

PAULO DE TARSO CARDOSO NOBRE

EXIGÊNCIA E BIODISPONIBILIDADE DE FONTES INORGÂNICAS DE MANGANÊS PARA FRANGOS DE CORTE

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Nutrição Animal/Monogástrico, para obtenção do grau de Mestre.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS  
LAVRAS - MINAS GERAIS  
1993

PAULO DE TARSO CARDOSO NOBRE

EXIGÊNCIA E BIODISPONIBILIDADE DE FONTES INORGÂNICAS DE MANGANÊS PARA FRANGOS DE COORTE



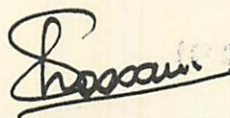
Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do Mestrado em Zootecnia, Lavras, Minas Gerais, 1993.



ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS  
LAVRAS - MINAS GERAIS  
1993

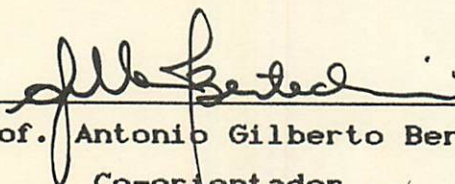
EXIGÊNCIA E BIODISPONIBILIDADE DE FONTES INORGÂNICAS DE MANGANÊS  
PARA FRANGOS DE CORTE

Aprovada em: 24/09/1993



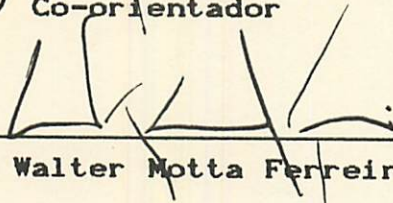
---

Prof. Sazzad M. Hossain  
Orientador



---

Prof. Antonio Gilberto Bertechini  
Co-orientador



---

Prof. Walter Motta Ferreira

Aos meus pais Endershein e Neila  
e ao meu irmão André Ricardo,  
OFEREÇO.

A minha esposa Rosemari e  
ao meu filho Afonso,  
DEDICO.

**AGRADECIMENTOS**

-À Escola Superior de Agricultura de Lavras, pela sublime oportunidade de realização deste trabalho;

-À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos;

-Ao Professor Sazzad M. Hossain pela sábia orientação, dedicação e amizade;

-Ao Professor Antonio Gilberto Bertechini, pela colaboração e amizade;

-Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia (Suelba, Márcio, Eliana) pelo apoio às análises laboratoriais realizadas;

-Aos funcionários de Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia, pela contribuição durante a fase experimental;

-Aos amigos, Renato, Alberto, Giovanni, Júlio, Evandro, Lúcio e Ronaldo pela convivência e amizade;

-A todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

### BIOGRAFIA DO AUTOR

PAULO DE TARSO CARDOSO NOBRE, filho de Endershein Nobre e Neila Cardoso Nobre, nasceu em Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, no dia 25 de janeiro de 1966.

Graduou-se em Zootecnia, pela Faculdade de Zootecnia de Uberaba, em 1990.

Em 1991, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na área de Nutrição Animal/Monogátrico, concluindo-o em setembro de 1993.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
1-INTRODUÇÃO.....	01
2-REVISÃO DE LITERATURA.....	04
2.1-Funções do manganês.....	04
2.2-Concentração do manganês nos tecidos, fluidos e nos ingredientes.....	05
2.3-Deficiência de manganês.....	06
2.4-Toxidez pelo manganês.....	08
2.5-Exigência de manganês.....	09
2.6-Absorção do manganês.....	10
2.7-Interações do manganês com outros elementos inorgânicos.....	12



2.8-Transporte, armazenamento e excreção de manganês.....	13
2.9-Biodisponibilidade de fontes de manganês.....	14
2.10-Fatores que afetam a biodisponibilidade de manganês.....	17
2.11-Métodos de determinação de biodisponibilidade.....	19
3-MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1-Dieta basal.....	21
3.2-Experimentos.....	23
3.2.1-Determinação da exigência de manganês (Exp. I).....	23
3.2.1.1-Critérios de avaliação.....	23
3.2.2-Determinação da biodisponibilidade de manganês (Exp. II).....	25
3.2.2.1-Critérios de avaliação.....	25
3.3-Manejo dos animais.....	25
3.4-Análises químicas.....	26
3.5-Análises estatísticas.....	27
4-RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1-Determinação da exigência de manganês.....	29
4.1.1-Resultados de desempenho.....	29
4.1.2-Anormalidades das pernas e dedos de frangos de corte.....	30
4.1.3-Concentração de manganês nos tecidos...	33
4.2-Determinação da biodisponibilidade de manganês.....	36

4.2.1-Análises químicas.....	36
4.2.2-Resultados de desempenho.....	38
4.2.3-Concentração de manganês nos tecidos...	40
5-CONCLUSÃO.....	45
6-RESUMO.....	47
7-SUMMARY.....	49
8-REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Composição de manganês nos ingredientes.....	06
2. Composição da dieta basal.....	22
3. Desempenho de frangos de corte com vários níveis de manganês na dieta no período de 1 a 28 dias de idade.....	30
4. Percentagem de anormalidades das pernas e dedos de frangos de corte.....	31
5. Efeito dos níveis de Mn na concentração do elemento na tíbia, fígado e soro sanguíneo de frangos de corte.....	33

6.	Características químicas das fontes de manganês...	37
7.	Características físico-químicas das fontes de manganês.....	38
8.	Efeito dos níveis e fontes de manganês no desempenho de frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade.....	39
9.	Efeito das fontes e níveis de manganês na concentração do elemento na tíbia de frangos de corte.....	41
10.	Equação de regressão linear da concentração de Mn na tíbia para as fontes e níveis do elemento na dieta.....	41
11.	Biodisponibilidade relativa do sulfato e óxido de manganês para frangos de corte.....	43

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Esboço das principais anormalidades das pernas e dedos de frangos de corte.....	24
2.	Efeito dos níveis de manganês na dieta sobre a percentagem de anormalidade das pernas e dedos de frangos de corte.....	32
3.	Efeito dos níveis de manganês na concentração do elemento no fígado de frangos de corte.....	34
4.	Efeito dos níveis de manganês na concentração do elemento no soro sanguíneo de frangos de corte....	35
5.	Efeito das fontes e níveis de Mn na concentração do elemento na tíbia de frangos de corte.....	42

## 1-INTRODUÇÃO

A avicultura é a atividade pecuária que mais evoluiu nas últimas décadas, principalmente devido a grande competitividade na conquista de mercado em relação às demais atividades. Essa evolução tem como suporte a melhoria constante no desempenho das linhagens pela seleção artificial e pelo melhoramento nas condições de nutrição, manejo, instalações, sanidade, processamento e comercialização.

Dentro da nutrição a suplementação mineral, em especial no que se refere aos microminerais é um tema inesgotável e seguramente importante no aumento da produtividade das aves. Os microminerais são essenciais em pequenas quantidades na dieta para a atividade fisiológica normal dos animais. Geralmente as exigências dos microminerais são determinadas usando dietas purificadas, o que pode não refletir a exigência durante condições práticas. Existem diversos fatores

que marcadamente podem influenciar a sua utilização; por exemplo a ligação de microelementos no alimento, natureza química, sua interação com outros elementos e também com outros componentes orgânicos da dieta e a biodisponibilidade nos ingredientes e fontes.

Os elementos minerais são fornecidos aos animais sob formas salinas inorgânicas simples (cloretos, óxidos, carbonatos, sulfatos) ou complexas (minerais naturais, farinhas de ossos, farinha de carapaças de ostras etc) e somente recentemente também sob a forma de complexos orgânicos com os aminoácidos. Essa variedade de moléculas dificulta notavelmente a capacidade de suprir as necessidades dos microminerais, sendo a biodisponibilidade entre os vários tipos de sais ou complexos orgânicos muito diversas. Para alguns tipos de sais, a forma física ou método de processamento influe sobre a biodisponibilidade.

Em áreas de maior concentração de população animal, o uso excessivo de minerais nas rações pode provocar desequilíbrio do ambiente pela grande quantidade eliminada nas fezes, causando sérios problemas de poluição ambiental (VAN der ZIJPP, 1993).

Estudos de exigências nutricionais de microminerais, aliados aos de biodisponibilidade de suas fontes, pode ser considerado o passo inicial na direção da solução dos problemas nutricionais encontrados nas criações de frangos de corte no Brasil na área de microelementos.

Os objetivos do presente estudo foram os de determinar a exigência de manganês para frangos de corte utilizando uma dieta prática à base de milho e farelo de soja na fase inicial; determinar a biodisponibilidade de três fontes inorgânicas de manganês produzidas no Brasil e avaliar quimicamente estas fontes.



## 2-REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1-Funções do manganês

Como os outros microelementos o manganês está intimamente envolvido em muitos sistemas enzimáticos; o manganês é necessário na formação dos ossos, sendo essencial ao desenvolvimento da matriz orgânica, a qual é composta grandemente de mucopolissacarídeos. Muitos dos efeitos associados à deficiência de manganês pode ser devida à necessidade do mesmo na atividade da glicosiltransferases que são enzimas envolvidas na síntese de glicoproteínas (LEACH, 1967).

Os mucopolissacarídeos são componentes fundamentais da matriz orgânica das cartilagens e a diminuição de sua produção resulta em má formação óssea (UNDERWOOD, 1977). LEACH & MUENSTER (1962) relataram que há uma redução no conteúdo do sulfato de

condroitina que é um componente dos mucopolissacarídeos da matriz orgânica do osso de frangos de corte com alimentação deficiente em manganês; estes autores comentam que a deficiência de colina, niacina, ácido fólico, biotina e zinco não resultam em qualquer mudança do conteúdo de mucopolissacarídeos da cartilagem epifiseal, efeito este observado com a deficiência de manganês.

O manganês é um elemento químico essencial para o funcionamento adequado do organismo animal. Foi provada a sua essencialidade para aves, quando, na década de 1930, este elemento demonstrou ser eficiente para prevenir anormalidades ósseas nas pernas de frangos conhecidas como perose (GALLUP & NORRIS, 1939; HELLER & PENQUITE, 1937; WIESE et alii, 1938; WILGUS Jr. & PATTON, 1939; WILGUS Jr. et alii, 1936 e 1937).

De acordo com RIDENOUR (1987) o manganês exerce uma função vital nos sistemas enzimáticos, principalmente para o crescimento normal do osso, metabolismo de lipídios e carboidratos e função reprodutiva.

