Márcia Lembo

Estudo comparativo da densidade mineral óssea (DMO) em gatos domésticos (*felis catus*) castrados e não castrados, por meio da técnica de densitometria óptica radiográfica

São Paulo
2006

Márcia Lembo

Estudo comparativo da densidade mineral óssea (DMO) em
gatos domésticos (*felis catus*) castrados e não castrados, por
meio da técnica de densitometria óptica radiográfica

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica
Veterinária da Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de Mestre
em Medicina Veterinária

Departamento:

Cirurgia

Área de concentração:

Clínica cirúrgica veterinária

Orientador:

Prof. Dr. Franklin de Almeida Sterman

São Paulo
2006

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T.1762
FMVZ

Lembo, Márcia

Estudo comparativo da densidade mineral óssea (DMO) em gatos domésticos (*felis catus*) castrados e não castrados, por meio da técnica de densitometria óptica radiográfica / Márcia Lembo. — São Paulo: M. Lembo, 2006.

87 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Cirurgia, 2006.

Programa de Pós-graduação: Clínica Cirúrgica Veterinária.
Área de concentração: Clínica Cirúrgica Veterinária.

Orientador: Prof. Dr. Franklin de Almeida Sterman.

1. Densidade. Densitometria óssea. Castração animal. Gatos.
I. Título.

LEMBO, M. **Estudo comparativo da densidade mineral óssea (DMO) em gatos domésticos (*felis catus*) castrados e não castrados, por meio da técnica de densitometria óptica radiográfica.** [Comparative study of bone mineral density (BMD) of sterilized and non-sterilized domestic cats (*felis catus*) by using Radiographic Optic Densitometry technique]. 2006. 87. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

Errata				
Folha	Parágrafo	Linha	Onde se lê	Leia-se
2	3	1	87 f.	86 f.
6	1	5	87 f.	86 f.
8	1	5	87 f.	86 f.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Assistência Acadêmica

Comissão de Bioética

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Estudo comparativo da densidade mineral óssea (DMO) em gatos domésticos (*Felis catus*) esterilizados e inteiros pelo método de densitometria óptica radiográfica", protocolo nº743/2005, utilizando 60 gatos, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Franklin de Almeida Serman, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e foi aprovado "ad referendun".

(We certify that the Research "Comparative study of bone mineral densitometry (BMD) in sterilized and not sterilized cats (*Felis catus*) by radiographic optic densitometry technic", protocol number 743/2005, utilizing 60 cats, under the responsibility of Prof. Dr. Franklin de Almeida Serman, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Bioethic Commission of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechny of University of São Paulo and was approved "ad referendun", meeting).

São Paulo, 06 de setembro de 2005

Profª Drª Júlia Maria Matera
Presidente da Comissão de Bioética
FMVZ/USP

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: LEMBO, Márcia

Título: Estudo comparativo da densidade mineral óssea (DMO) em gatos domésticos (*felis catus*) castrados e não castrados, por meio da técnica de densitometria óptica radiográfica

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

Data ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

RESUMO

LEMBO, M. **Estudo comparativo da densidade mineral óssea (DMO) em gatos domésticos (*felis catus*) castrados e não castrados, por meio da técnica de densitometria óptica radiográfica.** [Comparative study of bone mineral density (BMD) of sterilized and non-sterilized domestic cats (*felis catus*) by using Radiographic Optic Densitometry technique]. 2006. 87 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

Através da técnica de Densitometria Óptica Radiográfica consegue-se aferir o conteúdo mineral do osso com auxílio de imagens radiográficas, demonstrando ser uma metodologia precisa, confiável e de baixo custo. Procurou-se comparar os valores da densidade mineral óssea em gatos castrados precocemente – antes da puberdade - e gatos inteiros. O grupo experimental foi composto de 59 animais, separados em fêmeas e machos, castrados e inteiros. As densidades ópticas foram medidas por meio do programa de processamento de imagens ImageLab. Foram estudadas as correlações entre os valores de DMO, peso e sexo. Os gatos machos apresentaram valores de DMO e peso maiores que as fêmeas ($P < 0,001$). Quando separados em machos castrados e inteiros e fêmeas castradas e inteiras, os gatos machos inteiros apresentaram maior valor de DMO, independentemente do peso. Entre as fêmeas não houve diferença significativa com os valores de DMO para os animais castrados e inteiros já os gatos machos castrados apresentaram valores de DMO semelhantes ao das fêmeas castradas demonstrando que com a castração precoce há uma diminuição da densidade mineral óssea. A correlação entre peso e a DMO se mostrou mais importante nos animais inteiros que nos castrados demonstrando que a interdependência entre peso e DMO varia com a ação hormonal. Os valores médios de DMO obtidos foram de $3,7 \pm 0,44 \text{ mmAl}$ para o grupo total de fêmeas, sendo de $3,69 \pm 0,56 \text{ mmAl}$ para as fêmeas castradas e $3,72 \pm 0,25 \text{ mmAl}$ para as fêmeas inteiras. Foram de

4,39±0,5mmAl Para o grupo total de machos, sendo de 4,52±0,38mmAl para os machos inteiros e de 3,92±0,4mmAl para os machos castrados.

Palavras-chave: Densidade. Densitometria óssea. Gatos. Castração animal.

ABSTRACT

LEMBO, M. **Comparative study of bone mineral density (BMD) of sterilized and non-sterilized domestic cats (*felis catus*) by using Radiographic Optic Densitometry technique.** [Estudo comparativo da densidade mineral óssea (DMO) em gatos domésticos (*felis catus*) castrados e não castrados, por meio da técnica de densitometria óptica radiográfica.]. 2006. 87 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

Radiographic Optic Densitometry has proven itself to be a precise, reliable, and low-cost methodology that enables analysis of bone mineral content with the aid of radiographic images. A study was conducted in which the bone mineral density of cats sterilized in pre-pubescence was compared to that of non-sterilized cats. The experimental group was composed of 59 animals, which were then divided into male and female groups, as well as into sterilized and non-sterilized groups. The optic densities of these animals were measured by the image processing program software, ImageLab. The correlations between the values of BMD, weight and sex had been studied. The male cats had presented higher values of BMD and weight than female cats ($P < 0,001$). When comparisons were made between spayed and non-spayed females and neutered and non-neutered males, the non-neutered male cats had presented higher value of BMD, independent of their weight value. As for the females, there were no significant differences in the values of BMD between spayed and non-spayed females. However, the neutered male cats presented similar values of BMD as spayed females. This illustrates that sterilization causes a reduction in bone mineral density. The correlation between weight and the BMD was more significant in the non-sterilized animal group than in the sterilized group, demonstrating that the interdependence between weight and BMD varies according to hormonal action. The average values of obtained BMD were $3,7 \pm 0,44 \text{ mmAl}$ for the whole female group, and more specifically, $3,69 \pm 0,56 \text{ mmAl}$ for spayed females and $3,72 \pm 0,25 \text{ mmAl}$ for the non-spayed

females. As for the male group, the average BMD value for the whole group was $4,39 \pm 0,5 \text{ mmAl}$. However, the average BMD value was $4,52 \pm 0,38 \text{ mmAl}$ for the non-castrated males and $3,92 \pm 0,4 \text{ mmAl}$ for the castrated males.

