nas categorias dos bovinos, pois apresentam. Sempre que se realizar a suplementação de alimento em rações, um teste metabólico deve ser conduzido para conferir a efetividade das medidas.

Os níveis de zinco nos eritrócitos de bovinos da raça Keteku (resistente à tripanossomíase), foram maiores do que os encontrados nos bovinos da raça White Fulani (sensíveis à tripanossomíase), sugerindo que a tolerância à tripanossomíase pode estar relacionada com a habilidade da raça em conservar o zinco nos eritrócitos (Awojala et al., 1997). O zinco, componente estrutural da enzima glutathiona peroxidase, tem importante papel na manutenção da estrutura de membranas, atuando como antioxidante (Cohen & Hochstein, 1963; Fernandez & O'dell, 1983).

Gooneratne et al. (1994) e Rabiansky et al. (1999) avaliaram a resposta do elemento zinco em bovinos suplementados com cobre orgânico e inorgânico, e

observaram que não houve diferença na concentração plasmática e no fígado dos animais tratados.

Dembinski & Wieckowski (1987) administraram 1,4 mg de zinco/ Kg de peso vivo diariamente, durante 70 dias, e os níveis séricos de zinco não aumentaram significativamente (0,79 e 0,87 µg/mL, antes e depois da aplicação). Egerton et al. (1985), que administraram até 82 mg de zinco/ Kg de peso vivo, diariamente em bovinos e ovinos, em dois períodos de cinco dias, e promoveram um aumento de zinco no soro.

Henry et al. (1997) estudando o efeito de altas concentrações de zinco na dieta de ovinos, por um longo período, concluíram que o fígado e o rim são os órgãos mais sensíveis para se determinar a biodisponibilidade.

Spears (1989) e Grings et al. (1998) observaram que a concentração plasmática de zinco não foi aumentada, após o uso oral desse elemento químico em bovinos. Entretanto, Bengoumi et al. (1998) demonstraram que houve um aumento do teor do zinco plasmático em bovinos, após a suplementação oral desse elemento. Com este fato concordam Piva et al. (1983), pois observaram uma tendência de aumento do zinco plasmático após o uso oral de cultura de levedura em bovinos.

Pesce et al. (1992) salientaram que não há correlação entre o aparecimento do flegmão interdigital e a concentração de zinco no casco. Em geral, os cascos afetados dos bovinos contêm maior quantidade de água, menor quantidade de certos minerais e, particularmente do zinco (Kasari, 1991).

Sugg et al.(1996) encontraram uma concentração de zinco no casco de 82,22 ±1,04 µg/mL, após 112 dias de suplementação com 53 mg de zinco/kg MS em bovinos de corte, hígidos.

Rojas et al. (1995) encontraram concentração média de zinco, no casco de cordeiros, suplementados com zinco orgânico e inorgânico, de 89 a 113 µg/mL.

Wright & Spears (2004) observaram que bezerros alimentados com zinco inorgânico (sulfato) possuíam maiores concentrações de zinco nas amostras da parede do casco, do que os alimentados com zinco orgânico (metionina). A concentração de zinco na sola do casco não foi afetada pela concentração ou fonte de zinco. As amostras da parede do casco continham aproximadamente três vezes mais zinco do que a sola do casco.

Bovinos suplementados com zinco orgânico possuem melhor elasticidade do casco (Reiling et al., 1992) e uma condição qualitativa geral melhor do casco

(Moore et al., 1988; Kessler et al., 2003), comparado com o zinco inorgânico. Smith et al. (1999) observaram não haver diferenças na concentração de zinco dos cascos de vacas Holandesas em lactação, suplementadas com zinco inorgânico (ZnSO_4) ou orgânico (Zinco-metionina). Portanto, os resultados da melhor avaliação dos cascos dos bovinos alimentados com zinco orgânico se devem à melhor qualidade dos cascos e não à maior concentração de zinco nos cascos (Wright & Spears, 2004).

2.9. Produção de leite e contagem de células somáticas

A adição de um ou mais minerais-traço orgânicos na dieta de bovinos, tem aumentado o crescimento, produção de leite, reprodução e a resposta imune em alguns estudos (Spears, 1996).

Comparativamente aos outros oligoelementos minerais, o zinco é encontrado em taxas relativamente altas no leite de bovinos, de 3,0 a 5,0 mg/ L (Lucci, 1997; Andriquetto et al., 1990; Miller et al., 2000).

Etcheverry et al. (2004) avaliaram que o colostro e o leite possuem a mesma biodisponibilidade de minerais, não havendo portanto diferenças entre eles. Entretanto, Maynard et al. (1984) afirmaram que o colostro possui maior concentração de zinco.

Aumento na produção de leite e a diminuição na contagem de células somáticas, foram observadas na lactação de vacas leiteiras alimentadas com zinco orgânico (Aguilar et al., 1988; Kellog et al., 1989; Galton, 1990; Aguilar & Jordan, 1990; Spears, 1996; Nocek & Patton, 2002).

O papel do zinco na manutenção da integridade epitelial dos tecidos é evidente (Miller et al., 1988). O zinco também diminui a invasão de patógenos na mama por seu papel na produção da queratina do teto. A queratina de revestimento do canal do teto atrai as bactérias e previne a penetração delas para dentro da mama (Craven & Williams, 1985; Nickerson, 1990). Aproximadamente 40% da queratina de revestimento do canal do teto das vacas holandesas é removida no processo de ordenha, assim ela requer contínua regeneração (Capuco et al., 1992).

A pesquisa da Universidade de Missouri demonstrou que a coleta inicial de queratina foi maior dos canais de teto de vacas alimentadas com zinco-metionina, do que vacas alimentadas com uma quantidade equivalente de zinco na forma de

óxido, indicando que a suplementação de uma fonte de zinco mais biodisponível aumentou a produção de queratina no teto. Esses resultados explicam particularmente o modo de ação do complexo zinco-metionina na redução da contagem de células somáticas, verificado por Kellogg et al. (2004), que observaram redução de 33% na contagem de células somáticas em 12 experimentos.

Hatfield et al. (1995) trabalhando com ovelhas, concluíram que ambos os suplementos, zinco-metionina e 14,9% de proteína crua na dieta, resultaram em uma produção de leite mais persistente.

A adição de zinco metionina na dieta, de vacas em lactação, tem aumentado a produção de leite e reduzido a contagem de células somáticas (Herrick, 1989; Kellogg et al., 1989). Contudo, Smith et al. (1997) não observaram aumento na produção de leite em vacas suplementadas com zinco-metionina por 180 dias.

Hardin & Thorne (1993) ao contrário de outros relatos, não observaram mudanças na produção de leite e na contagem de células somáticas nos animais suplementados com zinco. Determinaram que havia uma variação semanal muito grande na contagem de células somáticas dentro dos grupos tratados, e que esse é um comportamento típico em dados de CCS.

Ferguson et al. (2004), relataram que vacas suplementadas com 14 g de complexo micromineral (Zn, Cu, Mn e Co) orgânico por dia, durante 310 dias, não apresentaram incremento significativo na produção de leite e na gordura do leite. Em um estudo de 20 semanas de lactação, a produção de leite e a contagem de células somáticas não diferiram entre vacas que receberam óxido de zinco das que foram suplementadas com zinco na forma proteinada (Greene et al., 1988).

A claudicação afeta o desempenho de vacas no período pós-parto, resultando em perda de condição corpórea (escore corporal) e produção de leite (Boettcher & van Dorp, 1999).

3. Objetivos

3.1. Objetivo Geral

Avaliar o efeito da suplementação de zinco na dieta de vacas leiteiras, em lactação, por 180 dias, sobre a concentração sérica e na sola do casco.

3.2. Objetivo Específico

Avaliar o efeito da suplementação de zinco na dieta de vacas leiteiras sobre:

- produção de leite;
- contagem de células somáticas;
- número de lesões podais.

4. Material e Métodos

O estudo foi realizado entre novembro de 2003 a maio de 2004, em colaboração com o Departamento de Clínica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP - Campus de Botucatu – SP, Centro Diagnóstico da Universidade Norte do Paraná – Campus Arapongas – PR, Departamento de Ciências Naturais – Ciência do Solo – UNESP – Campus de Botucatu – SP e a propriedade “Sítio Yamamoto”, município de Rio Bom – PR (Figura 1).

A propriedade de 134ha possui solo latosolo vermelho, com altitude média de 480 m, latitude 23° 45` 10`` S e longitude 51° 24` 50`` W, clima subtropical úmido mesotérmico, com regime pluvial de setembro a abril e período seco e frio de maio a agosto.



Figura 1 – Sistema “free-stall” da propriedade “Sítio YAMAMOTO”

4.1. Formação dos grupos de animais

Os animais utilizados pertenciam a um plantel de criação intensiva e produtora de leite do tipo B, formado por vacas da raça Holandesa preto e branco (Figura 2), pura de origem, entre o 1º e o 3º mês de lactação, produzindo em média, 23 kg/leite/dia, com idade entre 2,5 e 6 anos, peso médio corporal de 500 kg. Os animais foram identificados por meio de brincos (PVC). O rebanho foi mantido em regime de confinamento (free-stall), em piso de concreto. Durante o transcorrer do experimento, todos os animais receberam o mesmo manejo e a mesma alimentação, distribuída em duas porções iguais diárias, constituídas no total por 35kg de silagem de milho, acrescidos de 8 kg de concentrado¹, e mistura mineral² e água *ad libitum*. A dieta básica atende as exigências nutricionais, conforme o NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC (2001).



Figura 2 – Vacas Holandesas preto e branco pertencentes ao grupo de animais do ensaio

Do plantel de 189 vacas em lactação, foram selecionados, dentre os animais que estavam no início da lactação, 35 animais com claudicação, devido a

¹ Colari 20%®

² Fosbov 20 Tortuga®

lesões de casco, de acordo com o protocolo proposto por Greenough & Weaver (1997). Do grupo de animais que apresentaram claudicações, 20 foram aleatoriamente escolhidos, de modo a formarem o **grupo G1** e 15 animais formaram o **grupo G3**, denominados grupos de animais com claudicação. O **grupo G2** foi formado, dentre os animais que estavam no início da lactação, por 10 animais que não apresentavam claudicação, denominado grupo de animais sem claudicação. Após a contenção no tronco de casqueamento, foi realizada a imobilização do membro e removido os detritos com água, sabão e escova, de cada um dos dígitos, e para maior precisão no exame, foi realizada previamente “toailete”. As lesões foram enumeradas e classificadas quanto ao tipo, de acordo com a nomenclatura proposta por Weaver (1981), e registradas em prontuários individuais (adaptado de Souza, 2001 – Anexos 1 e 2), sendo fotografadas individualmente os quatro membros dos 45 animais participantes do experimento. As análises das lesões ocorreram nos dias zero, 90 e 180, através de prontuários e fotografias (Figura 3 e 4) (Sugg et al., 1996; Chaplin, et al., 2000).



Figura 3 – Dígito de vaca do ensaio com lesões.



Figura 4 – Dígito de vaca do ensaio sem lesões.

4.2. Suplementação de zinco

O período experimental foi dividido em dois, um de 25 dias, no qual os animais se adaptaram ao manejo (free-stall) e a alimentação (dieta basal), seguido de outro de 180 dias, no qual foi fornecido além da dieta basal uma suplementação de 5g de levedura de *Saccharomyces cerevisiae*³, como fonte de zinco, representando uma suplementação de 750 mg/vaca/dia, para um dos grupos de animais com lesões podais e para o grupo de animais sem lesões podais.

Os três grupos ficaram assim dispostos quanto à dieta: **Grupo 1**, animais claudicantes e que receberam por via oral, além da dieta basal, 5g/dia de levedura de *Saccharomyces cerevisiae*; **Grupo 2**, animais sem claudicação e que receberam suplementação de 5g/dia de levedura de *Saccharomyces cerevisiae*; **Grupo 3**, animais claudicantes e que não receberam suplementação de zinco.

4.3. Coleta de amostras

De todos os 45 animais que constituíram os três grupos, foram retiradas amostras de sangue, mediante punção jugular, com agulhas hipodérmicas 40 x 12, diretamente em tubos de ensaio de 10 mL⁴ sem anticoagulante. A coleta das amostras ocorreu nos dias zero, 90 e 180. Os frascos foram identificados, conforme o número de cada animal, e após 8 horas de descanso para obtenção de soro, foi retirado o sobrenadante, sendo acondicionados em tubos de 1,5 mL⁵, em triplicatas, e em seguida em caixa térmica contendo gelo e transportados para o laboratório do

³ Bioplex Zinco Allthec®

⁴ Vacutainer-BD®

⁵ Eppendorf®

Centro Diagnóstico da UNOPAR – Arapongas – PR, onde foram mantidos em freezer a – 20°C.

Em cada um dos animais dos três grupos, foi realizada a lavagem completa da sola do casco de cada membro, com água e o excesso de água secado com papel toalha, seguida do “toalete” da sola (raspagem e curetagem de todo o tecido queratinizado, normal e lesado), e coletado aproximadamente 2 g de tecido da sola do casco de cada membro, sendo em seguida cada amostra acondicionada em saco plástico devidamente identificado, contendo o número do animal correspondente e o código do casco (TD - torácico direito; TE – torácico esquerdo; PD – pélvico direito; PE – pélvico esquerdo). A coleta das amostras ocorreu nos momentos zero, 90 e 180.

4.4. Determinação do zinco no soro sanguíneo

As amostras de soro congeladas foram retiradas do congelador e deixadas na bancada até atingirem a temperatura ambiente. Dos tubos de 1,5 mL, foram retiradas alíquotas de 0,5 mL e transferidas para tubos de Kjeldahl de 50 mL, adicionando-se três mililitros de ácido nítrico e dois mililitros de ácido perclórico (Demertzis & Mills, 1973) e aquecendo-se a mistura em sistema de bloco digestor de 48 bocas a 100°C, em capela de exaustão de gases. Após a completa destruição da matéria orgânica e solubilização da amostra, deixou-se esfriar, até atingir a temperatura ambiente, completando o volume, até cinco mililitros com água bidestilada e acondicionando-se o extrato ácido diluído em frascos de 60 mL⁶ com tampa rosca, previamente identificados com o número do animal e o momento da

⁶ Frascolex

coleta. Após esse procedimento, todas as amostras foram enviadas ao Laboratório de Solos, Departamento de Ciências Naturais – Ciência do Solo – UNESP – Campus de Botucatu – SP para a determinação do zinco, analisadas por espectrofotômetro de absorção atômica com forno de grafite⁷ (chama oxidante –AAS - $\lambda = 213,9$ nm) (Correia, 2001). Todas as dosagens realizadas no soro foram feitas em triplicata.