## **2.2-Concentração de manganês nos tecidos, fluidos e nos ingredientes**

De acordo com SWENSON (1988) o manganês não se deposita em qualquer órgão ou tecido específico, embora seja encontrado em maiores concentrações nos ossos, fígado, rins e pâncreas (1 a 3 ppm de tecido fresco) do que na musculatura

esquelética (0,1 a 0,2 ppm).

A concentração total de manganês no sangue inferior a 30 ng/ml é um indicador de deficiência de tal elemento em aves (PULS, 1981).

Segundo MERTZ (1987) a concentração de Mn nos grãos de cereais e seus subprodutos variam consideravelmente.

Tabela 1: Composição de manganês nos ingredientes.

Autores	Ingredientes				
	Milho	F. Soja	F. Trigo	F. Arroz	F. Peixe
	Mn, ppm				
NRC (1984)	5,0	36,5	104,0	----	----
ULLREY (1983)	5,0	40,0	115,0	----	10,0
HALPIN & BAKER (1986)	7,0	36,0	164,0	404,0	37,0

### 2.3-Deficiência de manganês

Os principais sintomas de deficiência de manganês são a redução do crescimento, distúrbios nas funções reprodutivas, ataxia neonatal e mal formação óssea. Em aves, a perose é uma doença nutricional associada à carência de manganês. Ela se caracteriza pelo alargamento e má formação da junta tibia-tarso-metatársica, torção e encurvamento da tibia, engrossamento e encurvamento dos ossos longos e deslocamento do

tendência de Aquiles dos seus cõndilos; com o aumento da severidade da doença, as aves se movem com dificuldades, caminham sobre os tornozelos e podem morrer de inanição (UNDERWOOD, 1977 e 1981).

A perose é uma disfunção da matriz óssea. As células da cartilagem que constituem essa matriz consiste principalmente de mucopolissacarídeos, fosfolipídios e proteínas. Falha na síntese normal de algum destes três constituintes celulares principais resulta em um crescimento celular anormal (PORTSMOUTH, 1984).

Os níveis adequados de manganês, colina, ácido fólico e vitamina B<sub>6</sub> são necessários para a função celular normal da matriz óssea e, entretanto, para a prevenção da perose (SCOTT, 1981).

Parece haver um efeito sinérgico da colina com o manganês na prevenção da perose, sendo que a deficiência simultânea de colina e manganês agrava os sintomas da doença (COTZIAS, 1962). A incidência de perose, em condições de deficiência de manganês é mais severa em gaiolas de arame do que em piso plástico ou maravalha (SUMMERS et alii, 1978) e a doença ocorre com maior intensidade quando as pernas das aves sustentam mais peso (CREEK et alii, 1960).

Outra disfunção observada em embriões de frangos é a condrodistrofia, caracterizada por encurtamento e engrossamento das pernas e das asas, bico de papagaio (resultante de um encurtamento desproporcional da mandíbula inferior), contorno globular da cabeça e alta mortalidade (UNDERWOOD, 1977).

Tanto a perose quanto a condrodistrofia, bem como a ataxia neonatal estão associados ao efeito da carência de manganês na síntese de mucopolissacarídeos da cartilagem, que leva a deformações do esqueleto (UNDERWOOD, 1977 e 1981).

Efeitos negativos da adição de certos ingredientes de rações na quantidade de manganês depositado nos tecidos foram verificados por HALPIN & BAKER (1986a,b e 1987). O uso de 10% de farinha de peixe em dietas purificadas aumentou o nível de severidade da perose em frangos, enquanto a adição do farelo de trigo ou uma mistura milho-farelo de soja não alterou o grau da enfermidade (HALPIN & BAKER, 1986).

#### 2.4-Toxidez pelo manganês

O manganês está entre os microminerais menos tóxicos, não ocorrendo problemas de toxidez para as aves quando estas ingerem rações com concentrações até 1000 ppm (UNDERWOOD, 1981).

O NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1980) cita 2000 ppm como nível de tolerância do manganês para aves. BLACK et alii (1984a) forneceram níveis de até 4000 ppm na ração para frangos sem observar efeitos tóxicos. SOUTHERN & BAKER (1983b), no entanto, verificaram leve anemia e pequena redução no ganho de peso de frangos recebendo 3000 a 5000 ppm de manganês na dieta, fornecido na forma de carbonato, sulfato ou cloreto, mas não detectaram efeito dos mesmos níveis de manganês quando a fonte do mineral utilizado foi o dióxido de manganês, o que indica que

mínima de 14 ppm (sulfato de manganês p.a.) para frangos de corte alimentados com uma dieta purificada livre de fibra e fitato, relatam ainda que toda dieta de aves deveria conter no

o nível tóxico depende da biodisponibilidade da fonte de manganês. BLACK et alii (1985) constataram uma pequena redução no consumo de ração e no ganho de peso quando se utilizou o sulfato de manganês no nível de 3000 ppm de Mn, mas não ocorrendo o mesmo quando se utilizou 2000 ppm, de onde se conclui que o nível crítico de toxidez de manganês deve estar entre os níveis de 2000 e 3000 ppm de uma fonte prontamente disponível.

### 2.5-Exigência de manganês

As exigências para microminerais são expressas geralmente como a quantidade total ou como a concentração do elemento necessário na dieta para suprir sua necessidade. Entretanto, é bem conhecido que as percentagens utilizadas a partir de diferentes fontes pelos animais variam consideravelmente, deste modo, a informação acerca da quantidade que pode ser utilizada dos diversos ingredientes torna-se muito importante (MILLER, 1983). Os primeiros estudos de exigência de microminerais datam da década de 40 onde os resultados obtidos ainda permanecem inalterados.

BAKER et alii (1986) estabeleceram uma exigência mínima de 14 ppm (sulfato de manganês p.a.) para frangos de corte alimentados com uma dieta purificada livre de fibra e fitato, relatam ainda que toda dieta de aves deveria conter no

mínimo 40 ppm de manganês inorgânico suplementar de óxido de manganês ou sulfato de manganês p.a..

As exigências de manganês para aves são maiores do que para os mamíferos (UNDERWOOD, 1981) e por isso, elas tendem a ser mais susceptíveis a deficiência desse mineral (COTZIAS, 1962). GALLUP & NORRIS (1939) determinaram 50 ppm como a concentração mínima de manganês na dieta para prevenir a perose.

De acordo com o NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1984), a exigência de manganês para frangos de corte é de 60 mg de Mn/Kg de ração (60ppm). HALLORAN (1987) cita que Baker recomenda 75 ppm de manganês na forma de óxido de manganês que deverá ser adicionado nas rações à base de milho e farelo de soja para frangos de corte.

## 2.6-Absorção de manganês

Sais de manganês são de baixa absorção no trato digestivo o que limita a sua homeostase (MILES et alii, 1986).

A absorção de manganês se dá no intestino delgado e é muito menor em aves do que em mamíferos, o que explica a importância desse mineral na nutrição de galináceos. HALPIN et alii (1986) obtiveram taxas de absorção de 1,71% em dietas à base de milho e farelo de soja e de 2,30% em dietas purificadas. SOUTHERN & BAKER (1983a) verificaram aumento na absorção de manganês em frangos infectados por coccidiose.

Muitos ingredientes comuns na alimentação de aves,

perose e o desempenho só foram afetados pelo manganês quando

como o milho, farelo de soja, farinha de peixe e o farelo de arroz reduzem significativamente a utilização do Mn inorgânico da dieta (HALPIN & BAKER, 1986a,b).

A quantidade de manganês absorvida é proporcional ao nível de inclusão na dieta, havendo no entanto, indícios de que a taxa de absorção aumenta em níveis baixos de ingestão e vice-versa (UNDERWOOD, 1977). SMITH & KADAIJA (1985) no estudo de balanço de manganês, verificaram diminuição linear da disponibilidade aparente com o aumento do nível de ingestão de manganês.

HALPIN et alii (1986) comprovaram que a absorção de manganês é 40% superior em dietas purificadas do que em dietas à base de milho e farelo de soja, atribuindo esta diferença à presença de fibra e/ou a formação de fitato nos ingredientes vegetais.

SUSO & EDWARDS Jr. (1969) obtiveram valores de absorção de Mn para frangos de corte de 1,5 a 2,3% quando comparada com as taxas de absorção de cobalto (11,8 a 25,9%), ferro (5,3 a 10%) e zinco (15,2 a 25,4%).

Em vários experimentos (WATSON et alii, 1970, 1971; BLACK et alii, 1984a, 1985; FLY et alii, 1989; HENRY et alii, 1987 e 1989) foram observados efeito baixo ou nulo do nível de manganês no desempenho de frangos de corte. O teor de cinza ou resistência à quebra do osso não são bons critérios para a detecção de deficiência do manganês. O nível de incidência de perose e o desempenho só foram afetados pelo manganês quando



este se encontrava em níveis extremamente baixos na dieta (WATSON et alii, 1970 e 1971). O acúmulo de manganês nos tecidos tem demonstrado ser o melhor indicador da absorção do elemento pelo organismo (HALPIN & BAKER, 1987).

De acordo com UNDERWOOD (1977) a concentração normal de manganês pode ser aumentada ou diminuída pelo aumento ou decréscimo do manganês ingerido.

## 2.7-Interações do manganês com outros elementos inorgânicos

Diversas revisões a respeito do assunto sugerem a existência de interações do manganês com o cobalto, ferro e cálcio. Trabalhos a respeito da absorção de manganês e cobalto e da absorção de manganês e ferro, mostram que dietas com excesso de cobalto ou ferro não aumentam a deposição de manganês nos ossos ou tecido macio (BAKER et alii, 1986). Altos níveis de cobalto inorgânico nas dietas, realmente promovem um aumento da absorção de manganês no intestino (BROWN & SOUTHERN, 1985).

SMITH & KADAIJA (1985) verificaram redução no acúmulo de manganês nos tecidos de frangos de corte e aumento da incidência de anormalidades ósseas, quando o teor de cálcio na dieta se elevou de 1 para 3% mantido o nível de fósforo constante. O aumento do teor de fósforo piorou a situação no nível de 1% de cálcio, mas reduziu o efeito antagônico do último quando o seu teor na dieta foi de 3%, demonstrando influência da

relação cálcio-fósforo. O aumento no teor de manganês na dieta para 200 ppm, mantendo o nível de cálcio, reduziu os problemas de anormalidades ósseas ao mínimo, caracterizando o aumento na exigência com o aumento do teor de cálcio. Esse efeito do cálcio sobre o manganês pode ser causado pela redução da solubilidade do manganês no intestino ou pelo aumento do poder de formação do complexo de cálcio-manganês com o fitato (HALPIN et alii, 1986).

O ferro e o manganês compartilham locais de absorção comuns no intestino, o que sugere que existam efeitos antagônicos da presença de um dos minerais na absorção do outro (UNDERWOOD, 1977 e NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1980).