Key Words: Density. Bone densitometry. Cats. Animal sterilization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Visualização do programa Imagelab demonstrando o posicionamento do rádio-ulna direito paralelamente à escala de alumínio de referência, com os 19 degraus selecionados.....	38
Figura 2 -	Visualização da planilha e do gráfico que mostra uma curva representativa dos degraus da escala de alumínio radiografada simultaneamente ao osso, mantida como curva padrão.....	39
Figura 3 -	Visualização do programa Imagelab mostrando os dois quadriláteros correspondentes as regiões metafisária (M) e diafisária (D) demarcadas.....	40
Figura 4 -	Imagem do programa Imagelab representando os dois quadriláteros correspondentes às regiões metafisária (M) e diafisária (D) demarcadas e a leitura da densidade óptica (DO) da região metafisária.....	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Representação das médias e desvios-padrão da densidade mineral óssea média (DMO-média) dos 4 grupos estudados: fêmeas castradas (FC), machos inteiros (M), fêmeas inteiras (F) e machos castrados (MC).....	51
Gráfico 2 -	Representação dos valores das médias e desvios-padrão do peso (kg) do grupo total de fêmeas e machos (59 animais).....	52
Gráfico 3 -	Representação dos valores das médias e desvios-padrão da idade em meses do grupo total de fêmeas e machos (59 animais).....	53
Gráfico 4 -	Variação individual da densidade mineral óssea média (DMO-média) em função do peso de todos os animais estudados.....	54
Gráfico 5 -	Representação da média e do desvio-padrão da DMO-média entre o grupo de fêmeas inteiras (F), fêmeas castradas (FC), machos inteiros (M) e machos castrados (MC) nas duas categorias: animais até 4kg e animais acima de 4 kg.....	58
Gráfico 6 -	Representação da média e do desvio-padrão da DMO-média entre o grupo total de fêmeas e o grupo total de machos.....	59
Gráfico 7 -	Representação da média e do desvio-padrão da DMO-média entre machos e fêmeas até 4kg e com mais de 4kg.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Valores individuais, média (x) e desvio-padrão (DP) do peso, idade e DMO dos animais do grupo FC – Fêmeas castradas.....	44
Tabela 2 -	Valores individuais, média (x) e desvio-padrão (DP) do peso, idade e DMO dos animais do grupo M – Machos Inteiros.....	46
Tabela 3 -	Valores individuais, média (x) e desvio-padrão (DP) do peso, idade e DMO dos animais do grupo F – Fêmeas Inteiras.....	47
Tabela 4 -	Valores individuais, média (x) e desvio-padrão (DP) do peso, idade e DMO dos animais do grupo MC – Machos Castrados.....	48
Tabela 5 -	Valores médios e desvios-padrão das variáveis pesquisadas do grupo de fêmeas inteiras (F), fêmeas castradas (FC), machos inteiros (M) e machos castrados (MC)	49
Tabela 6 -	Valores médios e desvios-padrão das variáveis pesquisadas do grupo de fêmeas (32 animais) e machos (27animais).....	49
Tabela 7 -	Valores da associação da densidade mineral óssea média (DMO-média) com idade e peso, segundo o método de correlação de Pearson, para todos os animais estudados (Geral), e para cada grupo separadamente.....	55
Tabela 8 -	Valores médios e desvios-padrão da DMO-média do grupo de fêmeas inteiras (F), fêmeas castradas (FC), machos inteiros (M)e machos castrados (M) até 4Kg e acima de 4Kg.....	56
Tabela 9 -	Valores de p-valor para cada grupo com até 4kg e com acima de 4kg, quando comparados em pares de dois pelo método de Comparações Múltiplas de Tukey	57

Tabela 10 -	Valores médios e desvios-padrão da DMO-média do grupo de fêmeas (F +FC), machos (M +MC) até 4Kg e acima de 4Kg.....	59
Tabela 11 -	Identificação dos animais, descriminando raça, sexo (castrados ou inteiros), idade (em meses), peso (em quilos), idade em que foi castrado, tipo de alimentação e numero de ninhadas.....	77
Tabela 12 -	Apresentação dos valores das três medidas de densidade óptica (DO1, DO2, DO3) da região metafisária e diafisária, da média destes valores (DO) e da densidade mineral óssea (DMO =DO/2) do grupo de fêmeas castradas (FC).....	79
Tabela 13 -	Apresentação dos valores das três medidas de densidade óptica (DO1, DO2, DO3) da região metafisária e diafisária, da média destes valores (DO) e da densidade mineral óssea (DMO =DO/2) do grupo de machos inteiros (M).....	81
Tabela 14 -	Apresentação dos valores das três medidas de densidade óptica (DO1, DO2, DO3) da região metafisária e diafisária, da média destes valores (DO) e da densidade mineral óssea (DMO =DO/2) do grupo de fêmeas inteiras (F).....	83
Tabela 15 -	Apresentação dos valores das três medidas de densidade óptica (DO1, DO2, DO3) da região metafisária e diafisária, da média destes valores (DO) e da densidade mineral óssea (DMO =DO/2) do grupo de machos castrados (MC).....	85
Tabela 16 -	Valores de p-valor para fêmeas castradas (FC), machos inteiros (M), fêmeas inteiras (F) e machos castrados (MC), quando comparados em pares de dois pelo método de comparações múltiplas de Tukey.....	86

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

AC	antes de Cristo
DMO	densidade mineral óssea
DMO-D	densidade mineral óssea da região diafisária
DMO-M	densidade mineral óssea da região metafisária
DMO-média	média entre os valores de densidade mineral óssea das duas regiões: diafisária e metafisária
DO	densidade óptica
DO/2	valor da densidade óptica dividido por 2
DOR	densidade óptica radiográfica
DP	desvio padrão
DPA	absorciometria de fóton de dupla energia
DXA	absorciometria de raios x de dupla energia
F	grupo de fêmeas inteiras (não castradas)
FC	grupo de fêmeas castradas
FMVZ	Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Kg	quilogramas
M	grupo de machos inteiros (não castrados)
MC	grupo de machos castrados
mmAl	milímetros de alumínio
p	p-valor

PTH	hormônio paratireóideo
QCT	tomografia computadorizada quantitativa
SPA	absorciometria de fóton de energia simples
SRD	sem raça definida
USP	Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

