

Efeito de diferentes fontes de fósforo na dieta sobre as características dos ossos de porcas e suas proles¹

Nelson Morés², Hacy Pinto Barbosa³ e Waldomiro Barioni Jr²

ABSTRACT.- Morés N., Barbosa H.P. & Barioni Jr W. 1999. [Effects of different sources of phosphorus on bone characteristics of sows and their offspring.] Efeito de diferentes fontes de fósforo na dieta sobre as características dos ossos de porcas e suas proles. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 19(1):1-6. Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves, Cx. Postal 21, Concórdia, SC 89700-000, Brazil.

The main limitation in the use of rock phosphate in swine diets is the fluorine content that may be toxic when used for long periods. The objective of this study was to evaluate the effects of monocalcium phosphate (MP) and Tapira phosphate (TP) to sows and their offspring when fed during four reproductive cycles, as compared to the traditional use of dicalcium phosphate (DP). The study involved 13, 16 and 13 sows for DP, MP and TP phosphates, respectively. The litters were also fed with the same respective phosphate treatments until they reached 95 kg of body weight. The variables analyzed were: macroscopic tooth lesions score in sows, histological evaluation of bone tissue, the thyroid and parathyroid glands, and the evaluation of bone mineral contents and bone morphometrical characteristics. The results showed that TP is toxic for sows when used continuously during 4 reproductive cycles and causes lesions of chronic fluorosis in the teeth and bone tissue. TP also affected the litters with some minor lesions of fluorosis in bone tissue at the 4th reproductive cycle. MP induced some minor inespecific lesions only in bone tissue of the sows. No deleterious effects were observed in sows and litters fed DP.

INDEX TERMS: Swine, rock phosphate, Tapira phosphate, fluorosis, bones.

RESUMO.- A limitação principal do uso de fosfatos naturais na alimentação de suínos é a presença de flúor que pode ser tóxico quando ingerido por longos períodos. O objetivo deste trabalho foi avaliar os eventuais efeitos deletérios dos fosfatos Monocálcico (MP) e Tapira (TP), sobre porcas e suas proles alimentadas com esses fosfatos durante quatro ciclos reprodutivos consecutivos, comparativamente com o tradicional fosfato bicálcico (DP). Foram usadas 13 porcas alimentadas com FB (testemunha) 16 com MP e 13 com TP. As leitegadas oriundas de cada ciclo também foram alimentadas com os respectivos fosfatos até a idade de abate. As seguintes variáveis foram avaliadas: lesões macroscópicas nos dentes das porcas, alterações histológicas no tecido ósseo e nas glândulas tireóide e paratireóide, conteúdo de minerais no tecido

ósseo e características morfológicas do osso. Os resultados obtidos mostraram que o uso de TP por 4 ciclos reprodutivos, na alimentação de suínos, provocou lesões de fluorose crônica nos dentes e tecido ósseo das porcas. As leitegadas alimentadas com este fosfato também apresentaram discretas lesões de fluorose, mas somente evidentes no 4º ciclo reprodutivo. Somente algumas alterações inespecíficas ocorreram nos ossos das porcas que receberam o MP. O DP não provocou alterações patológicas no tecido ósseo, tanto nas porcas como nas suas leitegadas.

TERMOS DE INDEXAÇÃO: Suínos, ossos, flúor, fluorose, fosfato de rocha, fosfato Tapira.

INTRODUÇÃO

Entre as dificuldades de utilização de fosfatos de rochas naturais para suínos estão a biodisponibilidade do fósforo e a presença do flúor (F). O flúor quando ingerido em excesso, influencia o desempenho produtivo dos animais pode causar lesões nos dentes e ossos (Forsyth et al. 1972, Krook & Maylin 1979, Suttie 1980).

¹ Aceito para publicação em 23 de abril de 1998.

Trabalho realizado dentro do convênio Embrapa/Petrofertil.

² Embrapa-CNPSA, Cx. Postal 21, Concórdia, SC 89700-000.

³ Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP 13460-000.

Considerando que 99% do flúor retido no corpo animal é estocado no tecido ósseo, e que este halogênio possui efeito cumulativo quando ingerido por longos períodos, o exame desse tecido é indispensável quando se deseja avaliar fontes de fósforo com excesso de flúor. De acordo com Suttie (1980), a ingestão exagerada de flúor por bovinos causa hiperostose generalizada e, em alguns casos, podem ser observadas lesões de exostose óssea. Kick et al. (1993), fornecendo rações para suínos em crescimento-terminação com aproximadamente 0,03% de flúor derivado do fosfato de rocha ou do fluoreto de sódio, verificaram aumento no diâmetro e na espessura da parede do fêmur. Essas alterações foram acompanhadas pela perda do brilho e cor amarela normal do osso e pela ocorrência de exostoses.