WILGUS Jr. & PATTON (1939) verificaram aumento na severidade da perose com o uso de citrato de ferro na dieta. BAKER & HALPIN (1991) constataram redução de hemoglobina do sangue de frangos recebendo dietas levemente deficientes em ferro, quando estas foram suplementadas com 1000 ppm de manganês com relação às mesmas dietas sem excesso de manganês, demonstrando um agravamento do sintoma de deficiência de ferro com a adição de manganês; no entanto, a adição de até 5000 ppm de ferro na dieta não teve influência na utilização do manganês, o que indica que o efeito antagônico é unidirecional com o manganês prejudicando a absorção de ferro, mas não o contrário.

## 2.8-Transporte, armazenamento e excreção de manganês

Segundo UNDERWOOD (1977) o manganês se absorve na

forma  $Mn^{++}$  oxida-se à  $Mn^{+++}$  e se transporta aos tecidos ligado a  $B_1$ -globulina plasmática.

O manganês está mais concentrado nas mitocôndrias do que no citoplasma ou outras organelas da célula, e tende a estar presente em maior quantidade nos tecidos ricos em mitocôndrias (COTZIAS, 1962 e UNDERWOOD, 1977); este primeiro autor considera o fígado como possível local de armazenamento de manganês.

O manganês absorvido é quase todo eliminado pelo intestino. A principal via de excreção é a bile, ocorrendo também eliminação pelo suco pancreático e pela parede do intestino, sendo a excreção na urina insignificante (UNDERWOOD, 1977). O aumento da quantidade de manganês ingerido provoca aumento na taxa de excreção endógena e redução na percentagem retida do mineral, mecanismo este usado pelo organismo para regular a homeostase (WEIGAND & KIRCHGESSNER, 1988). COTZIAS (1962) sugere que parte do manganês excretado pela bile é reabsorvido no intestino, de modo que cada átomo do metal excretado nas fezes pode ter passado pelos tecidos várias vezes, confundindo o fenômeno da excreção com a absorção.

## 2.9-Biodisponibilidade de manganês

A concentração de Mn no tecido utilizando altos níveis mas não tóxico de Mn como medida de biodisponibilidade tem sido relatado por (SOUTHERN & BAKER, 1983; BLACK et alii, 1984a,b e HENRY et alii, 1986 e 1987).

Por ser um mineral importante na nutrição de aves, vários estudos têm sido desenvolvidos para determinar a biodisponibilidade de fontes inorgânicas ou formas complexadas de manganês (BAKER & HALPIN, 1987; BLACK et alii, 1984a; FLY et alii, 1989; HENRY et alii, 1986, 1987, 1989 e WONG-VALLE et alii, 1989).

Entre os diversos tecidos utilizados para análise se destacam o osso, particularmente a tíbia (BAKER & HALPIN, 1991; BLACK et alii, 1984a,b, 1985; HENRY et alii 1987, 1989; WEDEKIND & BAKER, 1990; WONG-VALLE et alii, 1989), os rins (HENRY et alii, 1986, 1987, 1989 e WONG-VALLE et alii, 1989), o fígado (BLACK et alii, 1984a,b, 1985 HENRY et alii, 1986 e BAKER & HALPIN, 1991), o conteúdo da vesícula biliar (BAKER & HALPIN, 1987, 1991; HALPIN & BAKER, 1986a,b) o pâncreas (BLACK et alii, 1985 e HALPIN & BAKER, 1986a), o plasma (BLACK et alii, 1984a,b), as penas (SMITH & KADAIJA, 1985), e os músculos (BLACK et alii, 1984a,b e 1985).

Segundo BLACK et alii (1984a) e HENRY et alii (1986) o uso de dietas práticas, não purificadas são menos onerosas e permitem aos animais alcançarem o seu máximo potencial genético. BLACK et alii (1984a,b) afirmam que o osso é o tecidos mais sensível para medir a biodisponibilidade, sendo a concentração de Mn nesses tecidos uma função linear da quantidade ingerida desse mineral.

BLACK et alii (1984a) detectaram diferenças significativas entre óxido, sulfato e carbonato de manganês,

quando trabalharam com 8 aves por tratamento, recebendo níveis de 1000, 2000 e 4000 ppm de manganês em dietas práticas usando a concentração de Mn no osso como critério de avaliação da biodisponibilidade, mas WATSON et alii (1971) não conseguiram detectar diferenças entre as mesmas fontes, apesar de trabalharem com 20 aves por tratamento, pelo fato destas receberem níveis de 0 a 10 ppm de manganês suplementar em dietas purificadas.

WATSON et alii (1970) trabalhando com dieta semipurificada com suplementação nos níveis de 10, 20 e 30 ppm de manganês, observaram que o nível de 10 ppm de manganês suplementar foi adequado para o crescimento normal, para a prevenção da ocorrência de perose, quando fornecido o sulfato ou as fontes de óxido.

Testando-se a biodisponibilidade das diversas fontes inorgânicas ou fórmulas complexas do manganês, em relação ao sulfato de manganês p.a. , foram obtidos valores de cerca de 100% para um complexo Mn-proteína (HENRY et alii, 1989), 61 a 91% para o monóxido de manganês (BLACK et alii, 1984a; HENRY et alii, 1986, 1989 e WONG-VALLE et alii, 1989), 34 a 44% para carbonato de manganês (BLACK et alii, 1984a) e em torno de 29% para o dióxido de manganês (HENRY et alii, 1987).

REID et alii (1973) utilizando a concentração de Mn na cinza do osso como critério de avaliação da biodisponibilidade encontraram que quelatos de manganês foram 96% mais disponível do que o sulfato de manganês p.a..

Alguns autores (BLACK et alii, 1984a, 1985 e HENRY et alii, 1986) enfatizaram a importância da biodisponibilidade de fontes inorgânicas de manganês; estabeleceram que para o sulfato de manganês p.a. a biodisponibilidade relativa foi de 100%, a biodisponibilidade do óxido de manganês foi de 66%, carbonato de manganês foi ao redor de 40% e para o dióxido de manganês não foi maior que 30%. O cloreto de manganês quando usado como fonte inorgânica de manganês não é aconselhável por ser caro e de difícil obtenção apesar de conter uma quantidade de manganês disponível próxima àquela descrita para o sulfato de manganês p.a. (SOUTHERN & BAKER, 1983b).

#### 2.10-Fatores que afetam a biodisponibilidade de manganês

HALPIN & BAKER (1986b) trabalhando com dietas purificadas à base de caseína e dextrose com adição de 20% de milho ou farinha de peixe, observaram uma redução na deposição de manganês nos ossos de frangos em relação a um grupo controle, tanto em dietas deficientes (0 ppm) quanto naqueles com nível adequado (14 ppm) de manganês suplementado.

Os alimentos comumente usados em rações para aves muitas vezes contêm quantidades consideráveis de manganês. HALPIN & BAKER (1986b e 1987) citaram o farelo de trigo e o farelo de arroz como fontes orgânicas ricas em manganês, no entanto, questionaram a biodisponibilidade do mesmo. COTZIAS

(1962) argumentou que o manganês dos alimentos está na forma de quelatos, e a sua biodisponibilidade nutricional deve diferir daquela dos compostos inorgânicos. No entanto, mais influente do que a forma em que se encontra o manganês nos alimentos, parecem ser certos fatores nele presentes que alteram a sua biodisponibilidade.

De acordo com FLY et alii (1989) a disponibilidade relativa de um complexo Mn-metionina é maior em dietas com 10% de mistura de milho-farelo de soja do que em dietas purificadas, alegando que a metionina protegeu o manganês da retenção por absorção, diminuindo o efeito prejudicial da fibra e do fitato na biodisponibilidade do manganês. BAKER & HALPIN (1987), relataram que a concentração de manganês no osso e na bile reduziram acentuadamente quando 10% de farelo de arroz foi adicionado a uma dieta à base de caseína e dextrose e ausente em fibra e fitato que continha 1000 ppm de manganês suplementar quando comparado ao sulfato de manganês p.a. ou à Mn-proteína.

KEALY & SULLIVAN (1966) verificaram redução na biodisponibilidade de manganês quando usaram proteína isolada de soja no lugar de caseína em dietas semipurificadas.

WEDEKIND & BAKER (1990) constataram redução crescente na biodisponibilidade do manganês proveniente do sulfato de manganês, bem como do manganês do ingrediente da dieta, quando as rações eram suplementadas com níveis de até 0,88% de fosforo; no entanto, no mesmo trabalho, não se verificou efeito do cálcio em reduzir a biodisponibilidade do manganês.

O excesso de cálcio e de fosforo tem sido apontado como um dos fatores que diminuem a biodisponibilidade do manganês (KEALY & SULLIVAN, 1986; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1980 e UNDERWOOD, 1981), sendo esses minerais há muito tempo relacionados com a ocorrência de perose (HAMMOND, 1936; INSKO Jr. et alii, 1934; WIESE et alii, 1938; WILGUS Jr. & PATTON, 1939; WILGUS Jr. et alii, 1936 e 1937).

### 2.11-Métodos de determinação da biodisponibilidade

A biodisponibilidade ou o valor biológico de um determinado elemento refere-se à porção que pode ser utilizada pelo animal para satisfazer às funções para as quais tal elemento é necessário. Em contraste aos métodos relativamente simples para se estabelecer a quantidade total presente de manganês, a determinação da biodisponibilidade não é fácil; exigindo-se caminhos complexos para estas situações. Diversas aproximações são usadas; estas incluem a determinação da solubilidade e análise de difração do raio-X (WATSON et alii, 1971 e MILLER, 1981); ainda segundo MILLER (1981), a absorção é uma das maneiras para se estimar a biodisponibilidade; no entanto, o elemento pode ser absorvido antes de ser usado para uma determinada função, mas a absorção não é sinônimo da biodisponibilidade.

De acordo com GALLUP & NORRIS (1939) um critério usado para se determinar a biodisponibilidade é o relativo à



incidência de perosse; WATSON et alii (1970, 1971), citam que um outro critério usado é aquele relativo à presença de anormalidades no osso da perna; e mais recentemente, a concentração de manganês no tecido utilizando altos níveis de manganês tem sido utilizada por (BLACK et alii, 1984a; SOUTHERN & BAKER, 1983b e HENRY et alii, 1986 e 1987).

## 2.1.2. OBJETIVOS

Os trabalhos experimentais foram desenvolvidos no Departamento de Avicultura do Departamento de Zootecnia de Faculdade de Agronomia de Lavras, Lavras, Minas Gerais, no mês de setembro de 1981 a fevereiro de 1982; foram realizados dois experimentos; sendo que as análises estatísticas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal, Departamento de Zootecnia.