$\bar{x}$	média
r	coeficiente de correlação de Pearson
r^2	coeficiente de determinação
%	porcentagem
$\pm$	mais ou menos
$<$	menor que
$=$	igual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	23
3	MATERIAIS E MÉTODO	35
3.1	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	35
3.2	IDENTIFICAÇÃO	35
3.3	TÉCNICA RADIOGRÁFIA	36
3.4	OBTENÇÃO DAS IMAGENS E DA DENSITOMETRIA OPTICA RADIOGRÁFICA	36
3.4.1	Equalização dos tons de cinza da imagem a ser analisada com os da escala de alumínio	37
3.4.2	Demarcação das regiões metafisária e diafisária	39
3.4.3	Cálculo da densidade óptica (DO)	41
3.5	CÁLCULO DA DENSIDADE MINERAL OSSEA EM mmAL	42
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA	42
4	RESULTADOS	44
4.1	VALORES INDIVIDUAIS DA DENSIDADE MINERAL ÓSSEA (DMO), IDADE E PESO REFERENTES AO GRUPO TOTAL DE ANIMAIS	44
4.1.1	Densidade mineral óssea em função do peso	54
4.1.2	Densidade mineral óssea em diferentes faixas de peso	56
4.1.3	Densidade mineral óssea em diferentes faixas de peso	58
4.1.4	Densidade mineral óssea em função do sexo e da faixa de peso	59
5	DISCUSSÃO	61

6	CONCLUSÕES.....	67
	REFERÊNCIAS.....	68
	APÊNDICES.....	77

1 INTRODUÇÃO

Segundo Smithcors (1975) a ovariectomia e a orquiectomia já foram descritos em um tratado de doenças em cães no ano de 284 ac.

A elevada incidência da castração precoce (antes do fechamento dos discos epifisários) ainda hoje levanta dúvidas sobre alterações futuras, porém é, sem dúvida, um dos melhores métodos de controle populacional de cães e gatos. Na espécie felina a obesidade, as dermatoses de origem endócrina e mudanças no comportamento são complicações relacionadas a ovariectomia (CONCANNON; MEYERS-WALLEN, 1991; JOHNSTON, 1991; PEARSON, 1973; SALMERI et al., 1991a, b). As alterações no sistema esquelético se dão pela diminuição dos níveis de hormônios esteroidais circulantes. Sabe-se que nos machos os hormônios sexuais passam a ser produzidos em média a partir do 5 mês de vida e nas fêmeas, em média, a partir dos 7 meses. (SHERDING, 1994) Em seu estudo Santos (2002) apontou uma correlação positiva na diferença da DMO em felinos machos e fêmeas.

Ao exame radiográfico convencional, não é possível identificar alterações na mineralização óssea menores que trinta por cento (GARTON et al., 1994). Assim sendo, faz-se necessário o uso de tecnologias mais sensíveis para a identificação de pequenas mudanças no conteúdo mineral ósseo dos animais.

Dentre as várias metodologias desenvolvidas para a avaliação de densidade mineral óssea destaca-se a fotometria radiográfica, a fotodensitometria

radiográfica, a ultra-sonografia, a análise de ativação por nêutrons, a tomografia computadorizada, a absorção direta por fótons – SPA e DPA -, a absorciometria radiográfica de dupla energia (DXA) e a densitometria óptica em imagens radiográficas (FAULKNER et al., 1981; GRIER; TURNER; ALVIS, 1996; JEFFCOTT; MACCARTNEY, 1985; LOUZADA, 1994; MCCARTNEY, 1987; O CALLAGHAN, 1991).

A densitometria óptica radiográfica – DOR - é definida, por Lobel e Dubois (1973), como um método para a mensuração da densidade mineral óssea que, através da ação fotoquímica da luz sobre emulsões sensíveis, determina a relação existente entre a quantidade de luz recebida por uma película sensível e a quantidade de sal de prata que se reduzirá por enegrecimento direto ou por revelador.

Para minimizar a variação dos valores obtidos, a técnica empregada requer uma padronização acurada (ANDERSON; SHIMMINS; SMITH., 1966; DELAQUARRIERE-RICHARDSON et al., 1982).

A técnica de densitometria óptica radiográfica vem sendo utilizada, recentemente, para a determinação da densidade mineral óssea em cavalos, cães, gatos e aves, demonstrando ser uma metodologia precisa, confiável e de baixo custo operacional, já que emprega aparelho radiográfico convencional (LEAL, 2002; LOUZADA, 1997; SANTOS, 2002; STERMAN, 2001; VULCANO, 2001).

A precisão do método é garantida quando as mensurações realizadas sejam seqüenciais da mesma área anatômica do mesmo animal (QUARLES; LYLES, 1992).

Em trabalhos de revisão, Grier, Turner e Alvis (1996) ressaltaram a importância da mensuração do conteúdo mineral ósseo no estudo de doenças metabólicas, nos processos de consolidação de fraturas em implantes metálicos e no efeito de drogas sobre o metabolismo ósseo. Antes da implantação dos métodos densitométricos não invasivos, estes estudos baseavam-se na quantificação das cinzas, histomorfometria e avaliação das propriedades bioquímicas.

Durante as duas últimas décadas, os avanços na área de diagnóstico por imagem têm revolucionado a capacidade dos clínicos veterinários em realizar diagnósticos cada vez mais precisos, por meios não invasivos em seus pacientes (SHORES, 1993).

Como os gastos com a prevenção e tratamento de osteopenia e fraturas são altos, são necessários o desenvolvimento e o emprego de equipamentos mais acessíveis comercialmente. O emprego da densitometria óptica por imagem radiográfica surge como uma nova metodologia diagnóstica para o acompanhamento e avaliação da conduta terapêutica instituída para várias enfermidades (PRADO FILHO, 2001).

Neste contexto a DMO surge como uma nova ferramenta para a avaliação das condições nutricionais e de sanidade dos animais (SANTOS, 2002)

Tendo em vista esta realidade, o objetivo é o estudo comparativo em felinos, dos valores da densidade mineral óssea em animais castrados precocemente e animais inteiros (não castrados).

Serão avaliadas comparativamente a densidade mineral óssea de cada animal, através da técnica de densitometria óptica em imagens radiográficas, para apontar possíveis correlações entre os valores da densidade mineral óssea e o sexo, procurando minimizar a influência do peso corpóreo e da idade através da delimitação de intervalos, de peso e idade, mínimos e máximos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A castração precoce (antes da puberdade) é sem dúvida um dos melhores métodos de controle populacional de cães e gatos e visa a redução do número de filhotes destinados ao abandono ou ao sacrifício em massa realizado em diversos países (OLSON; JOHNSTON, 1993; SALMERI; OLSON; BLOOMBERG, 1991; SOARES; SILVA, 1998).

No caso da ovariectomia há outras vantagens indiscutíveis como prevenção e redução das neoplasias mamárias, redução da incidência de alterações uterinas e distúrbios da gestação e do parto (MANN, 1971; SALMERI; OLSON; BLOOMBERG, 1991; SMYTHE, 1968). Na espécie felina a obesidade, as dermatoses de origem endócrina e mudanças no comportamento são complicações relacionadas a ovariectomia (CONCANNON; MEYERS-WALLEN, 1991; JOHNSTON, 1991; PEARSON, 1973; SALMERI; OLSON; BLOOMBERG, 1991; SALMERI et al., 1991).