A intoxicação por flúor nos animais caracteriza-se por alterações dentárias e ósseas. Nos dentes ocorre hipoplasia do esmalte, manchas esbranquiçadas com aspecto de giz ou manchas de cor marron, porosidade e desgaste excessivo (Shupe 1980, Riet-Correa et al. 1983). As alterações no tecido ósseo variam em função do grau de intoxicação, podendo ocorrer osteopetrose, osteoporose ou hiperostose (Krook & Maylin 1979). As alterações dentárias ocorrem quando os animais são expostos a doses excessivas de flúor durante o período de formação e calcificação dos dentes permanentes, enquanto que as lesões ósseas podem ocorrer em qualquer tempo na vida do animal (Krook & Maylin 1979).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito dos fosfatos bicálcico, monocálcico e fosfato de rocha de Tapira

sobre o tecido ósseo de porcas e suas proles, usados na alimentação durante quatro ciclos reprodutivos.

MATERIAL E MÉTODOS

Quarenta e duas fêmeas mestiças (Large White x Landrace), com peso médio de 135,6 kg aos 8 meses de idade, foram utilizadas e acompanhadas durante quatro ciclos reprodutivos consecutivos para se testar três diferentes fontes de fósforo na formulação das rações. As fontes de fósforo testadas foram: fosfato bicálcico (controle), fosfato monocálcico e fosfato de rocha Tapira. Os filhos dessas porcas, dos quatro ciclos reprodutivos, também foram alimentados até a idade de abate (aos 95 kg de peso vivo), com rações formuladas com as respectivas fontes de fósforo. As composições das rações usadas em todas as fases de criação são apresentadas no Quadro 1.

Exame das porcas

Após o quarto ciclo reprodutivo, as porcas foram abatidas para coleta do 3º metacarpiano, para análise dos minerais, do úmero e das glândulas tireóide e paratireóide, para avaliações morfométrica e histológica. No próprio abatedouro procedeu-se, também, à avaliação macroscópica dos dentes quanto à presença de lesões indicativas de fluorose crônica.

Exame dos suínos em idade de abate

Foram abatidos 72 suínos com 95 kg de peso vivo, sendo seis de cada ciclo reprodutivo por tratamento, procedendo-se as mesmas avaliações dos ossos e glândulas realizadas nas porcas.

O procedimento na preparação dos ossos para determinação de cinza, cálcio (Ca) e fósforo (P) foi realizado de acordo com Fick et al. (1979). A análise do flúor nos ossos foi realizado de acordo com o procedimento descrito em Gomes (1988).

Quadro 1. Composição das rações usadas nas diferentes fases de criação dos suínos (valores calculados)¹

Fases de criação	Tratamentos	PB %	ED Kacl/Kg	Ca total %	P total %	P disponível %	F ppm
Gestação	Fosfato bicálcico	12,90	3335	0,85	0,65	0,38	24,40
	Fosfato monocálcico	12,90	3312	0,85	0,64	0,34	103,70
	Fosfato Tapira	13,00	3348	0,83	0,63	0,20	208,8
Lactação	Fosfato bicálcico	12,80	3341	0,82	0,54	0,28	16,80
	Fosfato monocálcico	12,80	3352	0,85	0,58	0,29	85,40
	Fosfato Tapira	12,80	3361	0,80	0,58	0,19	174,00
Leitões lactentes	Fosfato bicálcico	20,20	3339	0,85	0,69	0,40	22,40
	Fosfato monocálcico	20,20	3342	0,79	0,68	0,34	91,50
	Fosfato Tapira	20,20	3358	0,81	0,63	0,21	161,00
Leitões de creche	Fosfato bicálcico	18,50	3360	0,73	0,60	0,31	16,80
	Fosfato monocálcico	18,50	3372	0,75	0,58	0,27	67,10
	Fosfato Tapira	18,50	3368	0,71	0,60	0,19	148,00
Crescimento	Fosfato bicálcico	15,30	3368	0,63	0,51	0,24	12,60
	Fosfato monocálcico	15,30	3358	0,62	0,57	0,27	61,00
	Fosfato Tapira	15,30	3362	0,72	0,60	0,19	174,00
Terminação	Fosfato bicálcico	12,90	3376	0,59	0,47	0,21	11,20
	Fosfato monocálcico	12,90	3365	0,58	0,47	0,19	48,80
	Fosfato Tapira	12,90	3379	0,60	0,46	0,12	95,70

¹Valores de cálcio, fósforo e flúor para os fosfatos bicálcico, monocálcico e Tapira foram, respectivamente, de 23,00, 18,00 e 0,14%; 13,50, 20,24 e 0,74%; 34,50, 15,50 e 1,00%.