4.5. Determinação do zinco na sola do casco

As amostras de casco foram moídas em moinho tipo Willye⁸, de forma a atingir diâmetro correspondente a 851 μm (ou 20 “mesh”) de abertura de malha, possibilitando uma perfeita homogeneização da amostra e colocadas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 100°C, por 24 horas, até formar massa constante. Três porções de 0,1 g de cada amostra foram transferidas para tubos de Kjeldahl de 50 mL, aos quais foram adicionados cinco mL de ácido nítrico e dois mL de ácido perclórico (Demertzis & Mills, 1973) e aquecendo-se a mistura em sistema de bloco digestor de 48 bocas a 100° C, em capela de exaustão de gases. Após a completa destruição da matéria orgânica e solubilização da amostra, deixou-se atingir a temperatura ambiente, completando o volume, até 50 mL com água bidestilada e acondicionando-se o extrato ácido diluído em frascos de 60 mL com tampa rosca, previamente identificados com o número do animal, membro e o momento da coleta. Após esse procedimento, todas as amostras foram enviadas ao Laboratório de Solos para a determinação do zinco, analisadas por espectrofotômetro de absorção atômica com forno de grafite (chama oxidante –AAS

⁷ Varian – modelo AA-800

⁸ Tecnal – modelo TE 650

- $\lambda = 213,9 \text{ nm}$) (Correia, 2001). Todas as dosagens realizadas na sola do casco foram feitas em triplicata.

4.6. Determinação da produção de leite e da contagem de células somáticas

O rebanho da propriedade é submetido mensalmente ao controle leiteiro pela Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa. Os animais do experimento também foram submetidos ao controle leiteiro, e através da análise do relatório de número 2, sumário de células somáticas e produção (Anexo 3), foram determinadas a produção leiteira e a contagem de células somáticas, em sete momentos, de novembro de 2003 a maio de 2004.

Foi coletado em frascos padronizados de 40 mL, contendo conservante, leite de todos os quartos de cada vaca, identificados, homogeneizados e acondicionados adequadamente. As amostras foram encaminhadas ao laboratório central de análises do programa de análise de rebanhos leiteiros do Paraná, onde foram submetidas ao método de contagem eletrônica de células somáticas⁹.

4.7. Análise estatística

Para a variável quantidade de zinco no soro e no casco dos animais e na produção de leite, os grupos foram comparados pela análise multivariada de perfil (Morrison, 1990) com avaliações, em média, nos vários momentos estudados. O

⁹ Bentley Somacount 500

estudo clínico do efeito da adição de zinco na ração foi avaliado, quanto à proporção de animais que apresentaram melhora nas lesões, pelo teste exato de Fisher, para comparação de proporções (Zar, 1996).

O delineamento foi inteiramente ao acaso. A comparação estatística dos resultados, obtidos das análises das concentrações de zinco nas amostras, foi submetido à análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey, para comparação de médias ($P \leq 0,05$).

Para a contagem de células somáticas foi utilizada a análise não paramétrica com aplicação do teste de Friedman para comparação dos momentos, em cada grupo, e teste de Kruskal-Wallis para comparação de grupos em cada momento (Zar, 1996).

5 Resultados e Discussão

5.1. Dosagem das concentrações de zinco no soro

A Tabela 1 mostra os valores médios das concentrações de zinco sérico, nos diferentes grupos estudados.

Tabela 1- Médias das concentrações de zinco nos soros ($\mu\text{g/mL}$) nos diferentes grupos em diferentes momentos

Grupos	Momentos			P. value
	M0	M90	M180	
G1	$0,84 \pm 0,17^A$	$0,87 \pm 0,25^A$	$1,16 \pm 0,26^B$	$P < 0,01$
G2	$0,86 \pm 0,06$	$0,78 \pm 0,12$	$1,03 \pm 0,42$	0,20
G3	$0,90 \pm 0,13$	$0,87 \pm 0,22$	$0,92 \pm 0,17$	0,74
P. value	0,49	0,63	0,10	

Letras maiúsculas comparam médias dentro de cada grupo.

Médias seguidas de pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($P > 0,05$).

A análise estatística dos resultados demonstrou não haver diferenças significativas entre os grupos, portanto não ocorreu aumento do zinco sérico, embora tenha ocorrido aumento do valor de zinco sérico nos grupos tratados (G1 e G2) nos últimos 90 dias do experimento, enquanto o grupo controle manteve praticamente o mesmo valor, conforme representa a figura 5. No grupo 1 (G1), ocorreu aumento significativo da concentração de zinco ($0,84 \pm 0,17$ para $1,16 \pm 0,26 \mu\text{g/mL}$) ao final dos 180 dias do experimento.

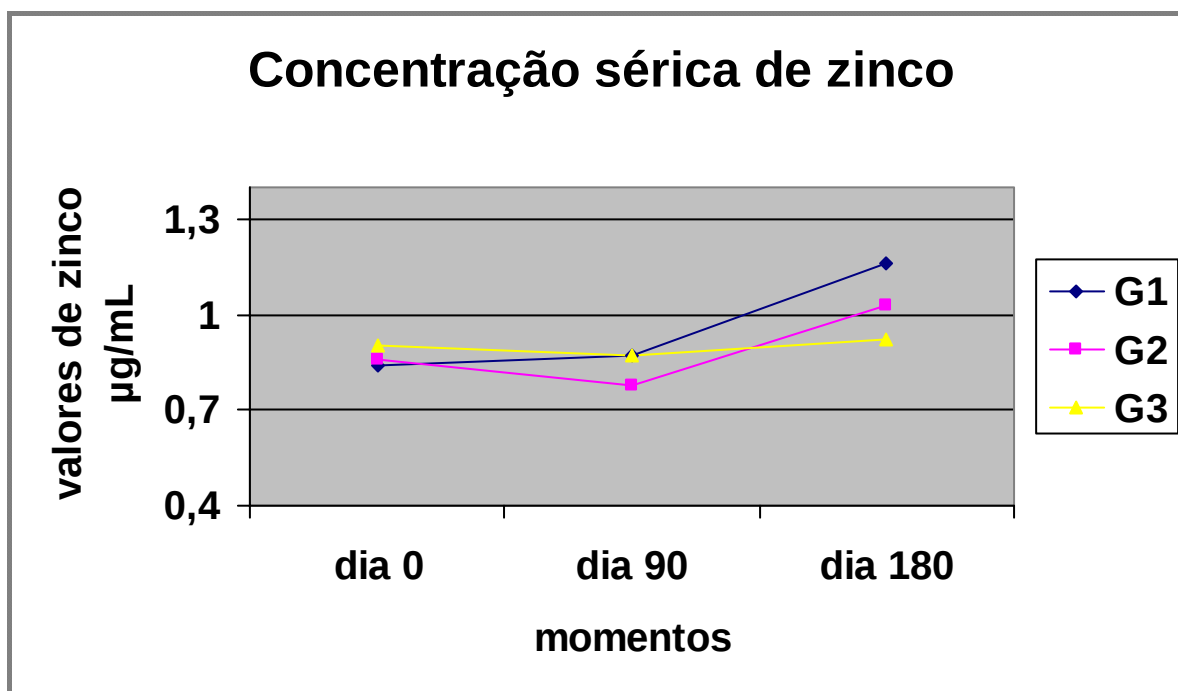


Figura 5 – Gráfico das médias das concentrações séricas de zinco ($\mu\text{g/mL}$) nos animais dos diferentes grupos e nos diferentes momentos

Os valores de zinco séricos encontrados neste trabalho ($0,78 \pm 0,12$ a $1,16 \pm 0,26 \mu\text{g/mL}$), são compatíveis com os valores da literatura, os quais apresentam pequena variabilidade. Segundo Lamand (1978), Lamand (1987), Miller et al. (1988), Peixoto et al. (1995), Bengoumi et al. (1998) e Rebhun (2000), os valores se situam entre $0,8 \mu\text{g/mL}$ a $1,2 \mu\text{g/mL}$ para os bovinos.

Entretanto os resultados obtidos divergem dos detectados por Pardo (2001), que registrou valores superiores na concentração de zinco plasmático ($4,71 \pm 1,25$ a $5,03 \pm 0,76 \mu\text{g/mL}$). Contudo, a utilização de peróxido de hidrogênio, ao invés de ácido perclórico, pelo autor, para digestão da matéria orgânica, pode ter influenciado os resultados.

Um fator importante que deve ser observado quando da análise de amostras de soro ou plasma, é a presença de hemólise, pois a concentração de zinco intra-eritrocitária é três a quatro vezes superior. Os estudos de Awojala et al. (1997) e Kolm et al. (2005) confirmam a maior concentração de zinco do sangue hemolisado em relação ao plasma.

A ausência de resultados significativos observados neste estudo, quanto ao aumento na concentração de zinco sérico em animais suplementados, está de

acordo com outras pesquisas (Beeson et al., 1977; Spears et al., 1991; Bengoumi et al., 1998; López et al., 1999).

Contudo, os experimentos realizados em bovinos alimentados com uma dieta rica em zinco por Miller et al. (1970), Wright & Spears (2004) e Popovic (2004), e em ovinos por Rojas et al. (1995) e Henry et al. (1997) apresentaram aumento plasmático na concentração de zinco.

Ao que parece o aumento sérico de zinco está relacionado à demanda e a oferta do elemento. Assim sendo, quando a suplementação é muito superior à demanda, ocorre aumento no teor sérico, confirmam as pesquisas de Egerton et al. (1985) e Dembinski & Wieckowski (1987). Embora os resultados desta pesquisa demonstraram não ter aumento significativo do teor de zinco sérico, foi observado aumento progressivo a partir do momento 90 (figura 5), concomitante ao declínio da produção leiteira, portanto com diminuição da demanda. Este fato sugere que se os animais continuassem a receber a suplementação, provavelmente ocorreria significância.

O teor de zinco sérico de animais com dietas deficientes em zinco, manteve-se dentro dos valores de referência (Engle et al., 1997), mesmo nas épocas do ano em que a forragem apresentava deficiência (Guimarães et al., 1992). Todavia, alguns autores relataram que os processos infecciosos diminuem a concentração do zinco sérico (Depelchin et al., 1985; Orr et al., 1990; Chirase et al., 1991; Spears et al., 1991; Chirase et al., 1994). Devido essas variações é que a concentração sérica de zinco tem sérias limitações para o estabelecimento do teor de zinco nos animais (Keen & Graham, 1989; Swenson et al., 1996; Henry et al., 1997; Olson et al., 1999), no entanto, alguns autores têm citado concentrações de zinco sérico ou plasmático nos seus estudos de eficácia da suplementação de zinco no tratamento do "foot rot". A eficácia poderia estar ligada à pré-existência de uma deficiência de zinco nos animais afetados, baseado no baixo nível sérico ou plasmático (Lopez et al., 1999). Os resultados obtidos na pesquisa, demonstram não haver deficiência de zinco nas vacas analisadas, o G3 (controle) apresentou valores séricos dentro do padrão de normalidade.

É difícil estabelecer quando o nível sérico ou plasmático de zinco está normal ou baixo. Em ruminantes, níveis séricos normais de zinco estão entre 0,72 e 1,17 µg/mL, e animais com níveis abaixo de 0,68 µg/mL são considerados deficientes (Lamand, 1987). McDowell et al. (1997) afirmaram que para se

determinar a deficiência em grandes populações de ruminantes, deve-se considerar uma combinação de concentração baixa de zinco no plasma (0,6 a 0,8 µg/mL) e na forragem (40 mg/ Kg de MS), e que este procedimento seria um bom indicador do estado do zinco.

López et al. (1999) afirmaram que nos trabalhos em que a suplementação oral de zinco não teve efeito profilático e nem terapêutico, os animais tiveram níveis séricos dentro do normal.

Neste experimento, o zinco foi adicionado à cultura de levedura *Saccharomyces cerevisiae*, linhagem Yea-Sacc 1026¹⁰, cuja recomendação de inclusão é de 5 g/ cabeça/dia. Neste nível de inclusão, o efeito da levedura não pode ser considerado como uma fonte de proteína e sim como metabólico.

5.2. Dosagem das concentrações de zinco na sola do casco

A Tabela 2 mostra os valores médios das concentrações de zinco na sola do casco, nos diferentes grupos estudados.

Tabela 2- Médias das concentrações de zinco na sola do casco (µg/mL) nos diferentes grupos em diferentes momentos

Grupos	Momentos			P. value
	M0	M90	M180	
G1	74,23 ±8,28 ^A	83,25 ±15,65 ^{AB}	86,57 ±8,17 ^{Ba}	0,03
G2	67,35 ±3,74 ^A	84,23 ±9,72 ^B	74,81 ±7,19 ^{ABb}	0,05
G3	69,00 ±6,35 ^A	93,91 ±11,74 ^B	91,23 ±11,09 ^{Ba}	P< 0,01
	0,06	0,11	0,03	
P. value				

Letras maiúsculas comparam médias dentro de cada grupo.

Letras minúsculas comparam médias entre grupos.

Médias seguidas de pelo menos uma letra igual não diferem significativamente (P > 0,05).

¹⁰ Cepa de *Saccharomyces cerevisiae* da Allthec®

A análise estatística dos resultados demonstra haver diferenças significativas ($P < 0,05$) nos grupos ao final de 180 dias de experimento, e em todos os grupos as solas dos cascos apresentam aumento do teor de zinco, conforme demonstra a tabela 2. O grupo 3 (G3 - controle) embora não tenha recebido suplementação de zinco apresentou a maior concentração de zinco na sola do casco, $91,23 \pm 11,09 \mu\text{g/mL}$, significativamente superior ao grupo 1 e 2, conforme ilustra a figura 6.

Portanto, a adição de 750 mg/animal/dia de zinco orgânico na dieta de vacas leiteiras em lactação por 180 dias, não foi preponderante no aumento do teor de zinco na sola do casco.

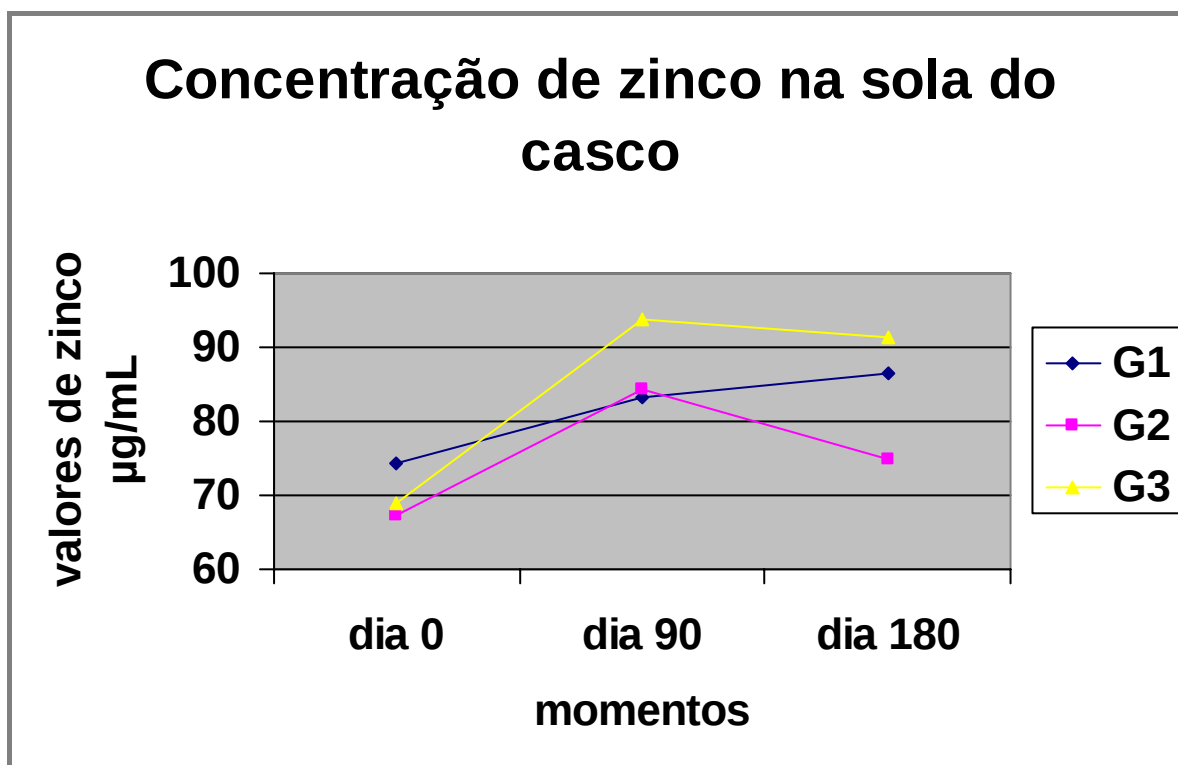


Figura 6 – Gráfico das médias das concentrações de zinco ($\mu\text{g/mL}$) na sola do casco nos animais dos diferentes grupos e nos diferentes momentos

Os valores de zinco, de 67,35 a 93,91 $\mu\text{g/mL}$, encontrados na sola do casco dos animais deste estudo, são compatíveis com os descritos na literatura, compreendidos entre 37,75 a 111,8 $\mu\text{g/mL}$ (Hidirouglou & Willians, 1986; Sugg et al.,

1996; Smith et al., 1997; Pardo, 2001), independente da concentração ou fonte de zinco na dieta (Rojas et al., 1995; Smith et al., 1999; Wright & Spears, 2004).