### 2.1.2.1. Dieta basal

A dieta basal, para todos os experimentos foi baseada à base de milho e farelo de soja (Tabela 2), contendo 18% de proteína bruta (PB) e 2800 kcal/kg de energia metabolizável (EM) segundo ROSTAGNO et alii (1972) e 25 ppm de...

... para análise da dieta basal. O suplemento mineral utilizado

### 3-MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos experimentais foram desenvolvidos no setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, Minas Gerais, no período de setembro de 1991 a fevereiro de 1992; foram desenvolvidos dois experimentos; sendo que as análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia.

#### 3.1-Dieta basal

A dieta basal, para todos os experimentos foi formulada à base de milho e farelo de soja (Tabela 2), contendo 21% de proteína bruta (PB) e 2890 Kcal/Kg de energia metabolizável (EM) segundo ROSTAGNO et alii (1983) e 25 ppm de Mn pela análise da dieta basal. O suplemento mineral utilizado

na dieta foi baseado nas exigências do NRC (1984) exceto o manganês o qual foi adicionado posteriormente de acordo com os tratamentos.

Tabela 2: Composição da dieta basal.

Ingredientes	%
Milho	62,098
Farelo de Soja	33,673
Calcário	2,120
Fosfato Monoamônio (MAP)	1,320
Sal	0,390
DL-Metionina (98%)	0,148
Microingredientes <sup>1</sup>	0,200
Caulim <sup>2</sup>	0,050
<b>Total</b>	<b>100</b>

#### Composição Química

Proteína Bruta, %	21,0
Energia Metabolizável, Kcal/Kg	2890
Ca, %	0,95
P. Disponível, %	0,42
Mn, ppm	25,0

1- Suplementação por Kg da Dieta: Vit. A, 15000 UI; Vit. D<sub>3</sub>, 2000 UI; Vit. E, 20 UI; Vit. K<sub>3</sub>, 2 mg; Vit. B<sub>1</sub>, 1 mg; Vit. B<sub>2</sub>, 10 mg; Ác. Nicotínico, 40 mg; Ác. Pantoténico, 20 mg; Vit. B<sub>6</sub>, 2 mg; Vit. B<sub>12</sub>, 15 mcg; Ác. Fólico, 1 mg; Biotina, 150 mcg; Colina, 300 mg; Vit. C, 50 mg; BHT, 30g; Ferro, 80 mg; Cobre, 8 mg; Zinco, 40 mg; Se, 0,35 mg; I, 0,15mg.

2- O manganês suplementar foi adicionado retirando o peso equivalente do Caulim.

### 3.2-Experimentos

#### 3.2.1-Determinação da exigência de manganês

##### (Exp. I)

Foram utilizados 720 pintos de corte machos de um dia de idade da linhagem Hubbard os quais foram pesados e alojados em grupos experimentais com peso médio inicial médio de 48 gramas. O delineamento inteiramente casualizado foi utilizado com 4 repetições por tratamento e 30 aves por parcela, as quais receberam a dieta experimental à vontade por um período de 28 dias. Os tratamentos foram constituídos de 6 níveis de suplementação de manganês; sendo que o manganês foi suplementado na forma de sulfato de manganês p.a. nos níveis 0, 20, 40, 60, 80 e 100 ppm.

##### 3.2.1.1-Critérios de avaliação

Para a avaliação da exigência, foram utilizados:

-Resultados de desempenho (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar); concentração de manganês nos tecidos (tíbia, fígado e soro sanguíneo) segundo GEORGIEVSKII (1982).

-Anormalidades das pernas e dedos.

No final do experimento todas as aves de cada tratamento foram avaliadas individualmente para determinar as percentagens de anormalidades das pernas e dedos e conforme os

graus de anormalidades foram classificadas em cinco categorias numeradas de 1 até 5 (escores); sendo que os escores 1 e 2 são classificados como critério normal da estrutura das pernas e dedos das aves e 3 a 5 (Figura 1) são classificados como graus de anormalidades crescente (WATSON et alii, 1971; FALLAVENA, 1984 e LILBURN, et alii, 1989).

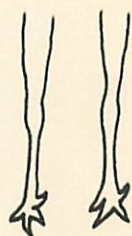
---

Anormalidades

---

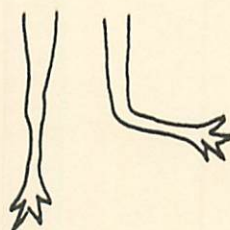
Encurvamento das falanges (3)

---



Torção da perna (4)

---




---

Deformação (5)

---

Tipo varus

---



Tipo valgus

---

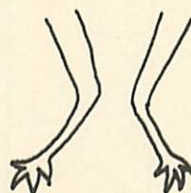


Figura 1: Esboço das principais anormalidades das pernas e dedos de frangos de corte.

### 3.2.2-Determinação da biodisponibilidade de manganês (Exp. II)

Foram utilizados 600 pintos de corte machos de um dia de idade da linhagem Hubbard empregando-se um delineamento inteiramente casualizado num arranjo fatorial 3 x 3 (fontes e níveis) utilizando um tratamento controle comum a cada unidade do esquema fatorial. Cada tratamento constava de 4 repetições com 15 aves as quais receberam as dietas experimentais à vontade por um período de 21 dias. Os tratamentos constavam das fontes sulfato de manganês p.a. e de duas fontes comerciais de manganês o sulfato e o óxido de manganês nos níveis 60, 120 e 240 ppm de manganês os quais foram adicionados à dieta basal.

#### 3.2.1.1-Critérios de avaliação

Para avaliação da biodisponibilidade foram utilizados: concentração do manganês nos tecidos (osso, fígado e soro sanguíneo) e resultados de desempenho (WATSON et alii, 1970, 1971; SOUTHERN & BAKER, 1983b; BLACK et alii, 1984a,b e HENRY et alii, 1986, 1987).

### 3.3-Manejo dos animais

Durante todo o experimento foram fornecidos ração e água à vontade; sendo que as aves estavam alojadas em bateria metálica com ambiente semi controlado; os frangos de cada box

foram pesados em grupos no início e no final do experimento. O peso médio por ave foi calculado dividindo-se o peso total pelo número de aves do box. A ração fornecida foi pesada assim como a sobra no final do experimento. O consumo médio de ração por ave foi calculado pela divisão do consumo total de ração do box pelo número de aves no box correspondente. A conversão alimentar foi estimada pela razão entre o consumo médio de ração e o peso médio das aves.

### 3.4-Análises químicas

Ao final dos experimentos, foram sacrificadas ao acaso quatro aves de cada repetição e colhidas a tíbia esquerda, com cartilagens adjacentes, soro sanguíneo e fígado, para as análises químicas. Os ossos livres de tecido muscular, foram mantidos em água destilada em ebulição por 10 minutos, visando facilitar a remoção dos resíduos dos tecidos moles. Em seguida, foram levados à estufa de ventilação forçada (65°C) por 72 horas, desengordurados em extrator Soxhlet por 8 horas e posteriormente conduzidos à estufa ventilada a 105°C por 24 horas. Após cumprir estas etapas, foram pesados em balança analítica, triturados em moinho de aço inoxidável e submetidos à temperatura de 600°C por 6 horas, para determinação de cinzas (A.O.A.C., 1980). Os fígados foram cortados em pequenos fragmentos, desengordurados em extrator Soxhlet e posteriormente levados a estufa ventilada a 105°C por um período de 24 horas.

Após isto os fígados foram triturados em moinho de aço e a cinzas foi determinada de acordo com FICK et alii, 1979 . O manganês dos ossos, fígado e soro sanguíneo foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica no modelo Perkin-Elmer 5000, sendo a quantidade de manganês no osso e fígado analisado na base da matéria seca das cinzas.

Efetuuou-se também o teste de solubilidade relativa em água destilada, ácido clorídrico a 0,4% e ácido cítrico a 2,0%, acrescentando-se 100 ml de cada solução a 0,1 g dos produtos. O material foi mantido sob agitação constante durante uma hora, e então filtrado em papel filtro Whatman n<sup>o</sup> 42. O conteúdo de manganês da solução obtida foi comparado com a concentração total do mineral (WATSON et alii, 1970).

### 3.5-Análises estatísticas

Para análise estatística os resultados foram analisados através do pacote computacional SAEG segundo EUCLIDES (1982); onde os dados foram submetidos a análise de variância e de regressão.

A estimativa da biodisponibilidade do manganês foi baseada no acúmulo de Mn nos tecidos, sendo calculada através da técnica de relação dos coeficientes (Slope-Ratio Assay) segundo FINNEY (1978); utilizando os coeficientes da regressão linear, regressão linear múltipla e a média do aumento da concentração



de Mn no tecido (BLACK et alii, 1984a,b e HENRY et alii, 1986, 1987).

De acordo com FINNEY (1978) a biodisponibilidade relativa é a quantidade do padrão a que equivale uma unidade da substância teste, podendo ser estimada pela razão dos coeficientes das equações de regressão.

$$\text{Biodisponibilidade Relativa} = \frac{\text{Coeficientes do teste}}{\text{Coeficiente do padrão}} \times 100$$

#### 4-RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1-Determinação da exigência de manganês

###### 4.1.1-Resultados de desempenho

O desempenho dos frangos de corte está apresentado na Tabela 3. Não houve influência ( $P>0.05$ ) dos níveis de manganês no ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar; o que é justificado pelo fato da dieta basal conter a exigência mínima de manganês para assegurar o crescimento normal das aves, concordando com HENRY et alii (1986) que argumentaram que o uso de dietas práticas permitem aos animais alcançarem o seu máximo potencial genético.

Tabela 3: Desempenho de frangos de corte com vários níveis de manganês na dieta no período de 1 a 28 dias de idade.

Níveis de suplementação de Mn, ppm	Ganho de peso, g	Consumo de ração, g	Conversão Alimentar (C.A.)
0	950	1740	1,84
20	970	1720	1,78
40	958	1690	1,76
60	965	1740	1,81
80	967	1720	1,78
100	971	1730	1,78

1- Suplementado pelo  $MnSO_4 \cdot H_2O$  p.a.

#### 4.1.2-Anormalidades das pernas e dedos de frangos de corte

Baseado na percentagem de anormalidades das pernas e dedos de frangos de corte, utilizando a soma dos escores 3, 4, e 5 (Tabela 4), para se determinar a exigência de manganês na dieta, obteve-se um efeito quadrático ( $P < 0.01$ ), para os níveis de manganês estudados (Figura 2), sendo que pela derivada da equação obtém-se como ótimo o nível de suplementação 59 ppm de manganês na forma de sulfato de manganês p.a., indicando a menor percentagem de anormalidades das pernas e dedos.