Foram feitas as seguintes medidas morfométricas do úmero, das porcas e dos suínos de abate: comprimento do osso e diâmetro total, medular e espessura da cortical na diáfise média. Estas medidas foram obtidas sempre na mesma posição do osso, seccionado transversalmente.

Exame histológico. Um fragmento longitudinal da epífise proximal e outro transversal da diáfise média foram colhidos e fixados, por pelo menos 5 dias em solução de formalina 10% tamponada. Posteriormente, foram descalcificados em solução de ácido fórmico-citrato de sódio, processados pelo método de inclusão em parafina e corados pela técnica de hematoxilina e eosina (Luna 1968).

As glândulas tireóide e paratireóide foram fixadas em solução de Bouin por 24 a 48 horas, processadas e coradas da mesma maneira que o tecido ósseo.

Histomorfometria. Esta avaliação foi realizada apenas nos suínos de crescimento-terminação, sendo 6 animais por tratamento. Da placa epifisiária foram feitas as medidas de espessura da cartilagem de repouso, da camada de proliferação celular ou colunar e da camada de amadurecimento celular ou vesicular, com auxílio de uma régua micrométrica acoplada à ocular de um microscópio óptico. Em cada lâmina histológica foram tomadas medidas de quatro pontos distintos da placa epifisiária, perfazendo 24 observações por tratamento.

O delineamento experimental para as características de osso das porcas foi inteiramente casualizado com três tratamentos de 13,16 e 13 repetições, respectivamente, para os fosfatos bicálcico, monocálcico e Tapira. A unidade experimental foi representada pela porca. As análises estatísticas para os minerais no osso e para as medidas físicas do osso foram processadas pelo pacote SAS (1993).

O peso final do ciclo foi utilizado com co-variável para análise de cinza, cálcio, fósforo, flúor, peso do osso seco e desengordurado, comprimento do úmero, diâmetro medular na diáfise, diâmetro total na diáfise e espessura da cortical. As variáveis percentagem de cinza, cálcio, fósforo e flúor foram transformadas em $\arcsen x$ para efeito de análise.

O delineamento experimental para as características de osso dos suínos em idade de abate foi inteiramente casualizado com três tratamentos e seis repetições, sendo a unidade experimental representada por um animal, para cada ciclo reprodutivo observado. O modelo estatístico foi semelhante ao descrito para as porcas, porém o peso inicial do animal foi utilizado como co-variável para a análise de cinza, cálcio, fósforo, flúor, comprimento do úmero, peso do osso seco e desengordurado, diâmetro medular, diâmetro total e espessura da cortical.

Em ambos os casos, as médias do tratamento, para cada co-variável foram comparadas pelo teste do Ryan-Einot-Gabriel-Welsh (REGWQ) pelo pacote SAS (1993).

As variáveis relativas ao exame de histomorfometria foram analisados pelo procedimento GLM do SAS, seguido do teste Tukey para comparação entre médias dos tratamentos.

RESULTADOS

Porcas

No Quadro 2 encontram-se os dados referentes as características dos ossos de porcas. Não houve diferença ($P > 0,05$) nas variáveis cinza, Ca e comprimento e diâmetro medular do úmero. Os níveis de P e F e o peso do osso desengordurado foram menores ($P < 0,05$) nas porcas que receberam o fosfato bicálcico. Entretanto, as porcas que receberam fosfato Tapira

Quadro 2. Características dos ossos das porcas de acordo com as diferentes fontes de fósforo^{1,2}

Variáveis	Tratamentos			CV
	Fosfato bicálcico	Fosfato monocálcico	Fosfato Tapira	
Número de observações	13	16	13	
Cinza, %	61,73 ^a (13)	61,52 ^a (16)	61,92 ^a (13)	1,35
Cálcio, %	36,75 ^a	36,65 ^a	36,32 ^a	3,91
Fósforo, %	16,40 ^b	16,68 ^a	16,63 ^a	1,68
Flúor, %	0,144 ^c	0,273 ^b	0,601 ^a	13,29
Peso do osso seco desengor-durado, g	20,87 ^b	22,71 ^a	23,13 ^a	9,12
Comprimento do úmero, cm	21,50 ^a	21,68 ^a	21,82 ^a	4,49
Diâmetro medular na diáfise, mm	32,38 ^a	34,00 ^a	35,53 ^a	13,06
Diâmetro total, mm	41,84 ^b	44,18 ^{a,b}	46,15 ^a	9,74
Espessura da cortical ³ , mm	4,73 ^a	5,09 ^a	5,31 ^a	14,17

¹ Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de REGWQ ($P < 0,05$).