O fato de os animais do grupo controle (G3) mostrarem uma maior concentração de zinco na sola do casco, indica que outros fatores estão atuando, além da dieta. O número de lesões por dígitos, parece ter sido um fator que influenciou significativamente os resultados desta pesquisa, e a variação individual de cada animal, foi apontada por Pardo et al. (2004), como sendo outro fator importante.

Bovinos suplementados com zinco orgânico possuem melhor elasticidade do casco (Reiling et al., 1992) e uma condição qualitativa geral melhor do casco (Kessler et al., 2003), comparado com o zinco inorgânico. Portanto, os resultados da melhor avaliação dos cascos dos bovinos alimentados com zinco orgânico se devem à melhor qualidade e não a maior concentração de zinco nos cascos (Wright & Spears, 2004). Entretanto, discordam Kasari (1991) e Lukyanouskii & Filippovyu (1991), para os quais o fornecimento de uma fonte de microelementos de fácil assimilação, aumenta os teores de zinco.

A disparidade nos resultados encontrados pelas várias investigações focadas na suplementação com zinco e saúde podal poderia estar relacionada com o teor de zinco nos animais (Lopez et al. 1999).

A Tabela 3 mostra os valores médios das concentrações de zinco de cada membro, nos diferentes grupos estudados.

Tabela 3 - Médias das concentrações de zinco na sola do casco ($\mu\text{g/mL}$) de cada membro nos diferentes grupos e em diferentes momentos

Grupos	Momento M0				P. value
	TD *	TE	PD	PE	
G1 e G3	74,37 $\pm$ 8,48	71,01 $\pm$ 11,30	73,00 $\pm$ 11,12	71,25 $\pm$ 11,25	0,79
G2	69,36 $\pm$ 6,68	67,86 $\pm$ 2,91	66,00 $\pm$ 5,68	66,18 $\pm$ 5,57	0,48
	0,39	0,47	0,12	0,27	
P. value					

Momento M90					
Grupos	TD	TE	PD	PE	P. value
G1	81,16 ±20,23	83,65 ±16,45 ^a	84,93 ±18,71	83,25 ±23,36	0,91
G2	78,29 ±10,13	93,56 ±21,84 ^{ab}	81,67 ±8,06	83,68 ±12,74	0,13
G3	85,28 ±8,28 ^A	110,56 ±21,83 ^{Bb}	85,81 ±13,13 ^A	93,97 ±14,73 ^A	P< 0,01
	0,67	0,05	0,845	0,31	
P. value					

Momento M180					
Grupos	TD	TE	PD	PE	P. value
G1	85,20 ±11,87	90,27 ±13,48	84,89 ±9,54 ^a	85,91±10,31 ^a	0,36
G2	76,56 ±9,27 ^{AB}	81,87 ±10,29 ^B	69,53±12,51 ^{Ab}	71,28 ±5,78 ^{Ab}	0,03
G3	89,64 ±16,68	95,97 ±18,14	87,79 ±9,61 ^a	91,50 ±17,98 ^a	0,49
	0,14	0,15	0,02	P< 0,01	
P. value					

Letras maiúsculas comparam médias dentro de cada grupo.

Letras minúsculas comparam médias entre grupos.

Médias seguidas de pelo menos uma letra igual não diferem significativamente (P > 0,05).

* TD – torácico direito; TE – torácico esquerdo; PD – pélvico direito; PE – pélvico esquerdo.

A análise estatística dos resultados demonstra haver diferenças significativas (P< 0,05) nos grupos e entre grupos em diferentes momentos, ocorrendo variação significativa do elemento zinco na sola do casco de cada membro locomotor. O grupo três (G3) no momento 90 e grupo dois (G2) no momento 180, apresentaram concentração de zinco na sola do casco significativamente maior do membro torácico esquerdo (TE) em relação aos demais. Assim sendo, pelos resultados obtidos há uma variação nos teores de zinco na sola dos cascos de cada um dos membros, quer sejam os animais claudicantes ou não, e com ou sem suplementação.

A Tabela 4 mostra os valores médios das concentrações de zinco dos membros torácicos e pélvicos, nos diferentes grupos estudados.

Tabela 4 - Médias das concentrações de zinco na sola do casco ($\mu\text{g/mL}$) dos membros torácicos e pélvicos nos diferentes grupos e em diferentes momentos

Momento M0			
Grupos	TD/ TE *	PD/ PE *	P. value
G1 e G3	72,69 $\pm$ 7,67	72,12 $\pm$ 10,07	0,80
G2	68,61 $\pm$ 4,07	66,09 $\pm$ 5,43	0,31
P. value	0,32	0,14	
Momento M90			
Grupos	TD/ TE	PD/ PE	P. value
G1	82,41 $\pm$ 16,22 ^a	84,09 $\pm$ 18,58	0,79
G2	85,93 $\pm$ 13,00 ^{ab}	82,53 $\pm$ 7,65	0,56
G3	97,92 $\pm$ 15,55 ^b	89,89 $\pm$ 10,40	0,15
P. value	0,042	0,47	
Momento M180			
Grupos	TD/ TE	PD/ PE	P. value
G1	87,73 $\pm$ 10,66 ^A	85,40 $\pm$ 8,87 ^{Aa}	0,42
G2	79,22 $\pm$ 8,35 ^A	70,41 $\pm$ 7,85 ^{Bb}	0,02
G3	92,80 $\pm$ 15,86 ^A	89,65 $\pm$ 9,10 ^{Aa}	0,43
P. value	0,09	P < 0,01	

Letras maiúsculas comparam médias dentro de cada grupo.

Letras minúsculas comparam médias entre grupos.

Médias seguidas de pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($P > 0,05$).

* TD/TE – membros torácicos; PD/PE – membros pélvicos.

A análise estatística dos resultados demonstra haver diferenças significativas ($P < 0,05$) nos grupos e entre grupos em diferentes momentos, no momento 90 os animais do G1 e G2 apresentaram concentrações de zinco na sola do casco dos membros torácicos, estatisticamente menores do que G3, assim como no momento 180, onde G1 e G3 obtiveram concentrações dos membros pélvicos significativamente maiores do que G2. No momento 180, fica evidente a maior concentração de zinco na sola do casco dos membros torácicos, nos três grupos estudados, conforme ilustra a figura 7.

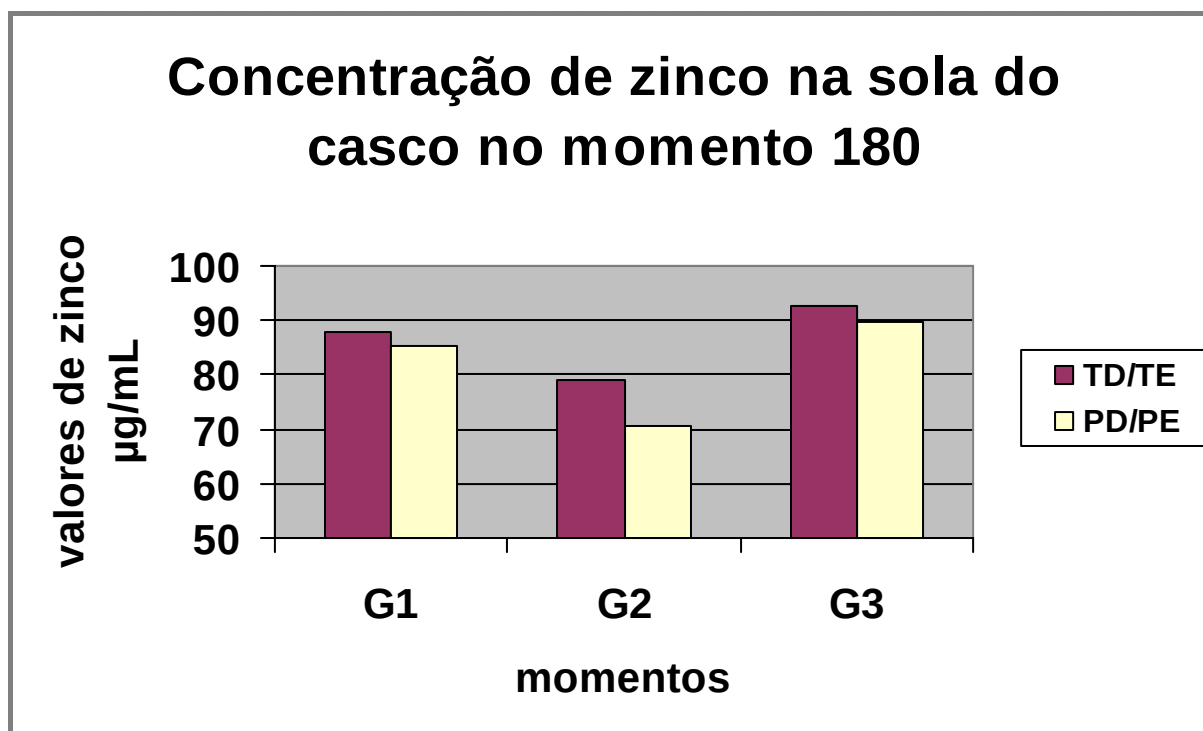


Figura 7 – Gráfico das médias das concentrações de zinco ($\mu\text{g/mL}$) na sola do casco, dos membros torácicos e pélvicos dos animais, nos diferentes grupos e no momento 180

A maior concentração de zinco nos membros torácicos, presente nesta pesquisa, pode ser explicada pela menor quantidade de água, em relação aos pélvicos (van Amstel et al., 2004), conseqüentemente, o teor de minerais tende a ser mais elevado. Outro fator é que as unhas dos membros torácicos são maiores e possuem solas mais grossas do que as unhas pélvicas (Vermunt & Greenough, 1995).

A Tabela 5 mostra os valores médios das concentrações de zinco por animal nos grupos com claudicação e sem claudicação em momento zero (M0).

Tabela 5- Médias das concentrações de zinco na sola do casco ($\mu\text{g/mL}$) por animal nos grupos com claudicação e sem claudicação em momento zero (M0)

Grupos	Momento M0
	Animal (4 patas)
G1 e G3	71,91 $\pm$ 7,81
G2	67,35 $\pm$ 3,74
P. value	
0,15	

A análise estatística dos resultados demonstra não haver diferenças significativas ($P > 0,05$) entre grupos no momento zero (M0), apesar dos animais com claudicação (G1 e G3) apresentarem uma concentração maior de zinco na sola do casco do que os animais sem claudicação (G2), essa diferença não foi significativa estatisticamente.

Entretanto, como demonstra a tabela 5, a média da concentração de zinco na sola do casco avaliada por animal (4 dígitos), pode não demonstrar totalmente a realidade, já que existe variabilidade significativa entre dígitos conforme a tabela 3. Com base nessa informação para melhor avaliar a variação do elemento zinco na sola do casco de vacas com e sem claudicação, foram coletados dados da concentração de zinco na sola e análises fotográficas de 50 dígitos, sendo os 25 dígitos com menor incidência de lesões podais, comparadas com os 25 dígitos, de maior incidência de lesões, conforme demonstra a tabela 6.

Tabela 6 – Médias das concentrações de zinco na sola do casco ($\mu\text{g/mL}$) por dígitos de animais nos grupos com menor número de lesões (A) e com maior número de lesões podais (B) em momento zero (M0)

Grupo	Nº de dígitos avaliadas	Nº médio de lesões	Concentração média de zinco $\mu\text{g/mL}$
A	25 (12 vacas)	19 (0,76/dígito)	$68,47 \pm 5,48^a$
B	25 (15 vacas)	92 (3,68/dígito)	$75,96 \pm 10,61^b$

Letras minúsculas comparam médias entre grupos.

Médias seguidas de pelo menos uma letra diferente diferem significativamente ($P < 0,05$).

A análise estatística dos resultados demonstra haver diferenças significativas ($P < 0,05$) entre grupos no momento zero (M0), ou seja, sem suplementação oral de zinco orgânico, onde os dígitos com lesão obtiveram uma concentração significativamente maior ($75,96 \pm 10,61$) de zinco na sola do casco do que os dígitos sem lesão ($68,47 \pm 5,48$). Portanto, dígitos com lesões possuem maior concentração do elemento zinco na sola do casco.

A presença de um número maior de lesões podais e conseqüentemente o estabelecimento do processo inflamatório e maior necessidade de tecido de reparação (queratina), implicando na maior proliferação e diferenciação de

queratinócitos, exigindo um aporte maior do elemento zinco, poderia explicar o fenômeno.

Reafirmando os resultados da tabela 6, a pesquisa de Pardo et al. (2004), descreve que somente as vacas com lesões podais apresentaram aumento significativo do elemento zinco na sola do casco, contudo os animais eram suplementados.

Entretanto, os resultados obtidos divergem dos detectados por Bagott et al. (1988), que descrevem menor concentração de zinco na sola do casco de vacas claudicantes em relação as normais. Afirmam ainda, que um casco doente contém mais água e menor quantidade de certos minerais, particularmente cálcio, fósforo, cobre e zinco. Todavia, Hidiroglou & Williams (1986), apontaram não ter encontrado diferenças nas concentrações de zinco em cascos de vacas leiteiras com e sem lesões podais.

5.3. Produção de leite em vacas suplementadas

A produção média de leite dos 3 grupos, durante os 180 dias do experimento, não apresentou diferenças significativas estatisticamente, conforme a tabela 7. Assim sendo, a suplementação oral de levedura viva como fonte de zinco não alterou a produção de leite, conforme ilustra a figura 8.