Tabela 4: Percentagem de anormalidades das pernas e dedos de frangos de corte.

Níveis de suplementação de Mn, ppm	Escores (%)					Pernas e dedos	
	1	2	3	4	5	Normal	Anormal
0	24,0	30,5	25,0	12,0	8,5	54,5	45,5
20	20,4	50,0	20,0	7,6	2,0	70,4	29,6
40	31,1	40,0	18,0	8,9	2,0	71,1	28,9
60	55,0	29,0	9,0	5,0	2,0	84,0	16,0
80	33,0	43,2	13,0	8,0	2,8	76,2	23,8
100	36,0	24,4	20,0	16,6	3,0	60,4	39,6

1 e 2 - Pernas e dedos normais

3 - Encurvamento das falanges

4 - Torção da perna

5 - Deformação (tipo varus e tipo valgus)

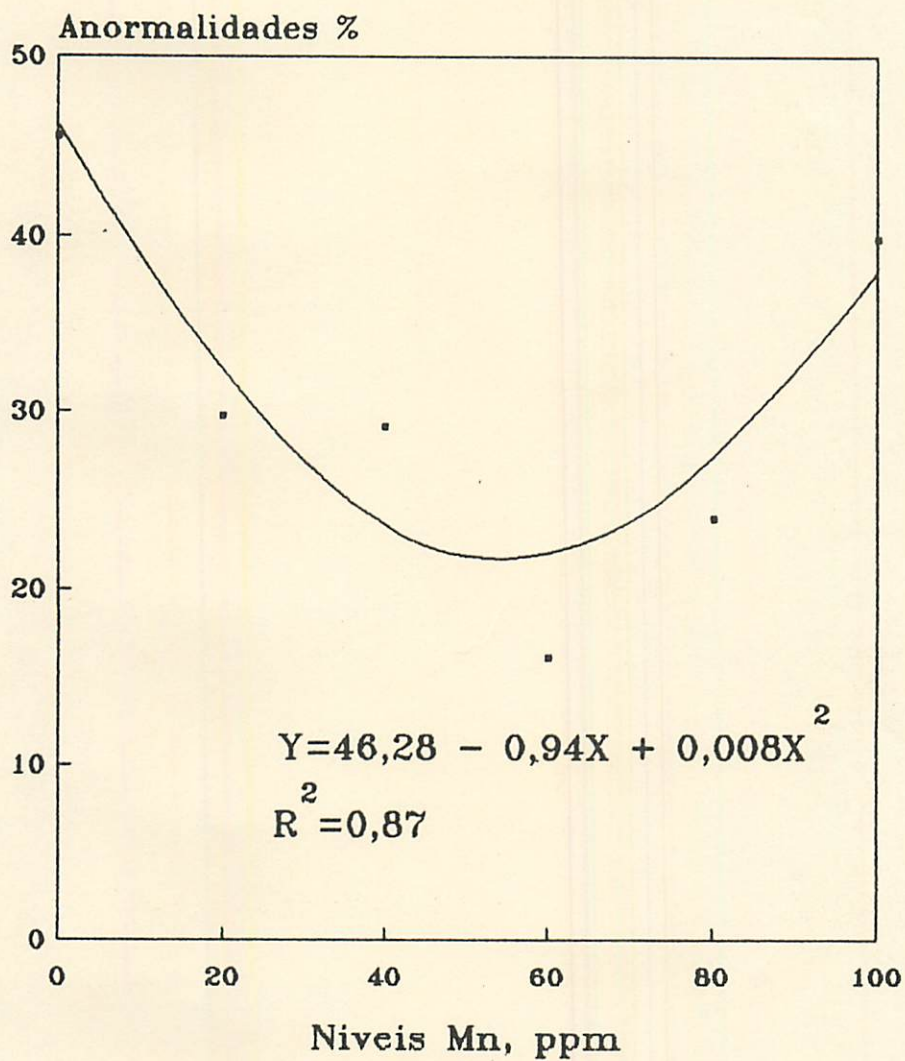


FIGURA 2: Efeito dos níveis de manganês na dieta sobre a percentagem de anormalidades das pernas e dedos de frangos de corte.

#### 4.1.3-Concentração de manganês nos tecidos

A concentração de manganês na tíbia, fígado e soro sangüíneo estão apresentadas na Tabela 5. A concentração de manganês na tíbia aumentou linearmente ( $P < 0.01$ ) para os níveis de manganês na dieta.

Tabela 5: Efeito dos níveis de Mn na concentração do elemento na tíbia, fígado e soro sangüíneo de frangos de corte.

Níveis de suplementação de Mn, ppm	Concentração de Mn		
	Tíbia <sup>1</sup> (ppm)	Fígado <sup>2</sup> (ppm)	Soro <sup>3</sup> (mcg%)
0	2,96	11,84	49,00
20	2,95	12,51	56,50
40	3,45	16,15	59,00
60	3,95	20,01	71,00
80	4,44	19,20	57,50
100	5,06	18,36	54,00

1-  $Y = 2,70 + 0,022X$ ;  $R^2 = 0,94$

2-  $Y = 10,52 + 0,24X - 0,0018X^2$ ;  $R^2 = 0,77$

3-  $Y = 47,93 + 0,61X - 0,006X^2$ ;  $R^2 = 0,65$

Para a concentração de Mn no fígado e soro sangüíneo, obteve-se um efeito quadrático ( $P < 0,01$ ) dos níveis de manganês na dieta (Figuras 3 e 4); sendo que pela derivada das equações obtêm-se como ótimos níveis de 67 e 51 ppm de Mn na forma de sulfato de manganês p.a., quando se considerou a concentração de Mn no fígado e soro sangüíneo, respectivamente, como critério de avaliação da exigência.

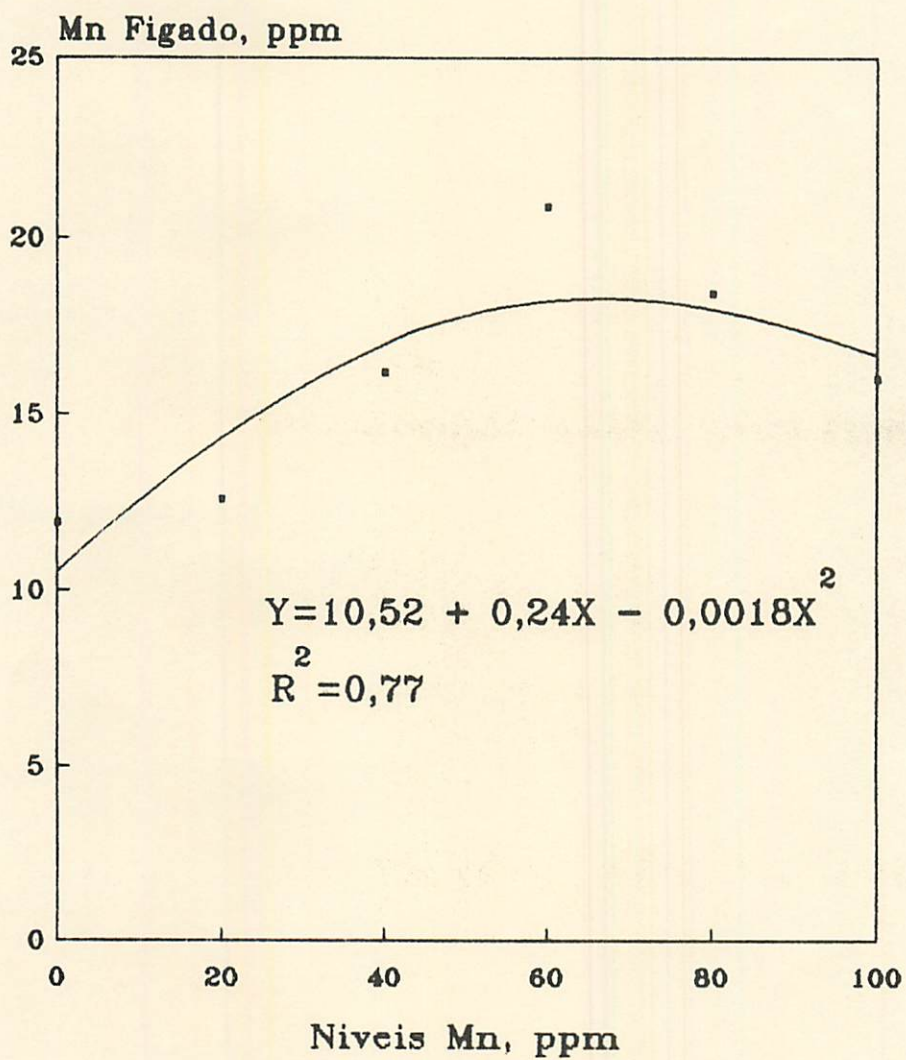


FIGURA 3- Efeito dos níveis de manganês na concentração do elemento no fígado de frangos de corte.

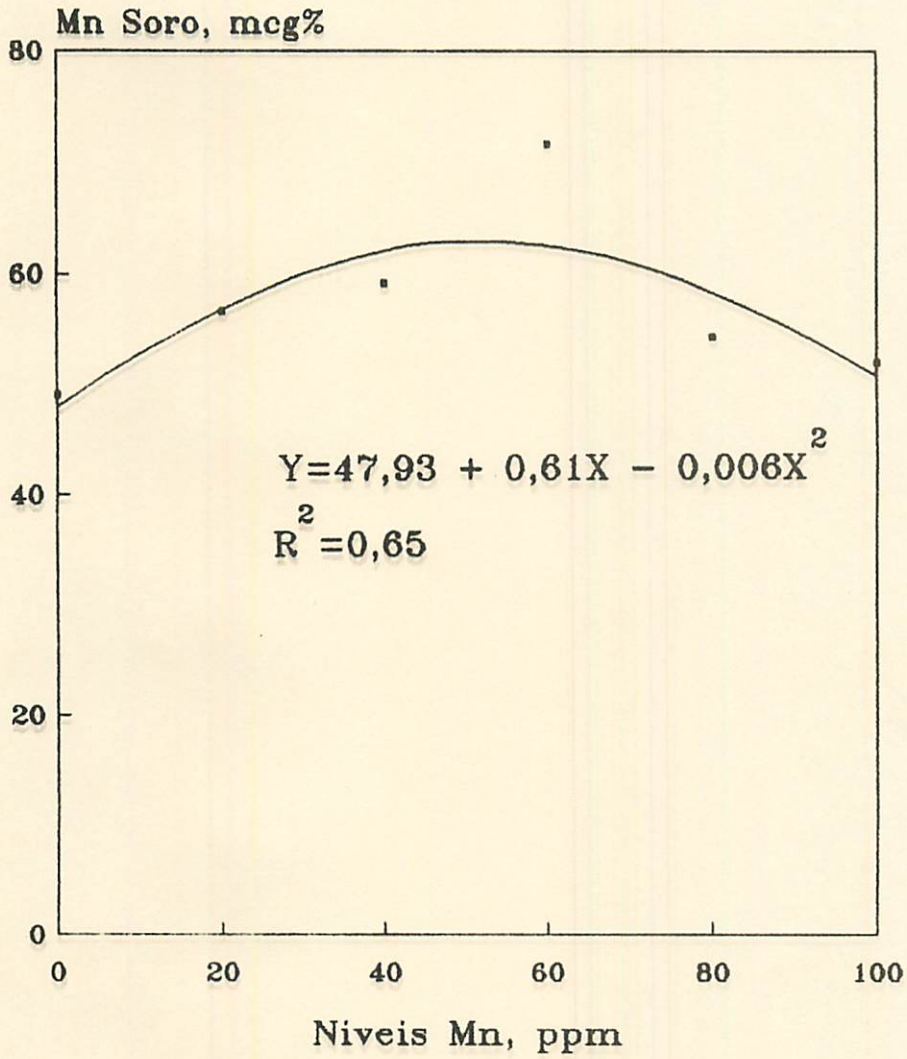


FIGURA 4- Efeito dos níveis de manganês na concentração do elemento no soro sanguíneo de frangos de corte.