² Número entre parênteses para a percentagem de cinza representa o total de observações, sendo o mesmo para as demais variáveis estudadas.

³ Espessura da cortical = diâmetro total - Diâmetro medular/2.

tiveram maior quantidade de flúor no osso que as demais ($P < 0,05$) e apresentaram maior diâmetro total do úmero ($P < 0,05$) e menor espessura da cortical somente a nível de 15%, em relação as porcas testemunhas.

Exame dos dentes. O fosfato Tapira provocou lesões indicativas de fluorose crônica em 9 fêmeas, enquanto que tais alterações foram observadas em apenas uma das porcas alimentadas com fosfato monocálcico e em nenhuma daquelas do tratamento com fosfato bicálcico (Quadro 3). Essas lesões eram caracterizadas pela presença de placas escuras no esmalte, deixando a superfície irregular, vistas principalmente nos dentes incisivos (Fig. 1).

Quadro 3. Frequência de porcas com alterações macroscópicas nos dentes

Tratamentos	N	Dentes Normais	Dentes com lesões ¹		
			+	++	+++
Fosf. bicálcico	13	8	0	0	0
Fosf. monocálcico	16	9	1	0	0
Fosfato Tapira	13	4	0	6	3

¹ + Somente alguns dentes afetados com manchas pequenas;

++ Somente alguns dentes afetados envolvendo mais de 50% da superfície;

+++ Vários dentes afetados envolvendo mais de 50% da superfície.

Exame dos ossos. No exame histológico dos ossos das porcas foram observadas lesões em todas as fêmeas alimentadas com fosfato Tapira, em seis com o monocálcico e em nenhuma com o bicálcico. As principais lesões encontradas foram:

a) Fosfato bicálcico. As 13 porcas desse tratamento apresentavam o tecido ósseo com características histológicas normais.

b) Fosfato monocálcico. Seis das 16 fêmeas examinadas apresentavam alterações discretas no tecido ósseo, ca-

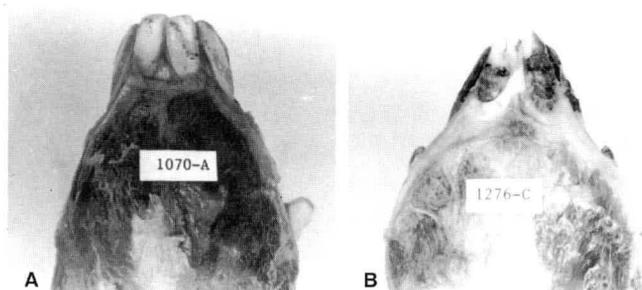


Fig. 1. Dentes incisivos inferiores. A: Porca alimentada com fosfato bicálcico (controle), apresentando esmalte branco e liso. B: Porca alimentada com fosfato Tapira apresentando esmalte irregular e com placas escuras.

racterizadas pela presença de algumas vesículas de reabsorção na córtex da diáfise, as quais continham osteoclastos ativos.

c) Fosfato Tapira. Nesse tratamento as 13 porcas apresentavam alterações no tecido ósseo, as quais são descritas abaixo.

Trabéculas ósseas espessas, tanto na epífise como na diáfise, resultado da redução na reabsorção óssea, evidenciado pela retenção da corda condróide.

Desorganização das trabéculas metafisiárias, por vezes aparecendo trabeculações transversas, proliferação de tecido conjuntivo e aumento na quantidade de osteoclastos ativos.

Placa terminal proximal espessa, conferindo ao tecido o aspecto de osteopetrose (Fig. 2).

Placa da cartilagem epifisiária mais delgada, com desorganização da camada de células vesiculares.

Na diáfise média observou-se necrose de alguns osteons com formação de grandes cavidades de reabsorção, contendo osteoclastos ativos.