Trabalhos demonstraram que a diminuição da densidade mineral óssea ocorre em cadelas ovariectomizadas semelhantemente ao que ocorre nas mulheres após a menopausa, com a diminuição da função ovariana. A redução na massa óssea de mulheres na menopausa é de aproximadamente 7% nos primeiros 3 anos e de 15 % em dez anos. Nos cães estes mesmos valores de perda da massa óssea foram observados em diversos trabalhos (CHRISTIANSEN; CHRISTENSEN, 1981; KARAMBOLOVA; SNOW; ANDERSON, 1985; SCHMIDT, 2001; SNOW; COOK; ANDERSON, 1984).

As alterações relacionadas à estrutura óssea em animais castrados pré-púberes influenciam no desenvolvimento do esqueleto (SALMERI; OLSON; BLOOMBERG, 1991).

Todo tecido ósseo sofre remodelação contínua através da ação dos osteoclastos e osteoblastos. Esta remodelação depende de fatores externos e internos e torna o osso um tecido dinâmico, onde, exceto nos ossos em crescimento, as taxas de deposição e de absorção óssea são proporcionais para manter constante a massa total do osso. (AMPRINO; ENGSTRÖM, 1952; EVANS, 1933b; GUYTON; HALL, 1997; KEALY, 1979; MUNDY, 1999; WASSERMAN; KALLFELZ; LUST, 1996).

A força de um osso é proporcional ao grau de estresse ao qual é submetido, ou seja, é mais espesso quanto maior a carga de peso a que é submetido. Ainda, sob a ação da deposição e absorção, o tecido ósseo pode sofrer remodelação em sua forma para se ajustar à sustentação das forças mecânicas (GUYTON; HALL, 1997).

Segundo Kealy (1979) um desequilíbrio entre a deposição e a reabsorção pode levar a uma diminuição na densidade óssea decorrente de trauma, desuso, alterações metabólicas, processos inflamatórios, infecciosos ou neoplásicos e pode levar a um aumento da densidade óssea quando associado a um aumento na mineralização decorrente de processos traumáticos, patológicos ou estresse.

Estresse mecânico, alterações nutricionais, ação da vitamina D, calcitonina, hormônio paratireóideo (PTH) e hormônios sexuais têm papel importante na remodelação óssea (EVANS, 1993b; WASSERMAN et al., 1996).

O término do crescimento ósseo em cães e gatos se dá entre o décimo e o décimo segundo mês de idade, porém há grandes variações no tempo de fechamento do disco epifisário dos ossos. No osso rádio, a epífise proximal costuma-se fundir entre o sexto e o décimo primeiro mês de idade e a epífise distal entre o oitavo e o décimo segundo mês de idade (KEALY, 1979; TIGER, 1975).

A maturidade esquelética e a puberdade estão intimamente associadas devido ao fator regulador que os hormônios gonadais exercem no desenvolvimento ósseo. O estrógeno e a testosterona entre outros hormônios regulam a maturação da cartilagem epifisária e a ossificação endocondral. Os esteróides sexuais estimulam a formação de osso endocondral e estimulam o fechamento do disco epifisário no final da puberdade, o estrógeno atua diretamente na maturação da fise, o que pode aumentar a estatura do animal em 15 a 18% já que a placa de crescimento permanece aberta por um tempo maior. (SALMERI; OLSON; BLOOMBERG, 1991; SOARES; SILVA, 1998; VANDERSCHUEREN et al., 2004).

Segundo Mundy (1999) existem vários fatores sistêmicos e locais que atuam direta ou indiretamente na ativação ou inibição da remodelação óssea. Como fatores que estimulam a reabsorção óssea através da ativação dos osteoclastos encontram-se o PTH, a vitamina D, a interleucina 1, a linfotoxina, o fator de necrose tumoral, o fator estimulador de colônia 1, a interleucina 6, a vitamina A, os leucotrienos, os hormônios tireoidianos (tiroxina e triiodotironina) e os glicocorticóides. Já no grupo de fatores inibidores da reabsorção óssea por

inibição osteoclástica estão citados a calcitonina, a interleucina 8 e o fator de crescimento transformador beta.

Parra (2001) descreve que os estrógenos atuam sobre o metabolismo e a remodelação óssea por mecanismos indiretos, afetando a concentração dos hormônios calciotrópicos e por mecanismos diretos, atuando sobre receptores específicos nas células ósseas. O estrógeno diminui a sensibilidade óssea ao paratormônio (PTH), diminuindo a reabsorção óssea de cálcio e também, aumentando a atividade da hidroxilase renal, acelerando a conversão da vitamina D3 para sua forma ativa, aumentando assim, a reabsorção intestinal do cálcio (GRAY, 1996; PARRA, 2001).

A ação direta do estrógeno se dá em seus receptores ósseos e, sua principal função é a inibição da reabsorção óssea, pela diminuição da síntese de interleucina -1, interleucina-6 e fator de necrose tumoral. Portanto, no caso de uma deficiência estrogênica, há a liberação das interleucinas que agem sobre os osteoblastos, induzindo-os à produção do fator estimulante de colônias grânulócito-macrófago e interleucina-6, que estimulam o processo de diferenciação dos osteoclastos a partir de células precursoras na medula óssea, aumentando a população de osteoclastos e conseqüentemente a reabsorção óssea (ARDILLA, 2001 a,b; PARRA, 2001).

Segundo Vanderschueren et al. (2004) a testosterona assim como o estrógeno mantêm a massa e a integridade dos ossos esponjosos, a testosterona também aumenta o tamanho do osso cortical estimulando o crescimento longitudinal e radial. Enquanto promove a deposição de tecido periosteal o

estrógeno diminui sua formação, efeito este importante pois, observa-se que a força óssea nos machos é determinada por uma maior formação de osso periosteal, aumentando as dimensões ósseas. Estes autores concluem que a ação da testosterona protege os machos contra a osteoporose através da manutenção da massa óssea esponjosa e expansão da cortical.

Trabalhos diferentes comparando a reabsorção óssea em cadelas ovariectomizadas e cadelas inteiras demonstraram uma maior taxa de reabsorção óssea naquelas castradas (DANUCCI; PATTERSON, 1987; KARAMBOLOVA; SNOW; ANDERSON, 1985; MALLUCHE et al., 1986; ; SNOW; COOK; ANDERSON I., 1984).

Schmidt (2003) em seu estudo com cadelas ovariectomizadas observou que o grupo que recebeu reposição hormonal não apresentou diminuição na densidade mineral óssea (DMO), diferentemente do que ocorreu com todas as fêmeas do grupo controle, que apresentaram redução na DMO após a ovariectomia, muito semelhante ao que ocorre com mulheres após a menopausa.