Como a concentração de manganês na tíbia aumentou linearmente, não se aconselha utilizar este critério como o indicador mais correto para a determinação da exigência de manganês; o que foi verificado por HALLORAN (1986).

A dieta prática utilizada não se trata de uma dieta purificada ou semi-purificada, pois os ingredientes utilizados continham apreciável quantidade de fitato e fibra, o que ocasiona uma redução na absorção de tal elemento; o mesmo foi observado por HALPIN & BAKER (1986a,b) e BAKER et alii (1986).

O valor médio obtido pela derivada das equações, 59 ppm de Mn na forma de sulfato de manganês p.a. concordam com aqueles recomendados pelo N.R.C. (1984) e BAKER et alii (1986) que afirmam que toda dieta prática de aves deverá conter no mínimo 40 ppm de manganês inorgânico suplementar do óxido de manganês ou sulfato de manganês p.a..

#### **4.2-Determinação da biodisponibilidade de manganês**

##### **4.2.1-Análises químicas**

As análises do mineral das fontes (Tabela 6) indicam as concentrações de 32,50, 28.50 e 60.50% de manganês para o sulfato de manganês p.a., sulfato de manganês e óxido de manganês comercial, respectivamente.

Tabela 6: Características químicas das fontes de manganês.

Fontes <sup>1</sup>	Mn	Ca	P	Fe	Pb	Zn	Cu
	(%)						
MnSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O p.a.	32,50	ND <sup>2</sup>	ND	ND	ND	ND	ND
MnSO <sub>4</sub> F.C.	28,50	0,20	0,05	0,04	ND	0,25	0,04
MnO F.C.	60,50	0,24	0,90	0,28	0,08	0,05	0,02

1- p.a. representa a fonte pura para análise e F.C. representa as fontes comerciais

2- ND - Não detectado

O sulfato de manganês p.a. e o sulfato de manganês comercial estão livre de mineral contaminante, sendo que o óxido de manganês contém uma pequena quantidade de Pb, o uso desta fonte no nível de 240 ppm de Mn suplementar poderá contribuir com somente 0,32 ppm de Pb na dieta total. Esta quantidade é muito menor do que o nível máximo tolerável pelo NRC (1980).

O sulfato de manganês p.a. e o sulfato de manganês (Tabela 7) tiveram solubilidade de 93,7 e 92,5%, respectivamente e o óxido de manganês foi relativamente insolúvel em água. Todas as fontes foram solúveis em HCl a 0,4% e em ácido cítrico a 2,0% sendo que o óxido de manganês foi menos solúvel do que o sulfato de manganês p.a. e o sulfato de manganês. A baixa solubilidade do óxido de manganês têm sido relatada por (WATSON et alii, 1970, 1971; BLACK et alii, 1984a e HENRY et alii, 1987). A incompleta solubilidade para uma fonte similar de óxido de manganês em HCl

a 0,4% foi encontrada por (WATSON et alii, 1971 e WONG-VALLE et alii, 1989) e em ácido cítrico a 2,0% por (BLACK et alii, 1984a e WATSON et alii, 1971).

Tabela 7: Características físico-químicas das fontes de manganês.

Fontes <sup>1</sup>	Solubilidade Relativa (%)		
	H <sub>2</sub> O	HCl a 0,4%	Ácido cítrico a 2,0%
MnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O p.a.	93,7	94,0	100,0
MnSO <sub>4</sub> F.C.	92,5	94,5	100,0
MnO F.C.	0,65	83,5	89,5

<sup>1</sup>- p.a. representa a fonte pura para análise e F.C. representa as fontes comerciais

#### 4.2.2-Resultados de desempenho

Os níveis e fontes de manganês não influenciaram ( $P > 0.05$ ) no ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar (Tabela 8); concordando com BLACK et alii, 1984a, 1985 e HENRY et alii, 1987, 1989) os quais observaram efeito baixo ou nulo do nível de manganês no desempenho de frangos de corte. SOUTHERN & BAKER (1983b) relataram um decréscimo no ganho de peso em frangos que receberam 4000 ou 5000 ppm de manganês do cloreto mas não em frangos que receberam 5000 ppm do manganês do sulfato, carbonato ou dióxido; BLACK et alii (1984a) não

encontraram efeito no consumo ou ganho de peso de frangos de corte quando se forneceu 1000, 2000 ou 4000 ppm de manganês do sulfato, óxido ou carbonato por 26 dias; entretanto, houve um decréscimo no consumo de ração quando BLACK et alii (1985) forneceram 3000 ppm de manganês do sulfato por 21 dias.

Tabela 8: Efeito dos níveis e fontes de manganês no desempenho de frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade.

Desempenho	Níveis de suplementação de Mn, ppm			
	0	60	120	240
		<u>MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O p.a.<sup>1</sup></u>		
Ganho de peso, g	634	647	650	660
Consumo de ração, g	1090	1070	1060	1090
Conversão alimentar	1,71	1,66	1,64	1,66
		<u>MnSO<sub>4</sub> F.C.<sup>2</sup></u>		
Ganho de peso, g	634	661	663	659
Consumo de ração, g	1090	1050	1070	1050
Conversão alimentar	1,71	1,60	1,62	1,60
		<u>MnO F.C.<sup>2</sup></u>		
Ganho de peso, g	634	642	665	676
Consumo de ração, g	1090	1080	1060	1080
Conversão alimentar	1,71	1,68	1,59	1,60

1- p.a. representa a fonte pura para análise

2- F.C. representa as fontes comerciais

#### 4.2.3-Concentração de manganês nos tecidos

As análises de manganês nos tecidos como fígado, soro sanguíneo e a tíbia revelaram um aumento linear ( $P < 0,01$ ) entre a concentração de Mn na tíbia (Figura 5) e os níveis de Mn para as três fontes estudadas (Tabela 9 e 10), o qual leva a uma concordância com estudos prévios realizados por BLACK et alii (1984a,b) e HENRY et alii (1987) em que a tíbia foi o tecido mais sensível para se estimar a biodisponibilidade. A análise de regressão linear múltipla da concentração de manganês na tíbia com níveis e fontes de manganês na dieta forneceu a seguinte equação:

$$Y = 2,0696 + 0,0195 \text{ MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O p.a.} + 0,01425 \text{ MnSO}_4 \text{ F.C.} + 0,0095 \text{ MnO F.C.}; R^2 = 0,78$$

sendo:

.p.a. representa a fonte pura para análise e F.C. representa as fontes comerciais de manganês.

Tabela 9: Efeito das fontes e níveis de manganês na concentração do elemento na tíbia de frangos de corte.

Níveis de suplementação de Mn, ppm	Fontes <sup>1</sup>		
	MnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O p.a.	MnSO <sub>4</sub> F.C.	MnO F.C.
	Mn tíbia, ppm <sup>2</sup>		
0	2.523	2.523	2.523
60	3.279	3.038	2.270
120	4.793	3.279	2.775
240	6.559	5.715	4.667

1- p.a representa a fonte pura para análise e F.C. representa as fontes comerciais.

2- A concentração de Mn na tíbia aumentou linearmente para as três fontes de manganês ( $P < 0,01$ ).

Tabela 10: Equação de regressão linear da concentração de Mn na tíbia para as fontes e níveis do elemento na dieta.

Fontes <sup>1</sup>	Equação de regressão <sup>2</sup>	Coefficiente de determinação ( $R^2$ )
MnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O p.a.	$Y = 2,4721 + 0,0173X$	0,79
MnSO <sub>4</sub> F.C.	$Y = 2,2414 + 0,0133X$	0,84
MnO F.C.	$Y = 2,0432 + 0,0098X$	0,60

1- p.a. representa a fonte pura para análise e F.C. representa as fontes comerciais.

2- Y é igual à concentração de manganês na tíbia e X é igual aos níveis de manganês em ppm na dieta.