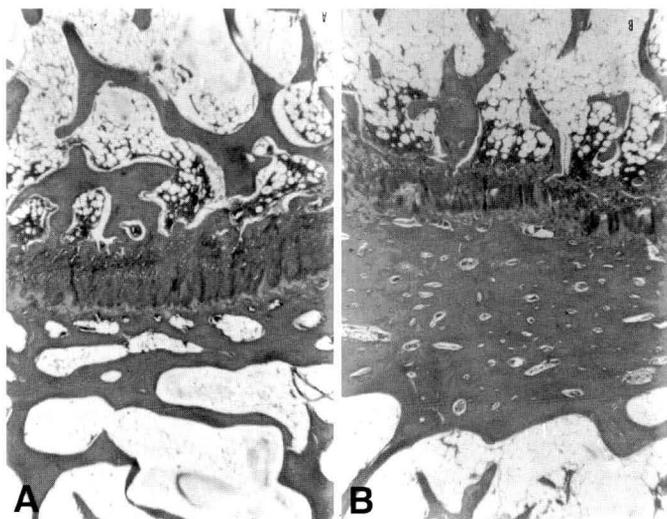


Fig. 2. Placa epifisiária proximal do úmero. A: Porca alimentada com fosfato bicálcico (controle) com fise e placa terminal proximal normais. B: Porca alimentada com fosfato Tapira, apresentando excessiva formação de tecido ósseo na placa terminal proximal e trabéculas metafisiárias raras e desorganizadas.

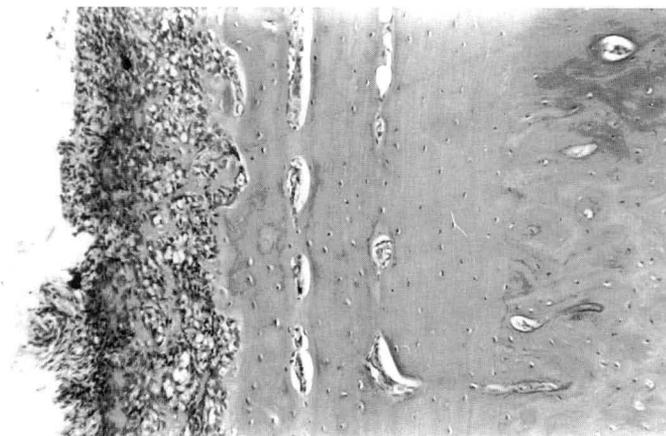


Fig. 3. Porca alimentada com fosfato Tapira. Diáfise média do úmero apresentando hiperplasia do periósteo e excessiva formação de osso periosteal.

Presença de osteons jovens com matriz óssea pouco mineralizada, intercaladas com osteons com reabsorção retardada, apresentando muitas linhas de cimentação e conferindo ao tecido ósseo um aspecto de "mosaico".

Hiperplasia do periósteo, com excessiva formação de osso periosteal, tendendo a osso hiperostótico (Fig. 3).

Desorganização do sistema de Havers no osso compacto, com camadas de osso osteônico intercaladas por camadas de osso trabecular, demonstrando irregularidade na formação do tecido ósseo.

Exame das glândulas. Seis porcas do tratamento fosfato Tapira, apresentaram alterações na glândula tireóide caracterizadas pela presença de alguns folículos grandes, dilatados e revestidos por epitélio achatado. Também, cinco porcas desse tratamento tinham alterações na glândula paratireóide, caracterizadas por maior quantidade de células claras e grandes, em relação às glândulas das porcas testemunhas. As glândulas tireóide e paratireóides das porcas dos tratamentos com fosfato bicálcico e monocálcico não tinham alterações histológicas.

Suínos de crescimento-terminação

Os dados referentes às características dos ossos encontram-se no Quadro 4. Não houve efeito importante dos tratamentos sobre as variáveis diâmetro medular e total do úmero, exceto nos animais do segundo ciclo reprodutivo, em que o diâmetro medular foi maior ($P < 0,05$) nos suínos que receberam o fosfato Tapira. Na média dos quatro ciclos reprodutivos, os níveis de cinza foram maiores ($P < 0,05$) e os níveis de Ca no osso foram menores ($P < 0,05$) nos animais que receberam fosfato monocálcico e Tapira, em comparação com o fosfato bicálcico.