Tabela 7 - Médias da produção de leite em litros por vaca dia, nos diferentes grupos em diferentes momentos

Grupos	Momentos						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
G1	29,7 ^a	27,1	25	24,6	23,2 ^{ab}	21,5	19,5
G2	30,6 ^a	27,7	29	27,2	27,6 ^a	25,6	24,7
G3	25,3 ^b	23,7	23,5	22,7	21,2 ^b	19,8	19,7

Letras minúsculas comparam médias entre grupos.

Médias seguidas de pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($P > 0,05$).

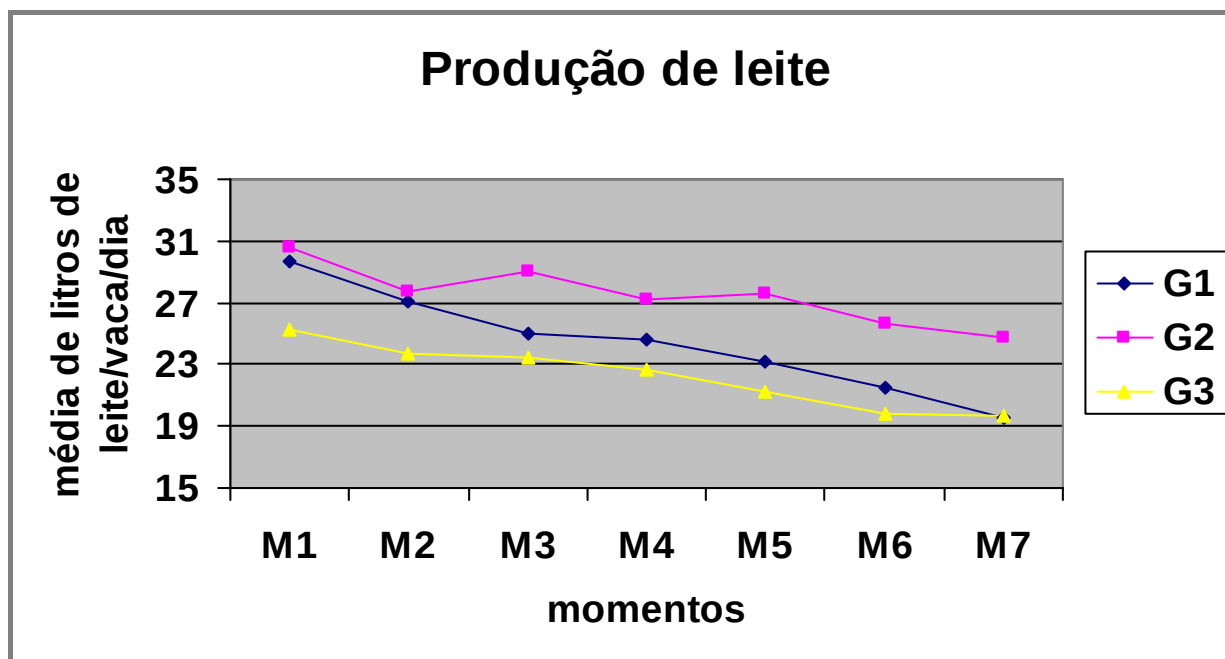


Figura 8. Gráfico das médias da produção de leite em litros por vaca dia, nos diferentes grupos em diferentes momentos

A busca de maior produtividade utilizando microminerais na dieta vem de longa data, Galvão et al. (1973) forneceram zinco via oral para vacas em lactação e não obtiveram resultados positivos para produção de leite, resultado que também foi confirmado neste estudo. A justificativa para a suplementação com zinco é baseada em três hipóteses: na melhora da resposta imunológica da glândula mamária frente à quadros de mastite; na mais rápida e melhor queratinização do canal do teto; na maior excreção de zinco pelo leite em vacas de alta produção.

Os resultados desta pesquisa confirmam os achados de Smith et al. (1997), que também não observaram aumento na produção de leite em vacas suplementadas com zinco orgânico por 180 dias. Neste aspecto, é interessante salientar que a variabilidade na produção de leite entre rebanhos, é muito grande, devido a fatores como a resistência individual dos animais à mastite, a conversão alimentar de cada animal, a idade do animal, o número de lactações, a resposta ao estresse térmico, entre outros.

Por outro lado, os dados do presente estudo discordam dos resultados obtidos por Aguilar et al. (1988), Kellog et al. (1989), e Popovic, (2004), que constataram aumento na produção de leite de vacas alimentadas com zinco orgânico. Contudo Kellog et al. (1989) consideraram como significância estatística

entre os grupos um intervalo muito amplo, onde o valor de “P” foi menor ou igual a 0,10.

5.4. Contagem de células somáticas no leite de vacas suplementadas

A contagem de células somáticas no leite dos animais do grupo 3 (G3 – controle) apresentou aumento significativo estatisticamente, conforme a tabela 8. Portanto, pode-se atribuir a suplementação oral de levedura viva como fonte de zinco, o fato da contagem de células somáticas nos animais manter-se baixa, conforme ilustra a figura 9.

Tabela 8 - Mediana da contagem de células somáticas (1000/mL) por vaca, nos diferentes grupos em diferentes momentos

Grupos	Momentos						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
G1	51	104	98 ^a	113,5	152	81	123,5
G2	47	50	30 ^b	62,5	63,5	66,5	73
G3	44 ^A	94 ^B	116 ^{Ba}	115 ^B	97 ^B	109 ^B	155 ^B

Letras maiúsculas comparam médias dentro de cada grupo.

Letras minúsculas comparam médias entre grupos.

Médias seguidas de pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($P > 0,05$).

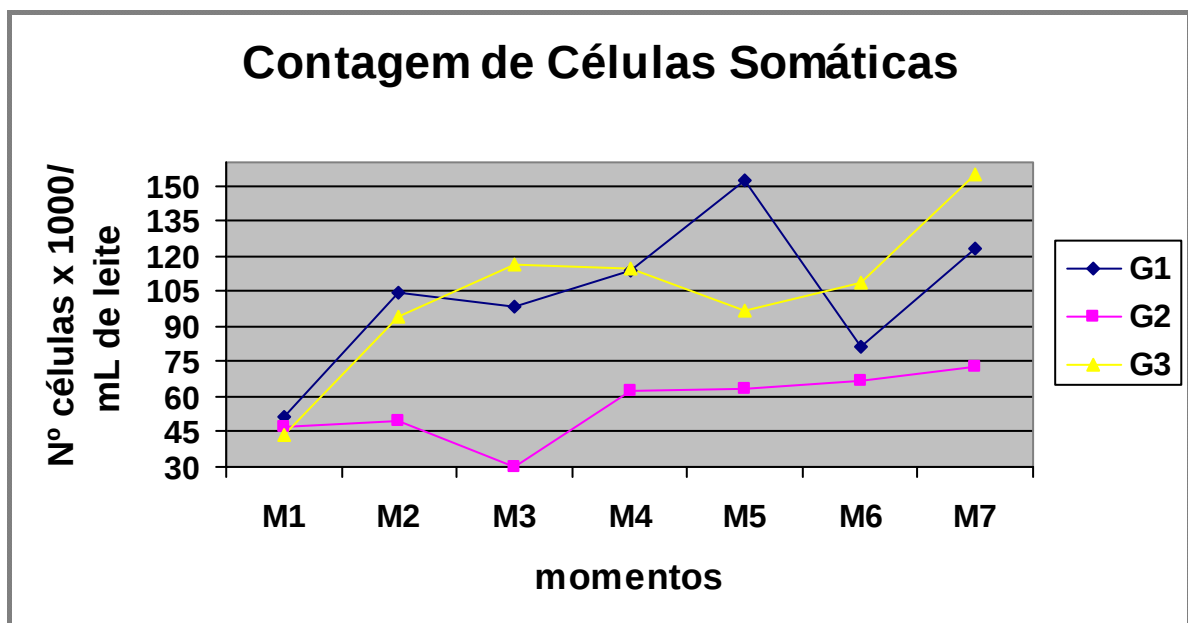


Figura 9. Gráfico das médias da contagem de células somáticas (1000/mL de leite) por vaca, nos diferentes grupos em diferentes momentos

A diminuição na contagem de células somáticas de vacas leiteiras em lactação, alimentadas com zinco orgânico, foram observadas por Kincaid et al. (1984), Aguilar et al. (1988), Kellog et al. (1989), Galton (1990), Aguilar & Jordan (1990), Hansen (1992), Spears (1996), Popovic (2004), e Pereira et al. (2005), confirmando os resultados do presente trabalho.

Outro aspecto importante a se salientar pelos resultados obtidos neste experimento é que ao se realizar a suplementação de vacas em lactação com uma fonte de zinco mais biodisponível, ocorre um aumento na produção de queratina no canal do teto, o que previne a penetração de bactérias para dentro da mama (Craven & Williams, 1985; Nikerson, 1990), explicando a redução da contagem de células somáticas, como foi relatado por Kellogg et al. (2004) em 12 experimentos, com redução de até 33% na contagem de células somáticas no leite de vacas suplementadas com zinco orgânico.

Corroborando com esse entendimento as afirmações de Fonseca & Santos (2000) quando assevera que o zinco possui função essencial na integridade da pele, em especial da glândula mamária e na proteção das membranas celulares contra a ação oxidativa dos radicais livres.

Sabe-se que a mastite subclínica é responsável pela redução da produção de leite (Rebhun, 2000) em níveis que variam de 10 a 26% (Ratnakumar et al., 1996), entretanto neste estudo apesar da suplementação de zinco orgânico manter baixa a contagem de células somáticas (tabela 2), este fator não foi suficiente para influenciar a produção de leite (tabela 1).

Hardin & Thorne (1993) ao contrário deste relato, não observaram mudanças na contagem de células somáticas nos animais suplementados com zinco orgânico. Todavia, determinaram que havia uma variação semanal muito grande na contagem de células somáticas dentro dos grupos tratados, e que esse comportamento típico das células somáticas poderiam influenciar os resultados.

5.5. Comparação do número de lesões por dígito dentro dos grupos

A lesão podal mais incidente na pesquisa foi erosão do talão, representando 69,7% do total, seguida por dermatite interdigital (12,1%), tiloma (7,4%), sola dupla (5,3%), dermatite digital papilomatosa (4,2%), doença da linha

branca (1,1%) e úlcera de sola (0,5%). Estes dados estão de acordo com a literatura consultada (Molina et al., 1999; Ferguson et al., 2004).

O número médio de lesões podais por vaca encontrado no presente estudo foi de 8,9 lesões, resultado semelhante com os dados de literatura. Nicoletti et al. (2001) encontraram, em vacas HPB criadas intensivamente no estado de São Paulo, uma média de 11,38 a 13,2 lesões podais por vaca criadas em “free-stall” e “tie-stall”, respectivamente. Yamamoto (2004), obteve uma média de 9,2 lesões podais por vaca em “free-stall” na região norte do Paraná.

A Tabela 9 demonstra a média do número de lesões na sola do casco, de cada dígito nos diferentes grupos e em diferentes momentos.

Tabela 9 - Média do número de lesões na sola do casco, de cada dígito nos diferentes grupos e em diferentes momentos

Momento M0				
Grupos	TD*	TE	PD	PE
G1	2,5 ±1,1 ^{ABa}	2 ±0,85 ^{Aa}	2,7 ±0,7 ^{ABa}	3,3 ±1 ^{Ba}
G2	0,9 ±0,9 ^b	1,1 ±1,1 ^a	1,4 ±1 ^b	1,6 ±0,8 ^b
G3	2,3 ±0,8 ^a	2,3 ±1,1 ^a	2,3 ±1,4 ^{ab}	2,4 ±1 ^{ab}
Momento M90				
Grupos	TD	TE	PD	PE
G1	2,9 ±0,9 ^{ab}	3,2 ±0,7 ^{ab}	3 ±0,8 ^a	2,9 ±1 ^{ab}
G2	2,6 ±0,5 ^a	2,4 ±0,5 ^a	2,7 ±0,8 ^a	2,1 ±0,4 ^a
G3	3,6 ±0,9 ^b	3,8 ±0,9 ^b	4,1 ±0,8 ^b	3,6 ±1,1 ^b
Momento M180				
Grupos	TD	TE	PD	PE
G1	3 ±0,76 ^{ab}	2,9 ±0,64 ^a	2,9 ± 0,64 ^a	2,7 ±0,88 ^a
G2	2,4 ±0,54 ^a	1,9±0,38 ^b	2,3 ± 0,49 ^a	2,1 ±0,38 ^a
G3	3,6 ±1,31 ^b	3,9 ± 1 ^c	4,3 ± 0,97 ^b	4,1 ±1,17 ^b

Letras maiúsculas comparam médias dentro de cada grupo.

Letras minúsculas comparam médias entre grupos.

Médias seguidas de pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($P > 0,05$).

* TD – torácico direito; TE – torácico esquerdo; PD – pélvico direito; PE – pélvico esquerdo.

A análise estatística dos resultados demonstra haver diferenças significativas ($P < 0,05$) nos grupos e entre grupos em diferentes momentos,

ocorrendo variação do número de lesões por dígitos. O G1 no momento zero apresentou um número significativamente maior de lesões no membro pélvico esquerdo, em relação aos demais membros. O número de lesões dos grupos tratados, G1 e G2, foram menores do que o grupo G3 no momento 90, e significativamente menores no momento 180, como demonstra a tabela 9. Por conseguinte, o número de lesões apresentou variabilidade entre dígitos, e os animais suplementados com zinco orgânico, nos últimos 90 dias do experimento, apresentaram um número de lesões por dígitos significativamente menor.

A Tabela 10 mostra os valores médios do número de lesões dos membros torácicos e pélvicos, nos diferentes grupos estudados e em diferentes momentos.

Tabela 10 - Média do número de lesões na sola do casco dos membros torácicos e pélvicos nos diferentes grupos e em diferentes momentos

Momento M0		
Grupos	TD/ TE*	PD/ PE
G1	4,5 ±1,8 ^{Aa}	5,9 ±1,6 ^{Ba}
G2	2 ±1,7 ^b	3 ±1,6 ^b
G3	4,5 ±1,6 ^a	4,7 ±2,1 ^{ab}
Momento M90		
Grupos	TD/ TE	PD/ PE
G1	6,1 ±1,4 ^a	5,9 ±1,6 ^a
G2	5 ±0,6 ^a	4,9 ±0,7 ^a
G3	7,3 ±1,5 ^b	7,7 ±1,6 ^b
Momento M180		
Grupos	TD/ TE	PD/ PE
G1	5,9 ±1,2 ^a	5,6 ±1,2 ^a
G2	4,3 ±0,8 ^b	4,4 ±0,5 ^a
G3	7,5 ±2 ^c	8,3 ±1,9 ^b

Letras maiúsculas comparam médias dentro de cada grupo.

Letras minúsculas comparam médias entre grupos.

Médias seguidas de pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($P > 0,05$).

* TD/TE – membros torácicos; PD/PE – membros pélvicos.