Segundo Speroff et al. (1996) em animais adultos, as alterações ósseas após a ovariectomia são semelhantes às encontradas em mulheres após a menopausa ou após a gonadectomia, onde a densidade mineral óssea decresce rapidamente devido a hipoestrogenemia, resultando em deteriorização da microarquitetura óssea e conseqüente aumento do risco de fraturas. Porém Doige e Weisbrode (1998) citam em seu trabalho que a osteopenia na cadela

castrada é transitória e que estes animais não apresentam um risco maior de desenvolverem osteoporose

A quantificação da massa óssea pode ser feita por métodos invasivos e não invasivos. Dentre os invasivos encontram-se a histomorfometria, a microrradiografia, a espectroscopia por emissão atômica, a análise de cinzas e a microscopia eletrônica “back-scatter”. Estas técnicas não permitem a avaliação seqüencial da densidade mineral óssea (DMO) do mesmo indivíduo além de exigir a eutanásia de inúmeros animais durante o mesmo experimento. (MARKEL; SIELMAN; BODGANSKE, 1994).

Já os métodos não invasivos podem ser divididos em radiológicos e não-radiológicos. Os não-radiológicos compreendem as técnicas de ressonância magnética e ultra-som (CHILVARQUER, 2000; LOUZADA et al., 1998a). Dentre os métodos radiológicos destacam-se a absorciometria de fótons de energia simples (SPA), absorciometria de fótons de energia dupla (DPA), absorciometria de raio-X de dupla energia (DXA), a tomografia computadorizada quantitativa (QCT) e a densitometria óptica radiográfica. Está última possui um custo significativamente menor que as demais técnicas, portanto é bem mais acessível à população (BARDEN; MAZESS, 1988; LOUZADA, 1988; LOUZADA; MESQUITA FILHO, 1999; LOUZADA et al., 1997; MAUTALEN; OLIVERI, 1999; MARKEL; SIELMAN; BODGANSKE, 1994).

A densitometria realizada em radiografias é um método derivado da citofotometria de absorção, que se traduz na medida de absorção da luz que uma

célula apresenta em determinado comprimento de onda. Os mesmos princípios e definições utilizados na citofotometria podem ser utilizados para analisar a absorção da luz ao atravessar um filme radiográfico (LOUZADA, 1988). Sendo assim, a densidade óptica de um filme é a medida de seu enegrecimento, ou seja, é a relação entre a intensidade de luz visível que incide sobre este filme e a intensidade de luz que é transmitida por ele. Trata-se de um meio de determinar a relação entre a quantidade de luz recebida por uma película sensível e a quantidade de sal de prata que se reduzirá por enegrecimento direto ou por revelador (LOBEL; DUBOIS, 1973). Este valor é expresso em logaritmo, na base dez. (GUILARDI NETTO, 1986; JEAN et al., 1996; LOUZADA, 1988, 1994).

A densitometria óssea permite a quantificação precisa e exata da massa óssea. O valor da medida da massa óssea tem, como aplicação clínica, o diagnóstico de osteopenia e osteoporose, a predição do risco de fratura e a resposta óssea a medicamentos como glicocorticóides (MAUTALEN; OLIVERI, 1999; MAZESS, 1997; MILLER; BONNICK, 1999).

Em ossos longos, os valores da absorciometria de fóton simples e de cálcio corpóreo estão correlacionados. O rádio é um osso padrão para medir a densidade mineral óssea (DMO) tanto em adultos, crianças e infantes, principalmente a região do terço médio da diáfise, uma vez que a mudança mineral óssea por milímetro é menor neste local e os erros ficam reduzidos. (BARDEN; MAZESS, 1988).

Em um estudo com cães da raça Husky Siberiano, Stoliker, Dunlap e Kronfeld (1976), observaram uma forte relação entre peso corporal, sexo e densidade mineral óssea (DMO), sendo que, as diferenças de densidade óssea

verificadas entre os sexos refletiram as diferenças de peso corpóreo existentes entre os machos e fêmeas. Para Muramoto (2003) a variável que apresentou maior correlação com a DMO foi o peso corpóreo, e, concluiu também em seu estudo com cães da raça Poodle, que a diferença de DMO entre machos e fêmeas foi decorrente das diferenças de peso entre os dois sexos.

A densitometria óptica radiográfica é um dos métodos utilizados para se quantificar a concentração mineral óssea através de imagens radiográficas. Esta técnica constitui um parâmetro biofísico de importância experimental e clínica na avaliação do processo de mineralização, destacando-se seu custo significativamente inferior ao de outras técnicas (LOUZADA, 1994; LOUZADA et al., 1997, 1998a).

Para minimizar a variação dos dados obtidos esta metodologia requer uma padronização acurada (ANDERSON; SHIMMINS; SMITH, 1966; DELAQUERRIERE-RICHARDSON et al., 1982).

A quilovoltagem, a miliamperagem, a não uniformidade do campo de radiação X e o tempo de exposição são as variáveis que dificultam a padronização desta técnica (VOGEL; ANDERSON, 1971). E segundo Pridie (1967) mesmo que estas variáveis se mantiverem constantes é impossível se obterem filmes com o mesmo padrão, mesmo que se utilizando processamento automático.

Para resolver este problema deve-se estabelecer curvas de calibração provenientes dos valores de densitometria óptica radiográfica de um penetrômetro, ou seja, uma escala graduada de características conhecidas para servir como um padrão referencial densitométrico. Assim, pode-se converter os valores de

densidade óptica radiográfica para valores em espessura de uma escala radiografada simultaneamente à região analisada. Em vários trabalhos o recurso adotado foi o de converter os valores de densidade óptica radiográfica para valores em milímetros de alumínio (LOUZADA, 1994).

A escolha do alumínio para a confecção da escala de referência se deve a este material possuir uma curva de absorção da radiação X semelhante à dos ossos (LOUZADA et al., 1998b; MACK; VOSE; NELSON, 1959; OWEN, 1956).

Em seu estudo Owen (1956) comparou a quantidade de radiação transmitida pelo osso de coelhos e a radiação transmitida pelo alumínio e observou a existência de uma correlação linear entre a espessura do osso e o alumínio concluindo que a absorção de raios X por várias estruturas ósseas e folhas de alumínio com determinada espessura é a mesma. Segundo Mack et al. (1959) a imagem de cunha de alumínio padrão obtida reflete a exposição a que o filme radiográfico foi submetido e as condições de processamento e a curva de densidade fornece dados necessários para corrigir a análise do osso por meio de integração, através de uma forma de determinação comparativa da absorção dos raios X.

Autores como Louzada et al. (1998b) utilizaram penetrômetro de alumínio, com qual foram obtidas imagens mais detalhadas que, somadas a uma equação matemática, detectaram pequenas variações na densidade óptica, capazes de representar mais fielmente a interação da radiação X com o padrão de alumínio registrado na radiografia. O programa computacional usado neste estudo, com intuito de otimizar o método utilizado permitiu um aumento na sensibilidade da técnica, otimizando assim sua utilização clínica.

Vulcano et al. (1997) determinaram os valores normais da densidade óssea do carpo ulnar em potros da raça Quarto de Milha, em crescimento, utilizando-se como referencial densitométrico uma escala de alumínio de 25 degraus, cada um com 0,5 milímetro de altura. Com os resultados obtidos concluíram que a densitometria óptica radiográfica é uma técnica de fácil aplicação, baixo custo, boa sensibilidade, precisão e reprodutividade, ideal para ser aplicada na rotina da clínica veterinária.