Os suínos dos tratamentos com fosfato bicálcico e monocálcico nos quatro ciclos estudados não apresentaram alterações histológicas no tecido ósseo e glândulas tireóide e paratireóide. No tratamento com fosfato Tapira, foram observadas alterações histológicas no tecido ósseo somente nos

Quadro 4. Efeitos das fontes de fósforo sobre as características dos ossos de suínos em crescimento e terminação durante quatro ciclos reprodutivos¹

Variáveis	Tratamentos				CV
	Ciclos reprodutivos	Fosfato bicálcico	Fosfato monocalcico	Fosfato Tapira	
Cinza (%)	I	58,28 ^b	58,83 ^{a,b}	59,45 ^a	0,81
	II	55,56 ^a	56,93 ^a	57,01 ^a	2,12
	III	55,62 ^a	56,19 ^a	55,76 ^a	2,78
	IV	56,98 ^a	58,20 ^a	58,36 ^a	2,02
	Média	56,61 ^b	57,54 ^a	57,64 ^a	2,12
Cálcio (%)	I	38,68 ^a	38,17 ^a	38,26 ^a	1,34
	II	36,30 ^a	36,21 ^a	35,68 ^b	0,81
	III	35,53 ^a	35,38 ^a	35,04 ^a	2,06
	IV	38,34 ^a	38,54 ^a	38,17 ^a	1,10
	Média	37,21 ^a	37,07 ^b	36,79 ^b	1,39
Fósforo (%)	I	17,32 ^a	17,29 ^a	17,16 ^a	1,36
	II	17,57 ^a	17,53 ^a	17,47 ^a	8,22
	III	17,47 ^a	17,46 ^a	17,49 ^a	13,64
	IV	17,23 ^a	17,29 ^a	17,25 ^a	16,87
	Média	17,40 ^a	17,39 ^a	17,34 ^a	13,66
Flúor (%)	I	0,038 ^c	0,145 ^b	0,335 ^a	10,70
	II	0,045 ^c	0,150 ^b	0,295 ^a	8,22
	III	0,050 ^c	0,144 ^b	0,325 ^a	13,64
	IV	0,053 ^c	0,145 ^b	0,348 ^a	16,87
	Média	0,046 ^c	0,146 ^b	0,326 ^a	13,66
Comprimento do úmero (cm)	I	16,15 ^a	16,28 ^a	15,95 ^a	2,65
	II	15,90 ^a	16,08 ^a	15,90 ^a	4,48
	III	16,53 ^b	17,25 ^a	16,13 ^b	2,86
	IV	16,85 ^a	16,80 ^a	16,73 ^a	2,68
	Média	16,38 ^b	16,63 ^a	16,18 ^b	3,44
Diâmetro Medular (cm)	I	1,03 ^a	0,93 ^a	1,12 ^a	2,65
	II	1,25 ^b	1,17 ^b	1,48 ^a	4,48
	III	1,78 ^a	1,90 ^a	1,82 ^a	2,86
	IV	1,82 ^a	1,97 ^a	1,85 ^a	2,68
	Média	1,47 ^a	1,49 ^a	1,57 ^a	3,44
Diâmetro Total (cm)	I	2,02 ^a	1,93 ^a	2,02 ^a	6,56
	II	2,25 ^a	2,28 ^a	2,38 ^a	8,99
	III	2,93 ^a	3,00 ^a	2,78 ^a	6,33
	IV	2,83 ^a	2,92 ^a	2,87 ^a	3,57
	Média	2,51 ^a	2,53 ^a	2,51 ^a	6,24

¹Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na mesma linha ou maiúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de REGWQ ($P < 0,05$).

suínos do 4º ciclo reprodutivo (em 5 dos 6 examinados). Tais alterações foram: zona de calcificação provisória, mais delgada que os controles, discreta redução no número e tamanho das trabéculas epifisiárias e metafisiárias e aumento da atividade osteoclástica na metáfise. Dois desses animais tinham cones cartilagosos na metáfise e um apresentava lamelas circunferenciais indefinidas no osso compacto, além de excessivo número de vesículas de reabsorção no endóstio. As medidas morfométricas comprovam isso, uma vez que o fosfato Tapira provocou uma redução na espessura das trabéculas metafisiárias e na espessura da cartilagem colunar da fise proximal (Quadro 5).

Quadro 5. Histomorfometria da fise proximal do úmero dos suínos de crescimento-terminação do 4º ciclo reprodutivo¹

Variável ²	Tratamentos			CV %
	Fosfato bicálcico	Fosfato monocalcico	Fosfato Tapira	
ECR, micras	209,44 ^a	191,19 ^a	202,70 ^a	21,98
ECC, micras	357,40 ^b	396,27 ^a	313,76 ^c	12,77
ECV, micras	226,89 ^a	247,52 ^a	213,80 ^a	27,02
ETF, micras	793,73 ^a	834,98 ^a	730,26 ^b	11,67
ETM, micras	140,81 ^a	129,71 ^{a,b}	113,84 ^b	18,30

¹Médias com letras distintas na linha, diferença significativa pelo Teste T de Tukey ($P \leq 0,05$).