Os resultados demonstraram haver diferenças significativas ($P < 0,05$) nos grupos e entre grupos em diferentes momentos, ocorrendo variação significativa do número de lesões dos membros torácico e pélvico. O G1 no momento zero apresentou um número significativamente maior de lesões dos membros pélvicos, em relação aos torácicos dos animais analisados. Os animais suplementados (G1 e G2), apresentaram um número significativamente menor de lesões tanto nos dígitos dos membros torácicos, quanto nas dos pélvicos nos momentos 90 e 180, conforme demonstra a tabela 10. Assim sendo, o número de lesões podais apresentou variabilidade entre membros torácico e pélvico, e os animais suplementados com zinco orgânico, nos últimos 90 dias do experimento, apresentaram um número de lesões dos cascos torácicos e pélvicos significativamente menor do que o grupo não tratado.

Os cascos dos membros pélvicos têm maior exposição à urina, fezes e cama úmida, o que pode diminuir a saúde do casco e produzir claudicação (Nocek, et al., 2000; Zurbrigg et al., 2005). Os resultados desta pesquisa evidenciaram um número de lesões podais nos membros pélvicos ligeiramente maior, contudo não significativo estatisticamente, ao contrario de McLennan (1988) e Molina et al. (1999) que encontraram prevalência significativa das lesões podais dos membros pélvicos.

A Tabela 11 mostra os valores médios do número de lesões podais por animal, nos diferentes grupos estudados e em diferentes momentos.

Tabela 11- Média do número de lesões podais por animal de diferentes grupos e em diferentes momentos

Grupos	Momentos		
	M0	M90	M180
G1	10,5 $\pm$ 2,26 ^{Aa}	12,1 $\pm$ 2,22 ^{Aa}	11,5 $\pm$ 1,89 ^{Aa}
G2	5 $\pm$ 2,83 ^{Ab}	9,9 $\pm$ 1,07 ^{Ba}	8,7 $\pm$ 0,96 ^{Bb}
G3	9,2 $\pm$ 3,24 ^{Aa}	15 $\pm$ 2,45 ^{Bb}	15,8 $\pm$ 2,98 ^{Bc}

Letras maiúsculas comparam médias dentro de cada grupo.

Letras minúsculas comparam médias entre grupos.

Médias seguidas de pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($P > 0,05$).

A análise estatística dos resultados demonstra que os animais do G1, permaneceram com número de lesões por animal estatisticamente constante

durante os 180 dias do experimento, enquanto observou-se no grupo controle um aumento constante de lesões podais, conforme ilustra a figura 10. Todavia os animais do G2 obtiveram aumento significativo do número de lesões do momento zero para 90, permanecendo constante nos últimos 90 dias.

Os animais suplementados com zinco orgânico, G1 e G2, obtiveram um número significativamente menor de lesões podais nos momentos 90 e 180, com relação ao grupo controle (G3). Portanto, a suplementação de zinco orgânico em animais com lesões podais após 90 dias não promoveu aumento significativo do número de lesões pré-existentes.

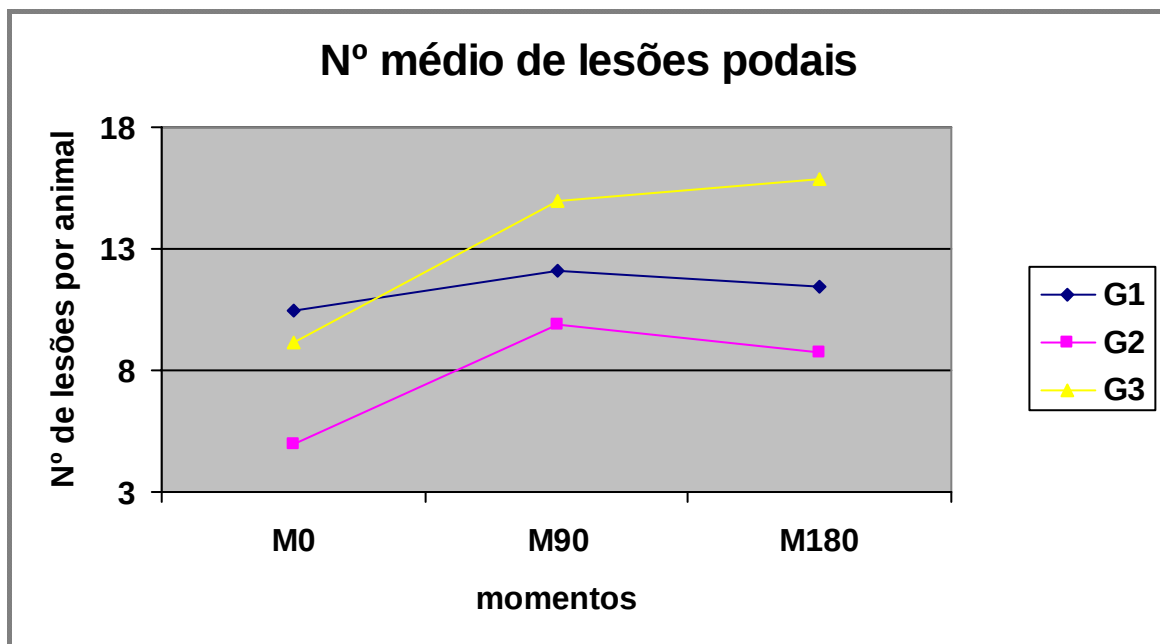


Figura 10 – Gráfico da média do número de lesões por animal nos diferentes grupos e nos diferentes momentos

Os resultados obtidos nesta pesquisa foram semelhantes aos Demertzis & Mills (1973) e Dembinski & Wieckowski (1987), que relataram a diminuição da ocorrência de pododermatites em bovinos que receberam administração oral de zinco. Todavia, a suplementação oral de zinco para ovinos e bovinos, não reduziu a incidência ou severidade das lesões podais nos trabalhos descritos por Banting et al. (1978) e Egerton et al. (1985). A prevalência de lesões podais em bovinos leiteiros sofre influência, além da dieta, do sistema de manejo, idade das vacas e número de partos (Souza, 2001).

6 Conclusões

1. A suplementação oral de 750 mg de zinco orgânico para vacas em lactação por 180 dias não aumentou a concentração sérica de zinco, embora tenha ocorrido aumento do valor de zinco sérico dos grupos tratados (G1 e G2) nos últimos 90 dias do experimento;
2. A adição de 750 mg/vaca/dia de zinco orgânico na dieta de vacas leiteiras em lactação por 180 dias, não aumentou o teor de zinco na sola do casco;
3. A análise de concentração de zinco na sola de casco em bovinos apresenta grande variabilidade individual em cada membro;
4. Os dígitos com lesões apresentaram maior concentração do elemento zinco na sola do casco;
5. A suplementação oral de 750 mg de zinco orgânico para vacas em lactação por 180 dias não alterou a produção de leite;
6. A suplementação oral de levedura viva como fonte de zinco manteve baixa a contagem de células somáticas;
7. O número de lesões apresentou variabilidade entre dígitos e entre membros torácico e pélvico;
8. Os animais suplementados com zinco orgânico, nos últimos 90 dias do experimento, apresentaram um número significativamente menor de lesões por dígitos, e nos membros torácicos e pélvicos, do que o grupo não suplementado.
9. A suplementação de zinco orgânico em animais com lesões podais, após 90 dias, manteve o número das lesões pré-existentes, enquanto no grupo controle ocorreu aumento significativo do número das lesões podais.

7. Referências*

ABSATIROV, G.G. Stimulatory effect of zinc sulphate on immunity of sheep to foot rot. **Vet. Moscow**, v.9, p.34-35, 1984.

AGUILAR, A.A.; JORDAN, C.D. Effects of zinc methionine supplementation in high producing Holstein cows early in lactation. In: ANNUAL MEETING NATIONAL MASTITIS COUNCIL, 29., New York, 1990. **Proceedings...** New York: INCP, 1990. p.119.

AGUILAR, A.A.; KUJAWA, M.; OLSON, J.D. Zinc methionine supplementation in lactating dairy cows. In: ANNUAL MEETING NATIONAL MASTITIS COUNCIL, 27., New York, 1988. **Proceedings...** New York: INCP, 1988. p.119.

ALENCAR, N.X. **Miglograma, proteinograma e níveis séricos de cálcio, fósforo, magnésio, cobre, zinco, ferro e selênio em ovelhas das raças ideal e suffolk, naturalmente infectados por nematóides gastrintestinais no periparto**. 2002. 170 f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

ALLENSTEIN, C. L. Distúrbios da locomoção dos bovinos. In: INTERLEITE SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO INTENSIVA DE LEITE, 1, 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1994. p.53-65.

AMORIM, R.M. **Valores séricos e hepáticos de elementos minerais, atividade sérica da ceruloplasmina, hemograma, proteinograma e metabolismo oxidativo dos neutrófilos em bezerros da raça nelore, nascidos de mães com nutrição adequada ou inadequada em cobre e zinco**. 2002. p.40-66. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

* ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação – Referências – Elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 22p.
BIOSIS. **Serial sources for the BIOSIS preview database**. Philadelphia, 1996. 468p.

ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARD, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J.S.; SOUZA, G.A.; BONA FILHO, A. **Nutrição Animal**, vol.1, 4ª ed. São Paulo: Nobel, 1990. v.1, p.236-239.

ARKHANGEL'SKII, I.I.; SIDORCHUCK, A.A.; ABSATIROV, G.G. Preparations of zinc effective against foot rot in sheep. **Vet. Moscow**, v.9, p.35-36, 1985.

ARMELIN, M.J.; PIASENTIN, R.M.; PRIMAESI, O. Neutron activation analysis of zinc in forages used in intensive dairy cattle production systems. **J. Radioanalytical Nuclear Chem.**, v.252, p.585-587, 2002.

ARRAYET, J.L.; OBERBAUER, A.M.; FAMUDA, T.K.; GARNET, I.; OLTJEN, J.W.; KEHRLI Jr, M.E.; GRAHAM, T.W. Growth of Holstein calves from birth to 90 days: The influence of dietary zinc and bleed status. **J. Anim. Sci.**, v.80, p.545-552, 2002.

AWOJALA, O. A.; ANTIA, R.E.; OYEJIDE, A. Trace element levels in plasma/serum and erythrocytes of Keteku and White Fulani cattle. **Trop. Anim. Hlth. Prod.**, v. 29, p. 2-6, 1997.

BAGGOTT, D.G.; RUSSELL, A.M. Lameness in cattle. **Br. Vet. J.**, v.137, p.113-132, 1981.

BAGGOTT, D.G.; BUNCH, K.J.; GILL, K.R. Variations in some inorganic components and physical properties of claw keratin associated with claw disease in the british friesland cow. **Br. Vet. J.**, v.144, p.534-542, 1988.

BANTING, A; DELSAUX, L.; DEUPEUX, J.M.; JACQUES, D.; MATRAT, M.; TURPIN, M. Um nouveau systeme de notation des lesions de pietin. Application lors d'une experimentation en milieu infecté (A new scoring system of foot rot lesions. Application to experimental in infected flocks). **Rev. de Méd. Vét.** v.129, p.1657-1670, 1978.

BEESON, W.M.; PERRY, T.W.; ZURCHER, T.D. Effect of supplemental zinc on growth and on hair and blood serum levels of beef cattle. **J. Anim. Sci.**, v.45, p.160-165, 1977.

BENGOUMI, M.; ESSAMADI, K.; CHARCORNAC, J.P.; TRESSOL, J.C.; FAYE, B. Comparative relationship between copper-zinc plasma concentrations and superoxide dismutase activity in camels and cows. **Vet. Res.**, v.29, n.6, p.557-565, 1998.

BERMUDEZ, J.; BONINO, J.; RIMBAUD, E; HIRIGOYEN, D. **Enfermedades podales de los ruminantes**. Montivideo: editorial Hemisfério Sur, 1992, p.3-37.

BOETTCHER, P.; van DORP, R. Are you lame cows also your thin cows. **Hoard's Dairyman**, p.207, 1999.

BOOTH, N.A.; McDONALD, L.E. **Farmacologia e terapêutica em Veterinária**. 6ªed. Rio de Janeiro: GuanabaraKogan, 1992. p.579.

BORGES, A.S. **Valores séricos e hepáticos de elementos minerais, determinação da ceruloplasmina sérica, hemograma e metabolismo oxidativo de neutrófilos em novilhas nelore suplementadas com diferentes níveis nutricionais de cobre e zinco**. 2001. p. 4-33. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

BORGES, N.C. **Caracterização do fluido rumenal, dos parâmetros clínico-laboratoriais e de aspectos epidemiológicos de bovinos com pododermatite**. 1998. 63f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

BORGES, J.R.J. Custos do tratamento e descarte causados por doenças digitais em um rebanho leiteiro. **Rev. Cienc. Vet.**, v. 2, p. 23-6, 1995.

BORGES, J.R.J. Incidência de afecções podais em bovinos leiteiros submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Arq. Esc. Méd. Vet. Univ. Fed. Bahia**, v.15, p.34-42, 1992.

BORGES, N. C.; VIEIRA, D.; SILVA, L.A.F.; FIORAVANTI, M.C.S. Valores leucocitários e nível de fibrinogênio plasmático de bovinos com pododermatite. **Ciênc. Anim. Bras.**, v.7, n.1, p 97-102, 2006.

BRADY, D.; DUNCAN, R.J. Bioaccumulation of metal cations by *Saccharomyces cerevisiae*. **Appl. Microbiol. Biotechnol.**, v.41, n.1, p.149-154, 1994.

BRAZLE, F.K. The effect of zinc methionine in a mineral mixture on gain and incidences of footrot on steers grazing native grass pastures. **J. Anim. Sci.** v.71, suppl.1, p. 40, 1993.

BUFF, C.E.; BOLLINGER, D.W.; ELELERSIECK, M.R.; BROMMELSIEK, W.A.; VEUM, T.L. Comparison of growth performance and zinc absorption, retention and excretion in weanling pigs fed diets supplemented with zinc-polysaccharide or zinc oxide. **J. Anim. Sci.**, n.83, p.2380-2386, 2005.

BUTOLO, J.E. Uso de biomassa de levedura em alimentação animal: propriedades, custo relativo a outras formas de nutrientes. In: WORKSHOP PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE LEVEDURA: UTILIZAÇÃO EM ALIMENTAÇÃO HUMANA E ANIMAL.,Campinas, 1996. **Anais...** Campinas: ITAL, 1996. p.70-89.

CAPUCO, A. V.; BRIGHT, S.A.; PANKEY, J. W.; WOOD, D.L.; MILLER, R.H.; BITMAN, J. Increased susceptibility to intramammary infection following removal of teat canal Keratin. **J. Dairy. Sci.**, n.75, p.2126, 1992.

CARLTON, W.W.; McGAVIN, M.D. **Patologia veterinária especial de Thomson**. 2ªed. Porto Alegre :Artmed, 1998.

CHAPLIN, S. J.; TERNENT, H.E.; OFFER, J.E.; LOGUE, D.M.; KNIGHT, C. H. A comparison of hoof lesions and behaviour in pregnant and early lactation heifer at housing. **Vet. J.**, v. 159, p.147-153, 2000.

CHIRASE, N.K.; HUTCHESON, D.P.; THOMPSON, G.B. Feed intake, rectal temperature and serum mineral concentrations of feedlot cattle fed zinc oxide or zinc methionine and challenged with infections bovine rhinotracheitis virus. **J. Anim. Sci.**, n.69, p. 4137-4145, 1991.