Louzada (1988) em um estudo realizado com coelhos usou a técnica de densitometria óptica radiográfica para avaliar o preenchimento ósseo de uma área no córtex da ulna. Foi utilizada uma escala de alumínio com 9 degraus, cada um com 2 milímetros de altura e paralelamente foi feito uma análise histopatológica do osso. O autor concluiu que este método foi capaz de avaliar quantitativamente a reparação óssea e mostrou-se uma técnica simples e de fácil reprodução, excelente para a avaliação de osteoporose, acompanhamento da evolução de calo ósseo e avaliação de doenças ósseas metabólicas.

Nos gatos, alterações congênitas como a mucopolissacarídiase ou metabólicas como o hiperparatireoidismo secundário nutricional, provocam uma redução generalizada da densidade mineral óssea (FARROW; GREEN; SHIVELY, 1994).

Rahal et al. (2002) demonstraram que a técnica de densitometria óptica em imagem radiográfica foi mais sensível e eficiente do que as análises bioquímicas séricas de fosfatase alcalina, fósforo e cálcio, para a avaliação e determinação da desmineralização óssea em gatos jovens, provocadas pelo hiperparatireoidismo

secundário nutricional induzido. Comparativamente ao exame radiográfico simples, a densitometria óptica permitiu a quantificação da lesão, um importante dado para o acompanhamento da evolução da doença.

Santos (2002) em um estudo com 120 felinos domésticos, de raças variadas, determinou e padronizou os valores normais da densidade óssea da região de rádio e ulna, correlacionando peso, sexo e idade. Ele observou em seu estudo uma correlação positiva entre DMO e peso, e uma diferença estatisticamente significativa entre os sexos, onde os machos apresentaram DMO maior que as fêmeas ($P < 0.05$) e este estudo também demonstrou que animais mais velhos apresentaram uma densidade mineral óssea maior.

Três trabalhos desenvolvidos na FMVZ da USP somaram a esta técnica o software Imagelab e obtiveram bons resultados, alcançando seus objetivos que se relacionavam à determinação dos valores normais da densidade mineral óssea em eqüinos e em cães, através de uma técnica de fácil reprodução, boa sensibilidade e baixo custo. Foram eles: “Avaliação da densidade óssea em potros da raça Puro Sangue Inglês em início de treinamento” (PRADO FILHO, 2001), “Avaliação da densidade óssea em eqüinos atletas destinados ao Enduro Eqüestre” (STERMAN, 2002), e “Estabelecimento de valores de densidade mineral óssea –DMO- das regiões metafisária e diafisária do rádio em cães da raça Poodle por meio de densitometria óptica radiográfica” (MURAMOTO, 2003).

A técnica de densitometria óptica radiográfica, outrora abandonada pelos clínicos, ressurgiu com os avanços nos equipamentos e programas computacionais, com os processos de digitalização de imagens radiográficas

obtidas com câmera de vídeo e scanner, com o processamento e com o tratamento das imagens (LOUZADA, 1994; LOUZADA; MESQUITA FILHO, 1999).

O processamento de uma imagem permite a análise de informações não visíveis em sua forma original pelo observador humano. O olho humano é capaz de distinguir 28 a 32 diferentes tons de cinza em uma radiografia convencional, o que é muito inferior à quantidade de informações obtidas pelo computador, que permite ajustes de contraste de até 256 tons de cinza (BAXES, 1994; CHIVALQUER, 2000).

As informações contidas em uma radiografia simples dependem da capacidade individual do observador e da clareza da imagem registrada (LOUZADA, 1988). Para a osteoporose ser detectada radiologicamente é necessária uma perda de 30 a 50% de cálcio do osso, ou seja, a doença precisa estar em um estado avançado. Em relação a uma estrutura óssea, muito pouco é percebido visualmente em uma radiografia até que haja 30% de perda de seu conteúdo mineral. Sendo assim, faz-se necessário o uso de tecnologias mais sensíveis para a identificação de pequenas mudanças no conteúdo mineral ósseo dos animais. (ARDRAN, 1951; GARTON et al., 1994; JEFFCOAT, 1992).

Louzada (1988) sugere que uma das formas de se contornar a subjetividade individual na análise e na interpretação da imagem radiológica, bem como as limitações visuais, seria o uso da técnica de densidade óptica radiográfica.

3 MATERIAL E MÉTODO

A seguir apresentamos em detalhes todo o processo de execução do trabalho.

3.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foram selecionados e utilizados 59 animais da espécie felina, machos e fêmeas, com peso variando entre 2 e 5,5 quilos e com idade variando entre 12 e 60 meses, que se apresentaram saudáveis ao exame clínico. Todos os animais castrados utilizados neste experimento foram esterilizados em clínica particular aos 4 meses de idade.

O total de animais foi dividido em 4 grupos- FC, M, F, MC - assim caracterizados:

- FC corresponde às 16 fêmeas castradas.
- M corresponde aos 16 machos.inteiros (não castrados).
- F corresponde às 16 fêmeas inteiras (não castradas).
- MC corresponde aos 11 machos.castrados.

3.2 IDENTIFICAÇÃO

Os animais foram pré-selecionados através de idade e peso e divididos conforme sexo e se são castrados ou não. Uma rápida anamnese permitiu identificar, no caso dos animais castrados, o tempo decorrido desde a intervenção

cirúrgica e no caso das fêmeas o uso ou não de anticoncepcionais, último cio e número de crias. Todos os animais foram pesados na mesma balança - balança digital Filizola ID-X com precisão de 100 gramas

3.3 TÉCNICA RADIOGRÁFICA

Todas as radiografias foram feitas com chassi metálico, marca Kodak Lanex e filme marca Kodak MXG/PLUS de 18X24 cm, em aparelho de raio X de marca Ray Tec, modelo RT 500/125, com ampola Toshiba Rotanode Tm Fluray unit model E 7239 X.

A técnica radiográfica utilizada como padrão para todas as radiografias foi fixada em: quilovoltagem de 40 quilovolts (kV), miliamperagem de 100 miliampères (mA), tempo de exposição de 0,025 segundos (s) e a distância entre o foco e o filme foi de 90 cm

3.4 OBTENÇÃO DAS IMAGENS E DA DENSITOMETRIA ÓPTICA RADIOGRÁFICA

Junto ao chassi foi afixado o penetrômetro de alumínio¹, usado como referencial densitométrico. A escala é constituída de 20 degraus, tendo o primeiro degrau 0,5mm de espessura, variando a seguir de 0,5mm em 0,5 mm até atingir 1,0cm de altura no vigésimo degrau. Cada degrau tem 18 x 5 mm de área.

¹ Liga específica, padronizada pela ABNT

O osso rádio direito de cada animal foi radiografado em projeção dorso-palmar, com os animais em decúbito esternal. A escala de alumínio foi posicionada medial e paralelamente ao eixo longitudinal do osso rádio.