²ECR: Espessura da cartilagem de repouso;
ECV: Espessura da cartilagem vesicular;
ETF: Espessura total da fise proximal;
ETM: Espessura das trabéculas metafisiárias.

DISCUSSÃO

O uso prolongado do fosfato de Tapira na alimentação dos suínos provocou alterações nos dentes e ossos dos animais. A maioria das fêmeas que receberam esse fosfato apresentaram lesões de fluorose crônica. Os dentes apresentavam manchas escuras no esmalte, semelhantes àquelas observadas em bovinos expostos a quantidades excessivas de flúor por períodos prolongados (Shearer et al. 1978, Riet-Correa et al. 1983). Tais manchas são causadas por hipomineralização do esmalte, que passa a ter maior concentração de proteína (Shearer et al. 1978), e pela oxidação da matriz orgânica alterada (Shupe et al. 1963). Forsyth et al. (1972), usando 450ppm de flúor na dieta de porcas por dois ciclos reprodutivos, observaram aumento na espessura e redução no comprimento dos ossos, além de maior atividade subperiosteal e produção de matriz óssea anormal. Neste trabalho, não houve redução no comprimento ou aumento na espessura dos ossos, mas as alterações histológicas foram compatíveis com maior atividade periosteal e produção de matriz óssea anormal. Ream (1981), alimentando ratos com 120ppm de flúor na água de beber durante 4 semanas, verificou alterações histológicas na superfície periosteal do fêmur.

Experimentos em bovinos demonstram que o flúor atravessa a barreira placentária e deposita-se no osso do recém nascido, porém em proporção muito menor do que no osso da mãe (Greenwood et al. 1964). Neste trabalho, as alterações ocorridas nas proles foram menos acentuadas do que aquelas observadas nas mães, embora o período de exposição à dieta contendo flúor também foi menor.

Considerando os conceitos de fluxo ósseo descritos por Krook & Maylin (1979) em que a osteólise osteocítica é o principal mecanismo de reabsorção óssea, as lesões observadas no tecido ósseo, neste trabalho, tanto das porcas como em suas proles, caracterizam um quadro de retardo na reabsorção óssea, com desorganização da sua arquitetura. Segundo esses autores, o tipo de lesões ósseas na fluorose é determinada pelo grau de intoxicação pelo flúor. Uma intoxicação moderada causaria hiperostose, como consequência da inibição da osteólise osteocítica, mas com aposição óssea pouco alterada; já uma intoxicação acentuada provocaria le-

sões também nos osteoblastos, inibindo a aposição óssea e provocando osteoporose sem hiperostose, e uma intoxicação grave causaria osteonecrose, levando a osteoporose.

Neste trabalho, nas porcas predominaram lesões do tipo osteopetrófica, com pouca hiperostose, indicando intoxicação moderada a acentuada, conforme classificação acima. A retenção da corda condróide e a presença de numerosas linhas cimentantes evidenciam uma inibição da condrólise e da osteólise osteocítica (Krook & Maylin 1979). A desorganização do sistema de Havers, observada no osso cortical, resulta de uma ação variável do flúor simultaneamente sobre a aposição e a reabsorção óssea (Shupe 1980). A hiperostose não foi encontrada macroscopicamente, mas somente a nível microscópico. A excessiva deposição de tecido ósseo no periosteio, provavelmente é o passo inicial na formação de hiperostose. Quando o flúor for ingerido em determinadas quantidades por um período prolongado, pode haver formação de osso hiperostótico (Shupe 1980).

A concentração de flúor no osso aumentou significativamente nas fêmeas e suas proles alimentadas com fosfato Tapira, atingindo 0,601% de flúor no osso. Em casos de fluorose clínica em bovino, Riet-Correa et al. (1983) encontraram concentrações de flúor no osso que variaram de 1650 a 5750 ppm, enquanto Spencer et al. (1971) encontraram 3.300 ppm de flúor no osso de suíno alimentado por 307 dias com dieta rica nesse halogênio.