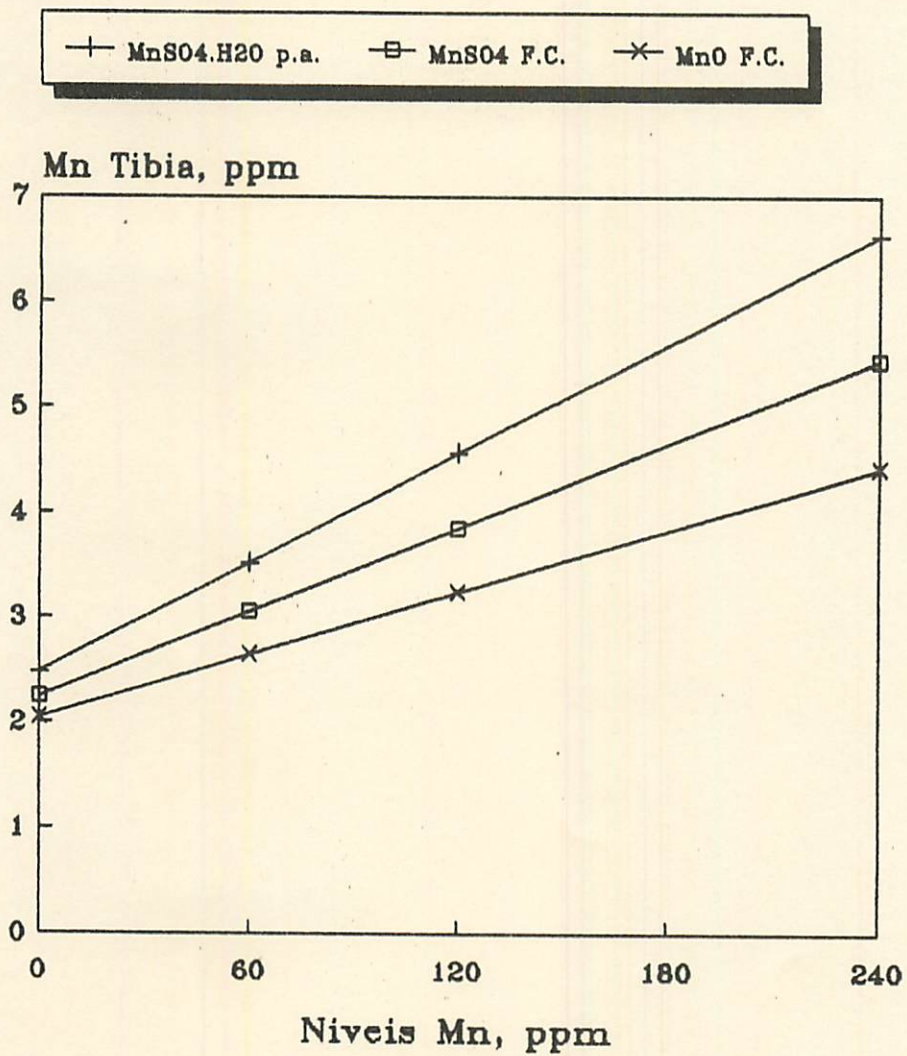


FIGURA 5: Efeito das fontes e níveis de Mn na concentração do elemento na tíbia de frangos de corte.

A biodisponibilidade relativa do sulfato e óxido de manganês foi calculada baseando-se nos coeficientes de regressão linear, regressão linear múltipla e a média do aumento da concentração de manganês na tíbia (Tabela 11).

Tabela 11: Biodisponibilidade relativa do sulfato e óxido de manganês para frangos de corte.

Fontes <sup>1</sup>	Regressão Linear		Regressão Linear Múltipla		Média do aumento de Mn no tecido	
	Coefficiente	Valor	Coefficiente	Valor	ppm	Valor
		Relativo %		Relativo %		Relativo %
MnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O p.a.	0.0173	100	0.01953	100	2.354	100
MnSO <sub>4</sub> F.C.	0.0133	80	0.01425	73	1.487	63
MnO F.C.	0.0098	60	0.00952	49	1.198	51

1- p.a. representa a fonte pura para análise e F.C. representa as fontes comerciais.

A biodisponibilidade do sulfato de manganês p.a. foi considerada como sendo 100% e comparando os coeficientes das regressões lineares (Tabela 10) a biodisponibilidade relativa foi estimada em 80 e 60% para o sulfato e óxido de manganês comercial, respectivamente. Nos primeiros estudos com fontes de óxido de manganês e alta suplementação de manganês (BLACK et alii, 1984a) utilizando o osso encontraram o valor de 57% de biodisponibilidade para o óxido comparado ao sulfato; já WONG-VALLE et alii (1989) encontraram o valor de 70% de biodisponibilidade. Utilizando os coeficientes da regressão



linear múltipla, a biodisponibilidade relativa foi de 73 e 49% para o sulfato e óxido de manganês, respectivamente. Esta estimativa também é comparada com a de BLACK et alii (1984a) onde utilizando o osso, encontraram o valor de 60% de biodisponibilidade para o óxido de manganês.

Baseado na média do aumento da concentração de manganês na tíbia a biodisponibilidade do sulfato e óxido de manganês comercial foi de 63 e 51% respectivamente. Utilizando a combinação da regressão linear, regressão linear múltipla e média do aumento da concentração de manganês no tecido obteve-se 72 e 53% de biodisponibilidade do sulfato e óxido de manganês comparado com o sulfato de manganês p.a., valor próximo ao encontrado por HENRY et alii (1986) o qual foi de 66% de biodisponibilidade para o óxido de manganês quando comparado também com o sulfato de manganês p.a..

Neste experimento houve uma associação entre os dados de biodisponibilidade e solubilidade em HCl a 0,4% e ácido cítrico a 2,0%. As fontes mais biodisponíveis exibiram maior índice de solubilidade nestas soluções.

## 5-CONCLUSÃO

Nas condições do presente estudo conclui-se que:

- 1- A exigência de manganês para frangos de corte na fase inicial baseado na média da derivada das equações quadráticas da percentagem de anormalidades das pernas e dedos e no acúmulo de Mn no fígado e soro sanguíneo utilizando dieta prática à base de milho e farelo de soja foi de 59 ppm de Mn suplementar.
- 2- A concentração de manganês na tíbia foi o parâmetro mais adequado na estimativa da biodisponibilidade deste elemento.
- 3- A biodisponibilidade variou entre as diferentes fontes. Considerando o sulfato de manganês p.a. 100% biodisponível e comparando os coeficientes da regressão linear, regressão

linear múltipla e a média do aumento da concentração de Mn na tibia encontrou-se os valores de 80 e 60%; 73 e 49% e 63 e 51% para as fontes comerciais sulfato e óxido de manganês, respectivamente.

- 4- Os métodos utilizados para avaliação da biodisponibilidade de manganês foram igualmente válidos.
- 5- O valor da biodisponibilidade das fontes testadas, baseado na média geral dos três métodos de avaliação foram de 72 e 53% para as fontes sulfato e óxido de manganês, respectivamente.
- 6- O teste de solubilidade do manganês em ácido clorídrico e ácido cítrico mostrou associação com os dados de biodisponibilidade, sendo que a fonte mais biodisponível exibiu grande solubilidade nestas soluções.

## 6-RESUMO

A concentração de manganês no tecido e a percentagem de anormalidades das pernas e dedos foram utilizados como critérios para se determinar a exigência de Mn para frangos de corte. Uma dieta à base de milho e farelo de soja contendo 25 ppm de Mn foi suplementada com 0, 20, 40, 60, 80 e 100 ppm de Mn na forma de sulfato de manganês p.a. a qual foi fornecida à vontade por um período de 28 dias. Foram utilizados 720 pintos de corte machos de um dia de idade da linhagem Hubbard num delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições de 30 aves cada. Baseado na percentagem de anormalidades das pernas e dedos e na concentração de Mn no fígado e soro sanguíneo encontrou-se uma exigência média de 59 ppm de Mn suplementar para frangos de corte na fase inicial.

Para determinar a biodisponibilidade de fontes de manganês foi conduzido um experimento utilizando 600 pintos de

corde de machos de um dia de idade da linhagem Hubbard empregando-se um delineamento inteiramente casualizado num arranjo fatorial 3 x 3 (fontes x níveis) utilizando um tratamento controle comum a cada unidade do esquema fatorial por um período de 21 dias. Os tratamentos constavam dos níveis 60, 120 e 240 ppm de Mn das fontes sulfato de manganês p.a., sulfato e óxido de manganês comercial. Utilizando a concentração de manganês na tíbia como critério para determinar a biodisponibilidade através da técnica da relação dos coeficientes de regressão e baseado nos coeficientes da regressão linear, regressão linear múltipla e a média do aumento da concentração de Mn na tíbia encontrou-se uma média de biodisponibilidade de 72 e 53% para as fontes sulfato e óxido de manganês considerando o sulfato de manganês p.a. 100% biodisponível.

## 7-SUMMARY

Tissue Mn accumulations and leg abnormalities were used as criteria to determine the requirements of the elements for broilers. A basal corn, soybean meal diet containing 25 mg/Kg of Mn was supplemented with 0, 20, 40, 60, 80 and 100 mg/Kg of Mn from reagent grade manganese sulfate and was offered to the chicks for 28 days. Seven hundred and twenty day old chicks of Hubbard strain were distributed randomly in 6 treatments with 4 replications of 30 chicks in each. Based on the percent of leg abnormality, liver and serum Mn concentration, the requirement of Mn was determined to be 60 mg/Kg of supplemental Mn in the diet of the broiler.

To determine the bioavailability of sources of Mn, six hundred day old chicks were distributed in 10 treatment groups with 4 replications of each in a factorial design of 3 x 3, using a common control treatment group for all the sources of

Mn. The source of Mn tested were reagent grade manganese sulfate, feed grade manganese sulfate and feed grade manganese oxide which were supplemented to the basal diet at a level of 60, 120 and 240 mg/Kg and were offered to the chicks for 21 days. Relative bioavailability of Mn was calculated using <sup>by</sup> tibia Mn concentration as a criteria and based on Slope Ratio Assay, linear regression, linear multiple regression and average increase of tibia Mn concentration the average relative value of Mn from sulfate and oxide source was determined to be 72% and 53% respectively, considering reagent grade manganese sulfate as 100% bioavailable.

### 8-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. AOAC. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, 13. ed., 1980. 1015p.
02. BAKER, D. H. & HALPIN, K. M. Manganese and iron interrelationship in the chick. Poultry Science, Champaign, 70(1):146-52, 1991.
03. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Research note: Efficacy of manganese protein chelate compared with that of manganese sulfate for chicks. Poultry Science, Champaign, 66(9):1561-3, 1987.
04. \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ ; LAURIN, D. E. & SOUTHERN, L. L. Manganese for poultry - a review. Fayetteville, 1986. p.1-6.
05. BLACK, J. R.; AMMERMAN, C. B.; HENRY, P. R. & MILES, R. D. Biological availability of manganese sources and effects of high dietary manganese on tissues mineral composition of broiler-type chicks. Poultry Science, Champaign, 63(10):1999-2006, 1984a.



06. BLACK, J. R.; AMMERMAN, C. B.; HENRY, P. R. & MILES, R. D. Effect of dietary of manganese and age on tissues trace mineral composition of composition of broiler-type chicks as a bioassay of manganese sources. Poultry Science, Champaign, 64(4):688-93, 1985.
07. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Tissue manganese uptake as a measured of manganese bioavailability. Nutrition Reports International, Los Altos, 29(4):807-14, 1984b.
08. BROWN, D. R. & SOUTHERN, L. L. Effect of *Eimeria acervulina* infection in the chicks fed excess dietary cobalt and/or manganese. Journal of Nutrition, Bethesda, 115(3):347-51, 1985.
09. COTZIAS, G. C. Manganese. In: COMAR, C. L. & BRONNER, F. Mineral metabolism: an advanced treatise. New York, Academic Press, 1962. v.2, p.403-42.
10. CREEK, R. D.; PARKER, H. E.; HAUGE, S. M.; ANDREWS, F. N. & CARRICK, C. W. The influence of body weight on the experimental production of perosis by manganese deficiency. Poultry Science, Champaign, 39:96-8, 1960.
11. EUCLIDES, R. F. SAEG - Sistema de análises estatísticas e genéticas. Viçosa, UFV, CPD, 1982. 68p.
12. FALLAVENA, L. C. B. Alterações osseas em frangos de sete linhagens do tipo corte comercializados no Brasil. Estudo clínico e morfológico. Belo Horizonte, UFMG, 1984. 41p. (Tese MS).