Os filmes radiográficos foram revelados em processadora automática² padrão. As radiografias foram escaneadas com scanner de mesa Desksan HP³, e salvas na cor “escala de cinzas”, no modo bmp (bitmap) e armazenadas em *compact disk*⁴ (CD).

As imagens digitalizadas do osso radio-ulna e do penetrômetro foram analisadas através do software de processamento e análise de imagem ImageLab, desenvolvido pela empresa Softium de Informática Ltda Me.

3.4.1 Equalização dos tons de cinza da imagem a ser analisada com os da escala de alumínio

Em cada radiografia para padronizar os valores de DO dos degraus da escala de alumínio, foram selecionados os dezenove primeiros degraus da escala (Figura 1), pressionando-se o mouse sobre esta seleção e foi aberta uma planilha contendo os valores de densidade óptica (DO) de cada degrau. A DO varia de 1 a 19 conforme o degrau da escala.

² Processadora automática RP-X-OMAT (Kodak Eastman Company)

³ Scanner Hewlett Packard (HP) ScanJet 6300C

⁴ Compact disc CD-R

Figura 1- Visualização do programa Imagelab demonstrando o posicionamento do rádio- ulna direito paralelamente à escala de alumínio de referência, com os 19 degraus selecionados

O programa computacional considera o primeiro degrau, o mais radiotransparente, com DO de valor 1, o segundo degrau com valor 2, e sucessivamente, até atingir o 19^o degrau que é o mais radiopaco, com valor 19.

Lateralmente à planilha, surge o gráfico representando a curva densitométrica, cujo eixo x representa as densidades ópticas (de 1 a 19) e o eixo y representa os tons de cinza, que variam neste programa, de 0 (preto) a 256 (branco) tons (Figura 2).

Figura 2 - Visualização da planilha e do gráfico que mostra uma curva representativa dos degraus da escala de alumínio radiografada simultaneamente ao osso, mantida como curva padrão.

3.4.2 Demarcação das regiões metafisária e diafisária.

Foram demarcadas 2 regiões de interesse no rádio, uma na região metafisária e outra na diafisária.

O tamanho da área a ser selecionada foi determinado por um quadrilátero com dois lados paralelos correspondendo a largura do rádio e com a altura equivalente a metade do comprimento da largura. No momento de selecionar o comprimento da largura, inclui-se uma extensão apenas de partes moles, com a

finalidade de poder extrair a densidade das partes moles sobrepostas ao osso. Portanto, para a determinação da DO, foi feita uma leitura média dos tons de cinza da área selecionada.

Para demarcar a região metafisária (M), o quadrilátero é um trapézio. A base do quadrilátero é posicionada na região imediatamente dorsal ao disco ou cicatriz epifisária. Já na região diafisária (D) o quadrilátero é um retângulo, demarcado, um centímetro após o término da região metafisária. (Figura 3)

Figura 3 - Visualização do programa ImageLab mostrando os dois quadriláteros correspondentes às regiões metafisária (M) e diafisária (D) demarcadas.

3.4.3. Cálculo da densidade óptica (DO)

Selecionadas as regiões, clicou-se no ícone cálculo de regiões, que gerou os valores de densidade óptica para cada uma delas. O valor de DO é dado em milímetros de alumínio, uma vez que o tom de cinza obtido na região selecionada do osso foi comparado aos tons dos degraus da escala de referência confeccionada em alumínio (Figura 4). Este procedimento foi repetido por mais 2 vezes, a fim de se obter uma média das duas regiões.

Figura 4 - Imagem do programa ImageLab representando os dois quadriláteros correspondentes às regiões metafisária (M) e diafisária (D) demarcadas e a leitura da densidade óptica (DO) da região metafisária

3.5 CÁLCULO DA DENSIDADE MINERAL OSSEA EM mmAL

Obtido-se as três leituras de cada região pré-selecionada foi feito uma média dos valores da DO. Estes valores médios foram então divididos por 2 para que obtivéssemos a densidade óssea (DMO) em mmAL, uma vez que cada degrau da escala possuía 0,5 mm de altura (Apêndices A a E). Exemplificando: uma DO de valor 6 calculada pelo programa ImageLab significa que o este tom de cinza corresponde ao sexto degrau da escala de referência, o qual possui 3 mm de altura (6x0,5mm), sendo assim, uma DO-6 corresponde a uma DMO de 3 mmAl.

Todos os valores da amostra passaram por este processo.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para este trabalho, foi utilizado o teste paramétrico de ANOVA e para se complementar a análise descritiva, foi feito o uso da técnica de Intervalo de Confiança para a média. Utilizou-se também a técnica de Correlação de Pearson e para validar a correlação, o Teste de Correlação.

A Correlação de Pearson é uma técnica utilizada para se mensurar o quanto as variáveis estão interligadas, ou seja, o quanto uma está relacionada com a outra. Os resultados são dados em percentual, são aceitos valores positivos e negativos.

Quando a correlação for positiva significa que à medida que uma variável aumenta seu valor, a outra correlacionada a esta, também aumenta

proporcionalmente. Porém se a correlação for negativa implica que as variáveis são inversamente proporcionais, ou seja, a medida que uma cresce a outra decresce, ou vice versa.

Para este trabalho foi definido um nível de significância de 0,05 (5%). Todos os intervalos de confiança foram construídos, ao longo do trabalho, com 95% de confiança estatística.

Tem -se que ressaltar que antes de se iniciarem as análises, foram testados a normalidade dos dados e a homocedasticidade (homogeneidade das variâncias) que são suposições necessárias para a utilização de testes paramétricos. Assim, verificou-se que estas suposições foram satisfeitas e por isso utilizou-se o teste de ANOVA.

4 RESULTADOS

Os resultados foram expressos em gráficos e tabelas para uma melhor visualização e divididos em tópicos para melhor relacionar as variáveis estudadas

4.1. VALORES INDIVIDUAIS DA DENSIDADE MINERAL ÓSSEA (DMO), IDADE E PESO REFERENTES AO GRUPO TOTAL DE ANIMAIS

Os valores individuais de peso, idade e os valores médios da densidade mineral óssea da região metafisária (DMO-M) e região diafisária (DMO-D) e a média das duas regiões (DMO-média) de cada animal dos grupos FC, M, F, MC estão representados nas tabelas a seguir.