Burnell et al. (1986), estudando o efeito do flúor sobre o tecido ósseo de suínos em crescimento e terminação, observaram alterações microscópicas a partir de 7 ppm de flúor na ração. Segundo eles a espessura da parede do osso responde quadraticamente ao nível de flúor dietético. Eles observaram que a quantidade de osteóide presente na superfície periosteal foi maior nos leitões que receberam maiores níveis de flúor, o que pode explicar o aumento da espessura do osso. Neste trabalho, houve um aumento na espessura do osso cortical, demonstrando maior deposição de tecido ósseo ou redução na taxa de reabsorção óssea. Isso é coerente com o maior peso do osso observado nas porcas que receberam fosfato Tapira em comparação àquelas que receberam o bicálcico.

CONCLUSÕES

1. O fosfato Tapira usado na alimentação de porcas durante 4 ciclos reprodutivos, como única fonte de fósforo, provocou lesões de fluorose crônica nos dentes e no tecido ósseo.

2. As proles das porcas alimentadas com o fosfato de Tapira, do 4º ciclo reprodutivo, também apresentavam alterações ósseas de fluorose.

3. O fosfato monocalcico não provocou efeito deletério sobre o tecido ósseo, tanto nas porcas como nas suas proles, até o 4º ciclo reprodutivo.

Agradecimentos.- Ao técnico Luiz Carlos Ajala, pelo acompanhamento do experimento a nível de campo; ao biólogo Armando Lopes do Amaral, pela colheita dos materiais e auxílio nas medidas morfométricas; e à laboratorista Salete de Oliveira, pela confecção das lâminas histológicas.

REFERÊNCIAS

- Burnell T.W., Peo E.R., Lewis A.J. & Crenshaw J.D. 1986. Effect of dietary fluorine on growth, blood and bone characteristics of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 63:2053-2067.
- Fick K.R., McDowell L.R. & Miles P.H. 1979. *Methods of Mineral Analysis for Plant and Animal Tissues*. 2nd ed. University of Florida, Animal Science Department, Gainesville.
- Forsyth D.M., Pond W.G., Wasserman R.H. & Krook L. 1972. Dietary calcium and fluoride interactions in swine: effects on physical and chemical bone characteristics, calcium binding protein and histology of adults. *J. Nutr.* 102:1623-1638.
- Gomes P.C. 1988. Exigência nutricional de fósforo e sua disponibilidade em alguns alimentos para suínos de diferentes idades. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 163p.
- Greenwood D.A., Shupe J.L., Stoddard G.E., Harris L.E., Nielsen H.M. & Olson L.E. 1964. Fluorosis in cattle. Special Report 17, Agric. Exp. Stn Utah State University, Logan. 36p.
- Kick C.H., Bethke R.M., Edgington B.H., Wilder O.H.M., Record P.R., Wilder W., Hill T.J. & Chase S.W. 1993. Fluorine in animal nutrition. *Ohio Agric. Exp. Stn Bull.* 558. 77p.
- Krook L. & Maylin G.A. 1979. Industrial fluoride pollution. Chronic fluoride poisoning in Cornwall Island Cattle. *Cornell Vet.* 69(1):1-70 (Suppl. 8).
- Luna L.G. 1968. *Manual of Histology Methods of the Armed Forces Institute of Pathology*. 3rd ed. McGraw-Hill Book Company, New York. 258p.
- Ream L.J. 1981. The effects of short-term fluoride ingestion on bone formation and resorption in the rat femur. *Cell Tissue Res.* 221:421-30.
- Riet-Correa F., Oliveira J.A., Méndez M.C. & Schild A.L. 1983. Poluição industrial como causa de intoxicação por flúor em bovinos no município do Rio Grande, RS. *Pesq. Vet. Bras.* 3(4):107-114.
- SAS 1993. System under Unix Operating Systems, Release 6.09 (SAS/UNIX).
- Spencer G.R., El-Sayed E.I., Kroening G.H., Pell K.L., Shoup N., Adams D.F., Frank M. & Alexander J.E. 1971. Effects of fluoride, calcium and phosphorus on porcine bone. *Am. J. Vet. Res.* 32(1):1751-1774.
- Shearer T.R., Kolstad D.L. & Suttie J.W. 1978. Bovine dental fluorosis: histologic and physical characteristics. *Am. J. Vet. Res.* 39(4):597-602.
- Shupe J.L., Miner M.L., Greenwood D.A. Harris L.E. & Stoddard G.E. 1963. The effect of fluoride on dairy cattle. II. Clinical and pathological effects. *Am. J. Vet. Res.* 24:964-979.
- Shupe J.L. 1980. Clinicopathologic features of fluoride toxicosis in cattle. *J. Anim. Sci.* 51:746-758.
- Suttie J.W. 1980. Nutritional aspects of fluoride toxicosis. *J. Anim. Sci.* 51(3):759-66.