13. FICK, K. R.; McDOWELL, L. R.; MILES, P. H.; WILKINSON, N. S.; FUNK, J. D.; CONRAD, J. H. & VALDIVIA, R. Metodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. 2.ed. Gainesville, University of Florida, 1979. 92p.
14. FINNEY, D. J. Statistical method of biological assay. 3 ed. London, Charles Griffith and Company, 1978. 508p.
15. FLY, A. D.; IZQUIERDO, O. A.; LOWRY, K. R. & BAKER, D. H. Manganese bioavailability in a Mn-methionine chelate. Nutrition Research, Elmsford, 9:901-10, 1989.
16. GALLUP, W. D. & NORRIS, L. C. The amount of manganese required to prevent perosis in the chick. Poultry Science, Champaign, 18:76-82, 1939.
17. GEORGIEVSKII, V. I. Manganese. In: GEORGIEVSKII, V. I.; ANNENKOV, B. N. & SAMOKHIN, V. T. Mineral nutrition of animals. London, Butterworths, 1982. cap. 15, p.424-5.
18. HALLORAN, H. R. Baker recommends 75 ppm added manganese for broilers. Feedstuffs, Mineapolis, 59(1):12, Jan. 1987.
19. \_\_\_\_\_. Manganese requirement for broilers gets further review. Feedstuffs, Mineapolis, 58(12):13, Dec. 1986.
20. HALPIN, K. M. & BAKER, D. H. Long-term effects of corn, soybean meal, wheat bran and fish meal on manganese utilization in the chick. Poultry Science, Champaign, 65(7):1371-4, 1986a.
21. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Manganese utilization in the chick: Effects of corn, soybean meal, fish meal, wheat bran and rice bran on tissue uptake of manganese. Poultry Science, Champaign, 65(5):995-1003, 1986b.

22. HALPIN, K. M. & BAKER, D. H. Mechanism of the tissue manganese lowering effect of corn, soybean meal, fish meal, wheat and rice bran. Poultry Science, Champaign, 66(2):332-40, 1987.
23. \_\_\_\_\_ ; CHAUSOW, D. G. & \_\_\_\_\_. Efficiency of manganese absorption in chicks fed corn-soy and casien diets. Journal of Nutrition, Bethesda, 116(9):1747-51, 1986.
24. HAMMOND, J. C. Inorganic phosphorus and perosis. Poultry Science, Champaign, 15(3):260-3, 1936.
25. HELLER, V. G. & PENQUITE, R. Factors producing and preventing perosis in chickens. Poultry Science, Champaign, 16(4):243-6, 1937.
26. HENRY, P. R.; AMMERMAN, C. B. & MILES, R. D. Bioavailability of manganese monoxide and manganese dioxide for broiler chicks. Nutrition Reports International, Los Altos, 36(2):425-33, 1987.
27. \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Bioavailability of manganese sulfate and manganese monoxide in chicks as measured by tissues uptake of manganese from conventional dietary levels. Poultry Science, Champaign, 65(5):983-6, 1986.
28. \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Relative bioavailability of manganese in a manganese-methionine complex for broiler chicks. Poultry Science, Champaign, 68(1):107-12, 1989.
29. INSKO Jr., W. M.; SOWELL, D. F. & LYONS, M. Is phosphorus a causative factor in the production of slipped tendon. Poultry Science, Champaign, 13(6):370-5, 1934.

30. KEALY, R. D. & SULLIVAN, T. W. Studies on manganese requirement and interactions in the diet of young turkeys. Poultry Science, Champaign, 45(6):1352-8, 1966.
31. LEACH Jr., R. M. Role of manganese in the synthesis of mucopolysaccharides. Federation Proceedings, Baltimore, 26(1):118-20, 1967.
32. \_\_\_\_\_ & MUENSTER, A. M. Studies on the role of manganese in bone formation. I. Effect upon the mucopolysaccharide content of chick bone. Journal of Nutrition, Bethesda, 78(1):51-5, Sept. 1962.
33. LILBURN, M. S.; LAUTERIO, T. J.; NGIAM-RILLING, K. & SMITH, J. H. Relationships among mineral balance in the diet, early growth manipulation, and incidence of tibial dyschondroplasia in different strains of meat type chickens. Poultry Science, Champaign, 68(9):1263-81, 1989.
34. MERTZ, W. Manganese. In: UNDERWOOD, E. J. Trace Elements in Human and Animal Nutrition. 5th ed. New York, Academic Press, 1984. p.185-223.
35. MILES, C. B.; AMMERMAN, J. R. & HENRY, P. R. Evidence supports manganese oxide's grass status. Feedstuffs, Mineapolis, 58(6):31, Feb. 1986.
36. MILLER, W. J. Biological availability of trace mineral elements. In: PROCEEDING NUTRITION INSTITUTE MINERALS, Iowa, 1983. p.1-22.
37. \_\_\_\_\_. Biological value of different sources of inorganic trace elements. Feedstuffs, Mineapolis, 53(13):20, Mar. 1981.

38. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Mineral tolerance of domestic animals. Washington, National Academy Press, 1980. 577p.
39. \_\_\_\_\_ Nutrient requirements of poultry. 8. ed. Washington, National Academy Press, 1984. 71p. (Nutrient Requirements of domestic animals).
40. PORTSMOUTH, J. Changes needed in nutrient input data relating to leg problems in poultry. Feedstuffs, Mineapolis, 56(3):43-51, Jan. 1984.
41. PULS, R. Veterinary trace mineral deficiency and toxicity information. Ottawa, Information Services, Agriculture Canada, 1981. 101p. (Publication, 5139).
42. REID, B. L.; WEBER, C. W. & SAVAGE, S. I. Chelated minerals in poultry nutrition. Feedstuffs, Mineapolis, 45(5):38-40, Jan. 1973.
43. RIDENOUR, K. W. & SCHUGEL, L. Manpro manganese methionine. In: \_\_\_\_\_. A new era trace mineral nutrition in food producing animals. Cocoyoc, Association of specialists in Animal nutrition, 1987. p.6-7. (Technical Bulletin, TB-8712)
44. ROSTAGNO, H. S.; SILVA, D. J.; COSTA, P. M. A.; FONSECA, J. B.; SOARES, P. R.; PEREIRA, J. A. A. & SILVA, M. A. Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (tabelas brasileiras). Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1983. 61p.
45. SCOTT, M. L. Poultry schort papers. Feedstuffs, Mineapolis, 53(34):24, Aug. 1981.

46. SMITH, O. B. & KABAIJA, E. Effect of high dietary calcium and wide calcium-phosphorus ratios in broiler diets. Poultry Science, Champaign, 64(9):1713-20, 1985.
47. SOUTHERN, L. L. & BAKER, D. H. Eimeria acervulina infection in chicks fed deficiency or excess levels of manganese. Journal of Nutrition, Bethesda, 113:172-7, 1983a.
48. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Excess manganese ingestion in the chick. Poultry Science, Champaign, 62(4):642-6, 1983b.
49. SUMMERS, J. D.; LEESON, S. & FERGUSON, A. E. Performance and leg conditions of caged and floor reared broilers fed diets deficient in selected vitamins and minerals. Poultry Science, Champaign, 57(2):506-12, 1978.
50. SUSO, F. A. & EDWARDS Jr., H. M. Whole body counter studies on the absorption of <sup>60</sup>Co, <sup>59</sup>Fe, <sup>54</sup>Mn and <sup>65</sup>Zn by chicks, as affected by their dietary levels and other supplemental divalent elements. Poultry Science, Champaign, 48(6):933-8, 1969.
51. SWENSON, M. J. Manganês. In: \_\_\_\_\_. Dukes fisiol6gia dos animais dom6sticos. 10. ed. Rio de Janeiro, Guanabara, 1988. p 408-9.
52. ULLREY, D. E. Techniques for diagnosing trace element deficiencies. In: ANIMAL INTERNATIONAL MINERALS CONFERENCE, 6, Florida, 1983. Proceeding of the meeting... Florida, 1983. p.41-56.
53. UNDERWOOD, E. J. Trace elements in human and animal nutrition. 4. ed. New York, Academic Press, 1977. 545p.

54. UNDEWOOD, E. J . The mineral nutrition of livestock. 2. ed. Slough, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1981. 180p.
55. VAN der ZIJPP, A. J. Science and sustainability in animal production systems in the developed world. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 7, Edmonton, 1993. Proceedings... Edmonton, Alberta, 1993, v.1, p.34-40.
56. WATSON, L. T.; AMMERMAN, C. B.; MILLER, S. M. & HARMS, R. H. Biological assay of inorganic manganese for chicks. Poultry Science, Champaign, 49(6):1548-54, 1970.
57. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Biological availability to chicks of manganese from diferent inorganic sources. Poultry Science, Champaign, 50(6):1693-700, 1971.
58. WEDEKIND, K. J. & BAKER, D. H. Effect of varying calcium and phosphorus level on manganese utilization. Poultry Science, Champaign, 69(6):1156-64, 1990.
59. WEIGAND, E. & KIRCHGESSNER, M. Endogenous excretion and true retention of manganese in response to graded levels of dietary Mn supply in chicks. Journal of Physiology and Animal Nutrition, Hamburg, 60:197-208, 1988.
60. WIESE, A. C.; ELVEHJEMN C. A.; HART, E. B & HALPIN, J. G. Studies of the prevention of perosis in the chick. Poultry Science, Champaign, 17(1):33-7, 1938.
61. WILGUS Jr., H. S.; NORRIS, L. C. & HEUSER, G. F. The effect of various calcium and phosphorus salts on the severity of perosis. Poultry Science, Champaign, 16(4):232-7, 1937.

62. WILGUS Jr., H. S.; NORRIS, L. C. & HEUSER, G. F. The role of certain inorganic elements in the cause and prevention of perosis. Science, Washington, 84:252-3, 1936.
63. \_\_\_\_\_ & PATTON, A. R. Factors affecting manganese utilization in the chicken. Journal of Nutrition, Bethesda, 18:35-45, 1939.
64. WONG-VALLE, J.; AMMERMAN, C. B.; HENRY, P.R.; RAO, P. V. & MILES, R. D. Bioavailability of manganese from feed-grade manganese oxides for broiler chicks. Poultry Science, Champaign, 68(10):1368-73, 1989.