CHIRASE, N.K.; HUTCHESON, D.P.; THOMPSON, G.B.; SPEARS, J.W. Recovery Rate and Plasma Zinc and Copper Concentrations of Steer Calves Fed Organic and Inorganic Zinc and Manganese Sources With or Without Injectable Copper and Challenged with Infectious Bovine Rhinotracheitis Virus. **J. Anim. Sci.**, n.72, p. 212-217, 1994.

CHOQUETE-LEVY, L.; BARIL, M.; PIERRE, H. A study of foot disease of dairy cattle in Quebec. **Can. Vet. J.**, v.26, p. 278-281, 1985.

CLARK, C.K.; ANSOTEGUI, R.P.; PATERSON, J.A. The relationship between mineral nutrition of the beef cow and reproductive performance. **Bovine Practit.**, n. 29, p. 38-42, 1994.

CLOSE, H.W. Biodisponibilidade é a chave para uma suplementação mineral de sucesso. **Feed. Times**, v.3, n.2, p. 37-39, 1998.

COHEN, G.; HOCHSTEIN, P. Glutathione peroxidase: the primary agent for the elimination pf hydrogen peroxide in erythrocytes. **Biochemistry**, v.2, p.1420-1428, 1963.

COLLICK, D.W.; DOBSON, W.R. Associations between types of lameness and fertility. **Vet. Rec.**, v.125, n. 5, p. 103-106, 1989.

CORREIA, P.R.M. **Determinação simultânea de manganês/selênio e cobre/zinco em soro sanguíneo por espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica.** 2001. 88f.. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo.

COUSINS R.J. Zinc. In: ZIEGLER E.E., FILER L.J. (eds.) **Present Knowledge in Nutrition.** 7th ed. Washington: Ilsi Press, 1996. p. 293-306.

CRAVEN, N.; WILLIAMS, M.R. Defenses of the bovine mammary gland against infection and prospects for their enhancement. **Vet. Immunol. Immunopathol.**, v.10, p.17, 1985.

DEMBINSKI, P.N.; WIECKOWSKI, W. Application of zinc in cases in pododermatitis in cattle. **Bull. Vet. Inst. Pulawy**, v.30-31, p.104-112, 1987.

DEMERTZIS, P.N.; MILLS, C.F. Oral zinc Therapy in the Control of Infectious Pododermatitis in Young Bulls. **Vet. Rec.**, v.93, p.219-222, 1973.

DEPELCHIN, B.O.; BLODEN, S.; HOOREMANS, M.; NOIRFALISE, A.; ANSAY, M. Clinical and experimental modifications of plasma iron and zinc concentrations in cattle. **Vet. Rec.**, v.116, p. 519-521, 1985.

DEWES, H.F. Some aspects of lemeness in dairy herds. **N. Z. Vet. J.** , v.26, p. 157-159, 1978.

DIAS, R.O.S.; MARQUES Jr, A.P. **Atlas – cascos em bovinos.** 2^a ed. São Paulo: Lemos Editorial, 2003. 67p.

ECKERT, E.G.; GREENE, W.L.; CARSTENS, E.G. Coppers status of ewes fed incrazing amounts of cooper, from copper sulfates or copper proteinate. **J. Anim. Sci.**, n.77, p.244-249, 1999.

EGERTON, J.R.; LAING, E.A.; MULLEY R.C. Failure of oral zinc therapy to alleviate *Bacteroides nodosus* infections in cattle and sheep. **Aust. Vet. J.**, v.62, p.85-88, 1985.

EPIPHANIO, E.; BIDOIA, E.D.; CORSO, C.R. Adsorção de íons ferro e floculação de células de *Saccharomyces cerevisiae* durante o processo eletrolítico. **Arq. Inst. Biol.**, v.68, n.1, p.51-54, 2001.

ESSLEMONT, R.J The cost of lameness in dary herds. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF DISORDERS OF THE RUMINANT DIGIT. 6., Liverpool, 1990. **Proceeding...** Liverpool, 1990, p.237-251.

ESSLEMONT, R.J.; PEELER, E.J. The scope for raising margins in dairy herds by improving fertility and health. **Br. Vet. J.**, v.149, p. 537-547, 1993.

ETCHEVERRY, P.; WALLINGFORD, J.C.; MILLER, D.D.; GLAHN, R.P. Calcium, zinc, and iron bioavailabilities from a commercial human milk fortifier: a comparison study. **J. Dairy Sci.**, v.87, p.3629-3637, 2004.

FERGUSON, J.D.; TOMLINSON, D.; SOCHA, M. Effects of inorganic and organic (4-Plex^R) trace mineral supplementation on milk production and reproduction. **J. Dairy Sci.**, v.87, suppl.1, p.117, 2004.

FERNANDEZ, M.A.; O'DELL, B.L. Effect of Zn deficiency on plasma glutathione in rat. **Proc. Soc. Exp. Biol. Med.**, v.173, p.564-567, 1983.

FONSECA, L.F.L.; SANTOS, M.V. **Qualidade do leite e controle de mastite**. São Paulo: Lemos Editorial, 175p., 2000.

GAAD, G.M. Heavy metal accumulation by bacterium and other microorganisms. **Experientia**, v.46, n.8, p.834-840, 1990.

GALTON, D.M. Mastitis control. In: Proc. Of seminar on Zinc Supplementation for dairy Cattle. **Zimpro Corp. Edina**, 1990.

GALVÃO, F.E.; MELLO, R.P.; SILVA, R.M. Efeito da suplementação de zinco à dieta de vacas em lactação. **Arq. Esc. Vet.**, v.25, n. 3, p.235-241, 1973.

GAO, C.Y.; HUANG, X.Y.; GAO, Y. Prevention and treatment of foot rot in fine wool goats using mineral licks. **Chin. J. Vet. Med.**, v.18, p.16-17, 1992.

GREENE, L.W.; LUNT, D.K.; BYERS, F.M.; CHIRASE, N.K.; RICHMOND, C.E.; KNUTSON, R.E.; SCHELLING, G.T. Performance and carcass quality of steers supplement with zinc oxide or zinc methionine. **J. Anim. Sci.**, v.66, p.1818, 1988.

GREENOUGH, P.R.; WEAVER, A.D. **Lameness in cattle**. 3. ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1997. 336p.

GRINGS, E.E.; HALL, J.B.; BELLOWS, R.A.; SHORT, R.E.; BELLOWS, S.E.; STAIGMILLER, R.B. Effect of nutritional management, trace mineral supplementation, and norgestomet implant on attainment of puberty in beef heifers. **J. Anim. Sci.**, v.76, p. 2177-2181, 1998.

GROEHN, J. A.; KANEENE, J.B.; FOSTER, D. Risk factors associated with lameness in lactating dairy cattle in Michigan. **Prev. Vet. Med.**, v.14, p.77-85, 1992.

GOONERATNE, S.R.; SYMONDS, H.W.; BAILEY, J.V.; CHRISTENSEN, D. A. Effects of dietary copper, molybdenum and sulfur on biliary copper and zinc excretion in Simmental and Angus cattle. **Can. J. Anim. Sci.**, v.74, p.315-325, 1994.

GUIMARÃES, A.M.; RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; MOREIRA, P.K. Variação sazonal de vitamina A, macro e microelementos no capim, plasma e fígado de novilhas Nelore, criadas em pastagens de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*) **Arq. Brás. Vet. Zootec.**, v.44, p.57-66, 1992.

HAMBIDGE, M. Human zinc deficiency. **J. Nutr.** v.130, p.1345-1349, 2000.

HAHN, M. V.; McDANIEL, B. T.; WILK, J. C. Rates of hoof growth and wear in Holstein cattle. **J. Dairy Sci.**, v.67, p.2986-2998, 1986.

HANSEN, R. Effects of Bioplex Zinc supplementation on somatic cell counts in three high producing dairy herds. In: ANNUAL SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY., 8., 1992, Lexington. **Proceedings ...** Lexington, 1992.

HARDIN, D.K.; THORNE, J.G. Effects of Bioplex Zinc or zinc oxide on mastitis incidence in lactating dairy cows. In: ANNUAL SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY., 9.,1993 Lexington. **Proceedings ...** Lexington, 1993.

HARRIS, B. The effect of feeding zinc proteinate to lactatating dairy cows housed in a new barn. **Ásia- Pacific Lect. Tour**, p.68-69, 1995.

HARRIS, D.A.; HILBURT, C. D.; ANDERSON, G. A.; YOUNIS, P. J.; FITSPATRICK, D. H.; DUNN A. C.; PARSONS, I. W.; MCBEATH, N. R. The incidence, cost and factors associated with foot lameness in dairy cattle in South Western Australia. **Aust. Vet. J.**, v.65, p.176, 1988.

HATFIELD, P.G.; SNOWDER, G.D.; HEAD Jr, W.A.; GLIMP, H.A.; STORBART, R.H.; BESSER, T. Production by ewes rearing single or twin lambs: effects of dietary crude protein percentage and supplemental zinc methionine. **J. Anim. Sci.**, v.73, p.1227-1238, 1995.

HATFIELD, P.G.; SWENSON, C.K.; KOTT, R.W.; ANSOTEGUI, R.P.; ROTHS, N.J.; ROBINSON, B.L. Zinc and copper status in ewes supplemented with sulfate and amino acid-complexed forms of zinc and copper. **J. Anim. Sci.**, v. 79, p.261-266, 2001.

HEMPE, J.M.; COUSINS, R.J. Cystein-rich intestinal protein and intestinal metallothionein: an inverse relationship as a conceptual model for zinc absorption in rats. **J. Nutr.** v.122, p.89-95, 1992.

HENDLER, S.S. **Enciclopédia de vitaminas e minerais**. Rio de Janeiro: Campus, 1994. 386p.

HENRY, P.R.; LITTELL, R.C.; AMMERMAN, C.B. Effect of high dietary zinc concentration and length on zinc feeding on feed intake and tissue zinc concentration in sheep. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.66, p.237-245, 1997.

HERRICK, J. Zinc methionine: feedlot and dairy indications. **Large Anim. Vet.**, v.44, p.35-37, 1989.

HIDIROGLOU, M. Zinc, copper, manganese deficiencies and the ruminal skeleton: A review. **Can. J. Anim. Sci.**, v.60, p.579-590, 1980.

HIDIROGLOU, H.; WILIANS, C. J. Mineral and amino acid composition of beef cattle hooves. **Am. J. Vet. Res.**, v.47, n.2, p.301-303, 1986.

HIGGINBOTHAM, G.E.; COLLAR, C. A.; ASELTINE, M.S.; BATH, D.L. Effect of yeast culture and *Apergillus oryzae* extract on milk yield in a commercial dairy herd. **J. Dairy Sci.**, v.77, p.:343-348, 1994.

HIGUCHI, H.; NAKAMURA, M.; KUWANO, A.; KASAMATSU, M.; NAGAHATA, H. Quantities and types of ceramides and their relationships to physical properties of the horn covering the claws of clinically normal cows and cows with subclinical laminitis. **Can. J. Vet. Res.**, v.69, p.155-158, 2005.

KASARI, T.R. The principles of trimming the bovine hoof. In: Symposium on managing bovine lameness. **Vet. Med.**, v.86, p.1218-1226, 1991.

KEEN, C.L.; GRAHAM, T.W. Trace elements. In: KANEKO, J.J. (Ed) **Clinical biochemistry of domestic animals**. 4th ed. San Diego: Academic Press, 1989. p.753-795.

KELLOGG, D.W.; RAKES, J.M.; GLIEDT, D.W. Effect of zinc methionine supplementation on performance and selected blood parameters of lactating dairy cows. **Nutr. Report Int.**, v. 40, p.1049- 1057, 1989.

KELLOGG, D.W.; TOMLINSON, D.J.; SOCHA, M.T.; JOHNSON, A.B. Effect of feeding zinc methionine complex n milk production and somatic cell count of dairy cattle: Twelve-trial summary. **Prof. Anim. Scient.**, v.20, p.295, 2004.

KESSLER, J.; MOREL, I.; DUFEY, F.A.; GUTZWILLER, A.; STERN, A.; GEYES, H. Effect of organic zinc sources on performance, zinc status, and carcass, meat, and claw quality in fattening bulls. **Livest. Prod. Sci.**, v.81, p.171-171, 2003.

KINCAID, R.L.; HOGDSON, A.S.; RILEY, R.E.; CRONRATH, J.D. Supplementation of diets for lactating cows with zinc as zinc oxide an zinc methionine. **J. Dairy Sci.**, v.67, p.103, 1984.

KOLM, G.; HELSBERG, A.; GEMEINER, M. Variations in the concentration of zinc in the blood of Icelandic horses. **Vet. Rec.**, v.157, p.549-551, 2005.

LAMAND, M. Les oligo-éléments. In: JARRIGE, R. (Ed.) **Alimentation des ruminants**. Versailles: Inra, 1978. p. 43-158.

LAMAND, M. Place du laboratoire dans le diagnostic des carences en oligoéléments chez les ruminants (Importance of analytical laboratory intrace element deficiency diagnosis). **Rec. Méd. Vet.**, v.163, p.1071-1082, 1987.

LANGWINSKI, D. ; PATIÑO, H.O. **A nutrição de ruminantes e os complexos orgânicos de minerais**. Tortuga, 52p., 2001.

LEDOUX, D.R.; SHANNON, M.C. Bioavailability and antagonists of trace minerals in ruminant metabolism. In: FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, Florida, 2005. **Proceedings...** Florida, 2005. p.23.

LÓPEZ, J.R.; MONTAÑA, J.R.G.; DÍEZ, A.J.A.; MONTAÑA, F.P. Failure of oral zinc supplementation to control ovine foot rot. **Small Rumin. Re.**, v.31, p.273-276, 1999.

LUCCI, C.S. **Nutrição e manejo de bovinos leiteiros**. São Paulo: Editora Manole, 1997. p.104-108.

LUKYANOUSKII, V.A.; FILIPPOVYU, I. Macro and micro elements in hoof horn of cows from dairy farms with different industrial technology. **Vestnik Sel. Skokhozya IstvennoInouki Moskva**, n.1, p.133-135, 1991.

MACHADO, P.F. Uso da levedura desidratada na alimentação de ruminantes. In: SIMPÓSIO SOBRE TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DA LEVEDURA DESIDRATADA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 1997, Campinas. **Anais...** Campinas, 1997. p.111-128.

MAFRA, D.; COZZOLINO, S.M.F. Importância do zinco na nutrição humana. **Rev. Nutr.**, v. 17. n.1, p.79-87, 2004.

MAHAN, L.K.; STUMMP, S.E. **KRAUSE: Alimentos, nutrição & dietoterapia**. 9ª ed. São Paulo: Roca, 1998. p.143-147.

MANSON, F.L.; LEAVER, J.D. The influence of concentrate amount on locomotion and clinical lameness in dairy cattle. **Anim. Prod.**, v.47, p.185-190, 1988.

MAREGA, L.M. **Ocorrência e tratamento de lesões podais semelhantes á dermatite digital em bovinos**. 2001, 72f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

MARET, W. The function of zinc metallothionein: a link between cellular zinc and redox satate. **J. Nutr.** v.130, p.1455-1458. 2000.

MAYNARD, L. A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F.; WARNER, R.G. **Nutrição Animal**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 726 p.

McLENNAN, M.W. Incidence of lameness requiring veterinary treatment in dairy cattle in Queensland. **Aust. Vet. J.**, v.65, p.144-147, 1988.

McDOWEL, L.R. Feedind minerals to cattle on pasture animal. **Feed Sic. Technol.**, v.60, p.247-271, 1996.

McDOWELL, L.R. **Minerals in animals and human nutrition**. San Diego: Academic Press, 1992. 517 p.

McDOWELL, L.R.; VELASQUEZ-PEREIRA, J.; VALLE, G. **Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales**. 3ª ed. Flórida: University of Flórida, IMC-Agrico Food Ingredients, 1997. 84p.

McDOWELL, L.R. **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil**. 3ªed. Bannochburn: IMC-Agrico Food Ingredients, 1999. 92p.

MENDONÇA, A.C.; SILVA, L.A.F.; FIORAVANTI, M.C.S.; MORAES, J.O.R.; ALMEIDA, C.F.; OLIVEIRA, K.S.; OLIVEIRA, M.P.; SILVA, L.M. Aspectos morfológicos dos dígitos e bovinos das raças Gir e Holandesa. **Ciênci.Anim. Bras.**, v.4, n.1, p.53-60, 2003.

MILLER, G.D.; JARVIS, J.K.; McBEAN, L.D. **Handbook of dairy foods and nutricion**, 2ªed. Boca Raton: CRC Press, 2000. 577p.

MILLER, J.K.; RAMSEY, N.; MADSEN, F.C. The trace elements. In: CHURCH, D.C. (ed.) **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. Englewood: Pretice Hall, 1988. p.342-400.

MILLER, W.J. Absorption, Tissue Distribution, Erndorgenous Excretion, and Homeostatic Control of Zinc in Ruminants. **Am. J. Clin. Nutr.**, v.22, p.1323-1331, 1969.

MILLER, W.J.; BLACKMON, D.M.; GENTRY, R.P.; PATE, F.M. Effects of high but nontoxic levels on zinc in practical diets on ⁶⁵zn and zinc metabolism in holstein calves. **J. Nutri.**, v.100, p.893-902, 1970.

MILLS, C.F.; DALGARNO, A.C.; WILLIAMS, R.B.; QUARTERMAN, J. Zinc deficiency and the zinc requirements of calves and lambs. **Br. F. Nutr.**, v.21, n.3/4, p.751-768, 1967.

MOLINA, L.R.; CARVALHO, A.U.; FACURY FILHO, E.J.; FERREIRA, P.M.; FERREIRA, V.C.P. Prevalência e classificação das afecções podais em vacas lactantes na bacia leiteira de Belo Horizonte. **Arq. Bras. Méd. Vet. Zootec.**, v.51, p.2, 1999.

MOORE, C.L.; WALKER, P.M.; JONES, M. A.; WEBB, J.M. Zinc methionine supplementation for dairy cows. **J. Dairy Sci.**, v.71, p.52, 1988.

MORAES, S.S. Avaliação das concentrações de zinco, manganês e ferro no fígado de bovinos e ovinos de várias regiões do Brasil. **Pesqui. Vet. Brás.** v.18, n.3/4, p.107-110, 1998.

MORRISON, D.F. **Multivariate statistical methods**. São Paulo: McGraw. Hill, 1990. 415p.

MOYNAHAN, E.J. **Acrodermatitis enderpathica and the immunological role of zinc in Immunodermatology**. New York: Plenum Medical Book ,1981.

MULLING, C. The use of nutritional factors in prevention of claw diseases-biotin as an example for nutritional influences on formulation and quality of hoof horn. In: MORTELLARO, C.M.; VECCHIS, L.; BRIZZI, A., (Eds.) INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DISORDERS OF THE RUMINANT DIGIT, 11., 2000, Parma. **Proceedings ...** Parma, 2000. p.78-80.

MULLING, C.; BRAGULLA, H.; REESE, S.; BUDRAS, K.D.; STEINBERG, W. How structures in bovine hoof epidermis are influenced by nutritional factors. **Anat. Hist. Embryol.**, v.28, p.103-108, 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th rev. ed. Washington, 2001.

NAZKI, A.R.; RATTAN, P.J.S. Status of blood micro elements during different seasons in sheep. **Indian Vet. J.**, v.67, p. 274-276, 1990.

NICKERSON, S.C. Defense mechanisms of the cow. In: NATIONAL MASTITIS COUNCIL ANNUAL MEETING PROCEEDINGS, New York, 1990.

NICOLETTI, J.L.M., SOUZA, F. A. A., THOMASSIAN, A. HUSSNI, C. A., ALVES, A.L.G. Prevalência de lesões podais e graus de claudicação em vacas leiteiras mantidas em confinamento permanente ("free-satll" e "tie-stall"). **Revista de Educação Continuada do CRMV-SP**. v.4, n.2, p. 24-32, 2001.

NICOLETTI, J.L.M. **Manual de podologia bovina**. Barueri: Manole, 2004. 126 p.

NIKKHAH, A.; PLAIZIER, J.C.; EINARSON, M.S.; BERRY, R.J.; KENNEDY, A.D. Short Communication: Infrared thermography and visual examination of hooves of dairy cows in two stages of lactation. **J. Dairy Sci.**, v.88, p.2749-2753, 2005.

NOCEK, E.J. **Hoof care for dairy cattle**. Fort Arkinson: W.D. Heard & Sour Company, 1993. p.32.

NOCEK, J.E.; JOHNSON, A.B.; SOCHA, M.T. Digital characteristics of commercial dairy herds fed metal-specific amino acid complexes. **J. Dairy Sci.**, v.83, p.1553-1572, 2000.

NOCEK, J.E.; PATTON, R.S. Effect of chelated trace mineral supplementation for inorganic sources on production and health of Holstein cows. **J. Dairy Sci.**, v.85, p.107, 2002.

O'DELL, B.L. Bioavailability of essential and toxic trace elements. **Fed. Proc.**, v.42, p.1714, 1983.

OLSON, P. A.; BRINK, D.R.; HICKOK, D.T.; CARLSON, M.P.; SCHNEIDER, N.R.; DEUTSCHER, G.H.; ADAMS, D.C.; COLBURN, D.J.; JOHNSON, A.B. Effects of supplementation of organic and inorganic combinations of copper, cobalt, manganese, and zinc above nutrient requirement levels on postpartum two-year-old cows. **J. Anim. Sci.**, v.77, p.522-532, 1999.

ORR, C.L.; HUTCHESON, P.D.; GRAINER, R.B.; CUMMINS, J.M.; MOCK, R.E. Serum copper, zinc, calcium and phosphorus concentration of calves stressed by bovine respiratory disease and infectious bovine rhinotracheitis. **J. Anim. Sci.**, v.68, p.2893, 1990.

PARDO, P.E. **Determinação do zinco plasmático e da sola do casco de bovinos leiteiros com ou sem lesões podais, suplementados ou não com levedura seca de cana de açúcar.** 2001. 69f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

PARDO, P.E.; BREMER, H.N.; CHIACCHIO, S.B.; NAGOSHI, M.; PADILHA, M. P. Determinação de zinco na sola do casco de bovinos leiteiros com ou sem lesões podais, suplementados ou não com levedura seca de cana de açúcar. **Ciênc. Rural**, v.34, n.5, p.1-8, 2004.

PAVLATA, L.; PODHORSKY, A.; PECHOVA, A.; CHOMAT, P. Differences in the occurrence of selenium, copper and zinc deficiencies in dairy cows, calves, heifers and bulls. **Vet. Med. Czech**, v.50, p.390-400, 2005.

PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARB, V.P. **Nutrição de bovinos**: conceitos básicos e aplicados. 5.ed. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.414-430, 465-466.

PEREIRA, J.R.A.; NIZER, M.A.; DEKKERS, S.M.; RODRIGUES, F.J. Efeito da suplementação com quelato de zinco sobre a qualidade do leite de vacas da raça holandesa. In: ZOOTECA 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 2005.

PESCE, L. Laminitis, panadizo, y úlcera de Rusterholtz. In: PESCEL, L.; BERMUDEZ, J.; BONINO, J.; RIMBAUD, E.; HIRIGOYEN, D. Enfermedades podales de los ruminantes. Montevideo: Editorial Hemisfério Sur, 1992. p. 19-37.

PIVA, G.; BELLADONNA, S.; FUSCONI, G.; SICBALDI, F. Effects of yeast on dairy cow performance, ruminal fermentation, blood components, and milk manufacturing properties. **J. Dairy Sci.**, v.76, n.9, p.2717-2722, 1983.

POPOVIC, Z. Performance and udder health status of dairy cows influenced by organically bound zinc and chromium. University of Belgrade, Faculty of Veterinary Medicine. In: Re-imagining the feed Industry. Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. In: ANNUAL SYMPOSIUM, 20., 2004, **Proceedings ...** Lexington, 2004.

PROBST, C.S.W. Cicatrização das feridas e regeneração de tecidos específicos. In: SLATTER, D. **Manual de cirurgia de pequenos animais**. 2.ed. São Paulo: Editora Manole, 1999. v.1, p.74.

RABIANSKY, P.A.; McDOWELL, L.R.; VALASQUEZ-PEREIRA, J.; WILKINSON, N.S.; PERCIVAL, S.S.; MARTIN, F.G.; BATES, D.B.; JOHNSON, A.B.; BATRA, T.R.; SALGADO-MADRIZ, E. Evaluating cooper lysine and cooper sulfate sources for heifers. **J. Dairy Sci.**, v.82, n.12, p.2642-2650, 1999.

RADOSTITS, O.M.; GAY, C.C.; BLOOD, D.C.; HINCHCLIFF, K.W. **Clínica Veterinária**: um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e eqüinos. 9.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 1737p.

RADOSTITS, O.M.; LESLIE, K.E.; FETROW, J. **Herad Health Food animal production medicine**. 2ed. Philadelphia : W.B. Saunders, p.301-330, 1994.

RAMOS, L.S.; SILVA, L.A.F.; ACYPRESTE, C.S.; MORAES, P.H.J.; FIORAVANTI, M.C.S. Avaliação de custo de tratamento das afecções podais em propriedades leiteiras no Estado de Goiás, Brasil. **Arq. Inst. Biol.**, v.66, p.147, 1999.

RATNAKUMAR, A. V.; HAMZA, P. A.; CHOUDHURI, P. C. Treatment of subclinical mastitis in early lactation. **Indian Vet. J.**, v.73, p.970-972, 1996.

RAVEN, E.T. **Cattle foot care and claw trimming**. Orlando: Farming Press Book, 1989. p.127.

REBHUN, W. C. **Doenças do gado leiteiro**. São Paulo: Roca, 2000. 305 p.

REILING, B.A.; BERGER, L.L.; RISKOWSKI, G.L.; ROMPALA, R.E. Effects of zinc proteinate on hoof durability in feedlot heifers. **J. Anim. Sci.**, v.70, suppl. 1, p.313, 1992.

ROJAS, L.X.; McDOWELL, L.R.; COUSINS, R.J.; MARTIN, F.G.; WILKISON, N.S.; JOHNSON, A.B.; VELASQUEZ, J.B. Relative bioavailability of two organic and two inorganic zinc sources fed to sheep. **J. Anim. Sci.**, v.73, p.1202-1207, 1995.

ROJAS, L.X.; McDOWELL, L.R.; MARTIN, F.G.; WILKINSON, N.S.; JOHNSON, A.B.; NJERU, C.A. Relative bioavailability of zinc methionine and two inorganic zinc sources fed to cattle. **J. Trace Element Med. Biol**, v.10, p.205-209, 1996.

SCOTT, G.B. Lameness and pregnancy in friesian dairy cows. **Br. Vet. J.**, n.144, p. 273-281, 1988.

SEYMOUR, W.M. Biotin, hoof health and milk production in dairy cows. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 12., 2001, Gainesville, Florida. **Proceedings ...** Gainesville, 2001.

SHARMA, M.C.; JOSHI, C. Therapeutic efficacy of zinc sulphate used in clustered model treatment in alleviating zinc deficiency in cattle and its effect on hormones, vitamins and production parameters. **Vet. Res. Commun.**, v.29, p.609-628, 2005.

SILVA, D.J.; CUNHA, P.G.; CAMPOS, B.E.S. Efeito da aplicação de complexo vitamínico ADE em bovinos lactantes e após desmama. **Bol. Ind. Amin.**, v.1, p.41-43, 1977.

SILVA, L.A.F.; SILVA, C.A.; BORGES, J.R.J.; FIORAVANTI, M.C.S.; BORGES, G.T.; ATAYDE, I.B. A clinical trial to assess the use of sodium hypochlorite and oxytetracycline on the healing of digital dermatitis lesions in the cattle. **Can. Vet. J.**, v.46, p.345-348, 2005.

SMART, M.E.; GUDMUNDSON, J.; CHRISTENSEN, D.A. Trace mineral deficiencies in cattle: a review. **Can. Vet. J.**, v.22, p. 372-376, 1981.

SMART, M.; CILBALUK, N.F. Role of nutritional supplements in bovine lameness review of nutritional toxicities. In: GREENOUGH, P.R.; WEAVER, A.D. **Lamenes in Cattle**. 3ª ed. Philadelphia: W.B. Saunder, 1997. p.145-161.

SMITH, M.B.; AMOS, H.E.; FROETSCHER, M.A. Hoof health and dietary interrelationships in lactating dairy cows. **Diet Hoof Health**, p.121-129, 1997.

SMITH, M.B.; AMOS, H.E.; FROETSCHER, M.A. Influence of ruminally undegraded protein and zinc methionine on milk production, hoof growth and composition and selected plasma metabolites. **Prof. Anim. Sci**, v.15, p.268-277, 1999.

SMITH, B.P. **Tratado de medicina veterinária interna de grandes animais**. São Paulo: Manole, 1993. v.2, 1165 p.

SOUZA DIAS, R.O. **Efeito das afecções de casco sobre o comportamento no estro e desempenho reprodutivo de vacas leiteiras**. 2004. 109f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SOUZA, R.C. **Perfil epidemiológico e clínico das afecções podais em vacas nas bacias leiteiras de Belo Horizonte e Pedro Leopoldo**. 2002. 72f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SOUZA, F.A.A. **Prevalência de lesões podais em vacas da raça holandesa preta e branca em lactação, mantidas em regime de estabulação permanente (“free-stall” e “tie-stall”)**. 2001. 77f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SPEARS, J.W. Zinc methionine for ruminants: relative bioavailability of zinc in lambs and effects on growth and performance of growing heifers. **J. Anim. Sci.**, v.67, p.835-843, 1989.

SPEARS, J.W.; HARVEY, R.W.; BROWN JR, T.T. Effects of zinc methionine and zinc oxide on performance, blood characteristics, and antibody titer response to viral vaccination in stressed feeder calves. **J. Am.Vet. Med. Assc.**, v.199, n. 12, p.1731-1733, 1991.

SPEARS, J.W. Organic trace minerals in ruminant nutrition. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.58, p.151-163, 1996.

SPEARS, J.W.; KEGLEY, E.B. Effect of zinc source (zinc oxide vs zinc proteinate) and level on performance, carcass characteristics, and immune response of growing and finishing steers. **J. Anim. Sci.**, v.80, p.2747-2752, 2002.

SUGG, J.L.; BROWN, A.H. Jr; PERKINS, J.L.; PHILLIPS, J.M.; KELLONG, D.W.; JOHNSON, Z.B. Performance traits, hoof mineral composition, and hoof characteristics of bulls in a 112-day postweaning feedlot performance test. **AJVR**, v.57, p.291-295, 1996.

SWENSON, C.K.; ANSOTEGUI, R.P.; SWENSSON, E.J.; PATERSON, J.A.; JOHNSON, A.B. 1996. Influence of mineral supplementation on blood serum and liver mineral concentration in first-calf beef heifers and their calves. **J. Anim. Sci.**, v.74, suppl. 1, p.616 (Abstr.),

SWENSON, M.J.; REECE, W. O. **Dukes – fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p.483.

TOMLINSON, D.J.; MULLING, C.H.; FAKLER, T.M. Invited review: formation of keratins in the bovine claw: Roles of hormones, minerals and vitamins in functional claw integrity. **Dairy Sci.**, v.87, p.797-809, 2004.

UNDERWOOD, E.J. The detection and correction of trace mineral deficiencies and toxicities. **Proc. Florida Nutr. Conf.**, p.203-233, 1979.

USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. **Produção de leite brasileira**. 2002. Disponível em: <<http://www.usda.gov.us>>. Acesso em: 21 de maio de 2006.

van AMSTEL, S.R.; SHEARER, J.K.; PALIN, F.L. Moisture content, thickness, and lesions of sole horn associated with thin soles in dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, v.87, p.757-763, 2004.

VERMUNT, J.J.; GREENOUGH, P.R. Structural characteristics of the bovine claw: Horn growth and wear, horn hardness and claw conformation. **Br. Vet. J.**, v.151, p.157-180, 1995.

VILELA, D. **Leite? Bom para a saúde e melhor ainda para economia brasileira.** Embrapa Gado de Leite. 2002. Disponível em: <<http://www.cnpgl.embrapa.br>>. Acesso em: 21 de maio de 2006.

VOLESKY, B. **Biosorption of heavy metals.** Boca Raton: CRC Press, 1990. cap.2.3., p.139-171. Biosorption by fungal biomass.

WAITZBERG, D.L. **Nutrição enteral e paraenteral na prática clínica.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2004. p.131-903.

WARD, J.D.; SPEARS, J.W.; KEGLEY, E.B. Effect of copper level and source (copper lysine vs copper sulfate) on copper status, performance, and immune response in growing steers fed diets with or without supplemental molybdenum and sulfur. **J. Anim. Sci.**, v.71, p.2748-2755, 1993.

WEAVER, A.D. Review of disorders of ruminant digit with proposal for anatomical and pathological terminology and recording. **Vet. Rec.**, n.108, p.117-20, 1981.

WELLS, S.J., TRENT, A.M.; MARSH, W.E.; ROBINSON, R.A. Prevalence and severity of lameness in lactating dairy cows in a sample of Minnesota and Wisconsin herds. **J. Am. Vet. Med. Assoc.**, v.202, n.1, p.78-82, 1993.

WHITAKER, D.A.; EAYRES, H.F.; AITCHISON, K.K.; KELLY, J.M. No effect of dietary zinc proteinate on clinical mastitis, infection rate, recovery rate and somatic cell count in dairy cow. **Vet. J.**, v.153, p.197-204, 1997.

WITTENBERG, K.M.; BOILA, R.J.; SHARIF, M.A. Comparison of copper sulfate and copper proteinate as copper sources for copper depleted steers fed high molybdenum diets. **Can. J. Anim. Sci.**, v.70, p.895-904, 1990.

WRIGHT, C.L.; SPEARS, J.W. Effect of zinc source and dietary level on zinc metabolism in holstein calves. **J. Dairy Sci.**, v.87, n.4, p.1085-1091, 2004.

YAMADA, E.A.; ALVIM, I.D.; SANTUCCI, M.C.C.; SGARBIERI, V.C. Composição centesimal e valor protéico de levedura residual da fermentação etanólica e de seus derivados. **Rev. Nutri.**, v.16, n.4, p.1-12, 2003.

YAMAGUCHI, M.; IGARASHI, A.; UCHIYAMA, S. Bioavailability of zinc yeast in rats: stimulatory on bone calcification *in vivo*. **J. Health Sci.**, v. 50, p.75-81, 2004.

YAMAMOTO, M. **Incidência de lesões podais em vacas da raça holandesa preta e branca no período de lactação, mantidas em 'free-stall', na região norte do estado do Paraná.** 2004. 28 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Norte do Paraná, Arapongas.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis.** Prentice Hall: New Jersey, 718p. 1996.

ZURBRIGG, K.; KELTON, D.; ANDERSON, N.; MILLMAN, S. Stall dimensions and the prevalence of lameness, injury, and cleanliness on 317 tie-stall dairy farms in Ontario. **Can. Vet. J.**, v.46, p.902-909, 2005.

ANEXO 1**Ficha Podológica****A - DADOS DO ANIMAL**

Nome/nº _____

Peso _____/Kg PV.

Escore corporal (1-5) _____

Fase da lactação(1/3 inicial, médio, final) _____

Produção de leite _____ L.

Idade _____

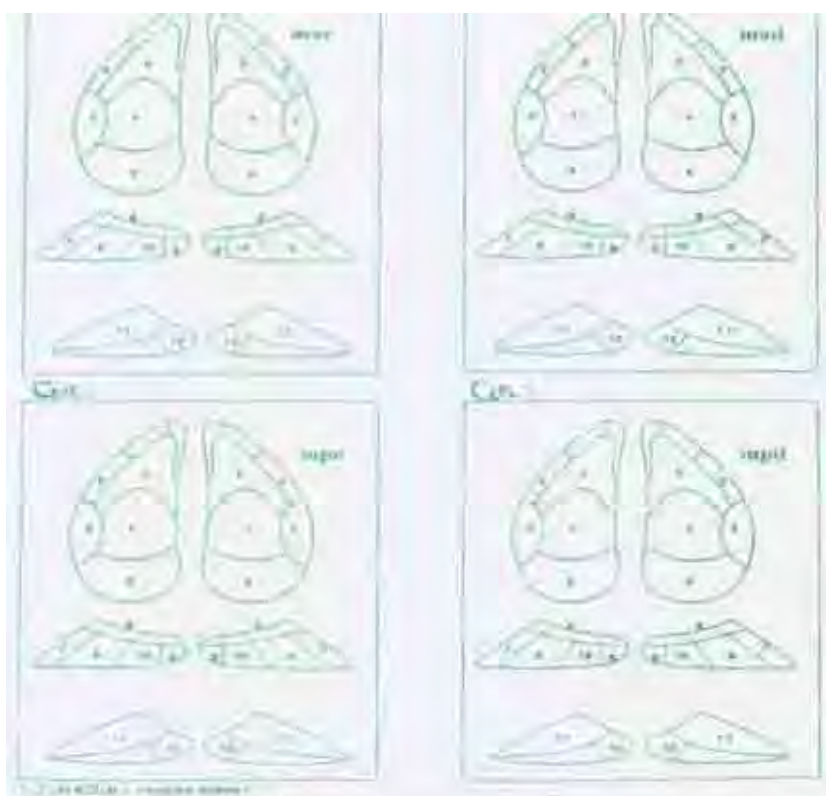
Data do último parto _____

Cor do casco _____

B – GRAU DE CLAUDICAÇÃO**0- Sem claudicação****1- leve****2- moderado****3- severo****4- muito severo (não apóia)****C – NÚMERO DE LESÕES DIGITAIS POR PATA****1- MTD** **2- MTE** **3- MPD** **4- MPE**

ANEXO 2

Local e tipo da lesão



Fonte: Adaptado de Souza (2001)



ANEXO 3

Relatório do controle leiteiro

PROPRIETÁRIO: OSMAR YAMAMOTO				REB: 1020								PROGRAMA DE ANÁLISE DE REBANHOS LEITEIROS DO PARANÁ				Apoio: UFPR, MAA, SEAB		LEGENDA		ÚLTIMO CONTROLE		DATA DA EMISSÃO			
MUNICÍPIO: RIO BOM				ESTADO: PR								Ordenado por Apelido				Programa da APCBRH		<table><tr><td>DATA CONTROLE</td><td></td></tr><tr><td>C.C.B. (x) PROBAB.</td><td>LEITE (LIT)</td></tr><tr><td>% GORDURA</td><td>% PROTEÍNA</td></tr></table>		DATA CONTROLE		C.C.B. (x) PROBAB.	LEITE (LIT)	% GORDURA	% PROTEÍNA
DATA CONTROLE																									
C.C.B. (x) PROBAB.	LEITE (LIT)																								
% GORDURA	% PROTEÍNA																								
RELATÓRIO 2 SUMÁRIO DE CÉLULAS SOMÁTICAS E PRODUÇÃO OPÇÃO 02-CONTROLE NÃO OFICIAL																									
NÚMERO SCL	NOME COMUM DATA DO PARTO	ORD. LACT. IDADE ANO/MÊS	DATA DO CONTROLE 18/06/2003 NÃO OFICIAL	DATA DO CONTROLE 19/07/2003 OFICIAL	DATA DO CONTROLE 29/08/2003 NÃO OFICIAL	DATA DO CONTROLE 28/09/2003 NÃO OFICIAL	DATA DO CONTROLE 27/10/2003 NÃO OFICIAL	DATA DO CONTROLE 29/11/2003 NÃO OFICIAL	DATA DO CONTROLE 08/01/2004 NÃO OFICIAL	DATA DO CONTROLE 01/02/2004 NÃO OFICIAL	DATA DO CONTROLE 26/02/2004 NÃO OFICIAL	DATA DO CONTROLE 19/03/2004 NÃO OFICIAL	DATA DO CONTROLE 15/04/2004 NÃO OFICIAL	DATA DO CONTROLE 16/05/2004 OFICIAL											
160191	ACACIA 17/08/2003	1 3 : 3			6 20,00 3,14 2,97	5 23,40 2,98 2,82	26 21,00 4,03 2,84	6 26,60 3,80 3,07		28 11,40 3,95 3,05	355 11,00 3,65 3,16	5663 13,00 3,62 3,41	34 11,60 4,09 3,40	2187 13,90 3,91 3,08											
153919	ADRIA 14/11/2003	2 3 : 7	118 25,80 3,01 3,06	86 22,80 3,73 3,03	95 18,40 3,67 2,89			57 30,40 3,42 2,67	57 30,40 3,37 2,69	85 29,00 2,69 2,85	2478 26,40 3,77 3,16	169 25,00 3,44 2,87	109 25,80 2,57 3,03	101 26,00 2,97 2,86											
136173	ADRIANA 21/02/2004	4 6 : 7		13 27,40 2,52 2,58	23 32,20 3,92 2,75	12 24,80 3,33 2,62	10 24,40 2,65 2,70	45 25,40 3,13 2,75	18,80	32 24,40 3,45 2,92	114 22,40 3,59 3,07	89 19,00 3,61 3,24	54 17,40 3,64 3,25	135 17,40 4,11 3,32											
160190	AFRICANA 12/06/2003	1 2 : 7			11 19,80 3,00 2,80	6 21,00 2,72 2,43	5 25,00 2,28 2,48	4 29,20 2,80 2,72	25,60	31 28,80 2,27 2,72	53 26,40 2,12 2,83	20 28,80 2,70 2,80	49 26,00 2,18 2,90	59 27,20 1,95 2,81											
148203	ALASCA 22/06/2003	2 3 : 7	64 13,00 3,48 3,12			250 24,60 3,24 3,66	21 35,40 2,47 2,53	69 35,00 2,76 2,60	56 28,00 2,76 2,88	24 31,20 2,47 2,88	84 29,40 2,50 2,91	129 27,40 2,97 2,92	158 25,40 2,78 3,06	151 25,80 2,77 2,98											
148201	ALBERTINA 27/09/2003	2 3 : 3		113 26,20 3,22 2,88	100 23,40 3,76 2,74	43 23,40 3,35 2,79	138 26,60 3,30 2,88	61 30,40 3,16 3,05	49 28,40 3,27 3,12	85 29,00 2,85 3,14	72 28,20 3,04 3,23	74 25,40 2,82 3,14	123 23,40 2,76 3,25	151 19,60 3,09 3,46											
162805	ALICINHA 31/10/2003	1 3 : 7						74 21,20 2,99 2,92	20,20	26 20,80 3,30 3,02	22 20,80 3,21 3,17		677 16,80 3,26 3,38	156 14,60 4,04 3,37											
157901	ALINE 04/06/2003	1 3 : 4	15 20,60 3,12 2,89	8 20,60 2,97 2,57	5 21,80 3,05 2,78	13 24,00 3,11 2,98	7 22,00 2,62 2,87	13 22,00 3,30 2,99		150 27,00 2,79 3,01	15 21,00 3,10 3,11	16 20,00 3,46 3,27	23 18,40 3,38 3,30	49 18,70 3,27 3,27											
161947	ALMA / /	1 0 : 0					455 23,80 3,10 2,64	338 26,60 3,41 2,84	1811 17,00 3,28 3,02	1782 22,00 3,19 3,15	1510 19,60 3,59 3,30	1844 19,40 3,80 2,98	808 16,00 3,46 3,31	1788 12,40 4,28 2,94											
164239	ALTIRA 27/01/2004	1 4 : 0								36 16,00 3,31 3,72	50 24,20 3,29 3,00	139 22,40 3,92 2,91	54 24,20 3,68 3,13	85 25,20 3,55 3,00											
151823	ALZIRA 09/07/2003	2 3 : 3		245 26,40 3,77 2,80	108 27,40 3,69 2,69	2195 25,00 3,34 2,66	176 23,80 3,07 2,84	306 25,20 3,83 2,98	805 25,20 2,81 2,90	84 23,60 3,17 3,00	94 23,20 3,18 3,16	191 22,60 3,07 3,36	181 19,00 3,52 3,52	643 9,00 2,02 3,68											
156864	AMANDA I / /	1 2 : 9	22 20,60 3,21 2,84	25 20,60 3,31 2,75	103 18,80 4,09 2,99	51 17,00 3,63 3,05	26 18,60 3,43 3,05	14 18,80 3,62 3,06	28 14,20 4,13 3,23	112 14,60 3,62 3,69	182 6,20 4,01 4,20														
153914	AMAZONIA 30/12/2003	2 3 : 9	24 8,80 3,91 2,77	23 6,00 4,01 2,66	21 6,80 4,27 3,06	29 6,40 4,36 3,01			130 19,60 3,92 3,38	75 22,40 2,82 2,91	8 21,60 2,84 2,98	44 23,00 3,83 2,99	25 21,80 3,04 3,05	28 19,00 3,70 3,00											
153909	ANATORIA 13/01/2004	2 4 : 2	52 20,80 2,94 2,60	45 20,60 3,24 2,72	54 18,80 3,34 2,81	36 18,20 3,02 2,72	91 16,20 3,39 2,68			18 24,60 2,84 2,46	24 27,60 2,86 2,50	24 26,80 3,57 2,34	31 21,00 3,40 2,55	33 20,00 2,78 2,55											