Tabela 1 – **Valores individuais, média (x) e desvio-padrão (DP) do peso, idade e DMO dos animais do grupo FC – fêmeas castradas**

N	PESO	IDADE	DMO-M	DMO-D	DMO
	Kg	meses	mmAL	mmAl	média
1	3,2	18	3,57	4,03	3,80
2	2,8	54	3,18	3,42	3,30
3	3,2	14	4,05	4,35	4,20
4	3,3	54	4,35	5,44	4,90
5	5,0	60	3,31	3,78	3,55
6	3,5	48	3,43	4,21	3,82

Tabela 1 – **Valores individuais, média (x) e desvio-padrão (DP) do peso, idade e DMO dos animais do grupo FC – fêmeas castradas**

(conclusão)					
N	PESO Kg	IDADE meses	DMO-M mmAL	DMO-D mmAl	DMO média
7	4,4	29	3,18	3,72	3,45
8	2,9	43	3,83	3,96	3,90
9	3,9	17	2,47	2,14	2,30
10	4,0	31	3,65	4,11	3,88
11	3,2	19	3,15	2,88	3,02
12	4,1	20	4,22	3,85	4,04
13	2,8	20	3,70	4,63	4,17
14	4,4	15	3,22	3,34	3,28
15	3,1	17	3,11	3,80	3,46
16	3,8	17	4,02	3,85	3,93
X	3,58	29,75	3,53	3,84	3,69
DP	0,63	15,81	0,48	0,71	0,56

Tabela 2 – **Valores individuais, média (x) e desvio-padrão (DP) do peso, idade e DMO dos animais do grupo M – machos inteiros**

N	PESO Kg	IDADE meses	DMO-M mmAl	DMO-D mmAl	DMO Média
1	3,8	14	4,34	4,70	4,52
2	3,7	36	4,60	5,04	4,82
3	3,8	21	4,30	4,68	4,49
4	3,5	14	4,30	4,49	4,40
5	3,8	12	3,98	4,02	4,00
6	4,5	12	4,52	4,25	4,39
7	3,4	12	4,08	3,91	3,99
8	4,0	15	4,68	5,63	5,16
9	3,1	24	3,50	3,92	3,71
10	4,9	18	4,73	4,57	4,65
11	4,3	24	4,09	4,69	4,39
12	5,4	18	4,53	4,45	4,49
13	4,9	17	4,81	5,50	5,15
14	4,4	36	4,20	5,50	4,85
15	4,2	59	4,28	5,22	4,75
16	3,5	45	4,20	4,99	4,59
X	4,1	24	4,32	4,72	4,52
DP	0,62	13,21	0,32	0,54	0,38

Tabela 3 – **Valores individuais, média (x) e desvio-padrão (DP) do peso idade e DMO dos animais do grupo F – fêmeas inteiras**

N	PESO Kg	IDADE meses	DMO-M mmAl	DMO-D mmAl	DMO Média
1	3,9	36	3,57	4,37	3,97
2	2,0	18	3,30	3,92	3,61
3	2,7	24	3,09	3,70	3,39
4	3,3	36	3,76	3,92	3,84
5	2,9	60	3,73	4,22	3,98
6	3,4	12	3,87	3,69	3,78
7	3,6	12	3,77	4,08	3,93
8	3,0	12	3,94	3,70	3,82
9	3,3	12	3,87	3,79	3,83
10	2,4	12	3,36	2,96	3,16
11	5,0	53	3,68	4,04	3,86
12	2,8	19	3,63	3,77	3,70
13	2,5	48	2,89	3,44	3,17
14	2,3	36	3,50	3,78	3,64
15	4,4	48	3,55	4,20	3,87
16	4,1	36	3,65	4,14	3,90
X	3,22	30	3,57	3,86	3,72
DP	0,79	16,09	0,28	0,33	0,25

Tabela 4 – **Valores individuais, média (x) e desvio-padrão (DP) do peso, idade e DMO dos animais do grupo MC – machos castrados**

N	PESO Kg	IDADE meses	DMO-M mmAl	DMO-D mmAl	DMO Média
1	4,0	15	3,64	3,70	3,67
2	4,6	59	4,91	5,22	5,07
3	4,2	23	3,92	3,98	3,95
4	3,2	48	4,03	3,73	3,88
5	5,5	38	3,45	3,90	3,67
6	5,1	20	3,78	4,26	4,02
7	4,6	14	3,78	4,01	3,89
8	3,9	35	3,80	4,33	4,06
9	4,4	14	3,48	3,40	3,44
10	4,4	30	3,57	4,12	3,84
11	3,4	28	3,45	3,90	3,67
X	4,28	29	3,80	4,05	3,92
DP	0,65	13,95	0,40	0,45	0,40

Os valores médios e os desvios-padrão das variáveis estudadas e da DMO-média dos 4 grupos estudados (fêmeas castradas, fêmeas inteiras, machos castrados e machos inteiros) e do grupo total de machos (27 animais) e fêmeas (32 animais) estão explicitados na tabela 5 e tabela 6 respectivamente.

Tabela 5 – **Valores médios e desvios-padrão** das variáveis pesquisadas do grupo de fêmeas inteiras (F), fêmeas castradas (FC), machos inteiros (M) e machos castrados (MC)

	F	FC	M	MC	p-valor
IDADE (meses)	29,63±16,61	29,75±16,33	23,19±12,66	29,45±14,63	0,556
PESO (Kg)	3,22±0,82	3,58±0,65	4,05±0,64	4,28±0,68	0,001
DMO-média (mmAl)	3,72±0,26	3,69±0,58	4,52±0,39	3,92±0,42	<0,001

Tabela 6 – **Valores médios e desvios-padrão** das variáveis pesquisadas do grupo de **fêmeas** (32 animais) e **machos** (27animais)

	FÊMEAS	MACHOS	p-valor
IDADE (meses)	29,69±16,20	25,74±13,59	0,320
PESO (Kg)	3,40±0,75	4,14±0,65	<0,001
DMO-média (mmAl)	3,70±0,44	4,28±0,50	<0,001

Com base nos valores da tabela anterior podemos afirmar que existe diferença média estatisticamente significativa entre os sexos para as variáveis DMO-média e peso (para ambas - $p<0,001$). Nestas duas variáveis onde encontramos diferenças, os machos possuem sempre a maior média.

Ao compararmos os 4 grupos constatou-se uma diferença média estatisticamente significativa entre eles em se tratando das variáveis peso ($p=0,001$) e densidade-média ($p<0,001$) (tabela 5). Para podermos determinar com exatidão onde de fato ocorria esta diferença comparamos todos os grupos em pares de dois através do método de Comparações Múltiplas de Tukey (contrastes não ortogonais).

Em relação a DMO-média constatamos que o grupo de machos inteiros (M) é estatisticamente diferente de todos os demais grupos - $p<0,001$ - quando comparado ao grupo de fêmeas inteiras e fêmeas castradas, e, $p=0,004$ quando comparado ao grupo de machos castrados e é o que possui a maior média de densidade mineral óssea-média (DMO-média). Já entre o grupo das fêmeas não houve diferença significativa entre as fêmeas castradas e inteiras ($p= 0,99$) (Apêndice F).

No gráfico 1 representamos os valores das médias e desvios-padrão dos valores de DMO-média para cada grupo estudado.

Gráfico 1 – Representação das **médias e desvios-padrão** da **densidade mineral óssea média** (DMO-média) dos 4 grupos estudados: fêmeas castradas (FC), machos inteiros (M) fêmeas inteiras (F) e machos castrados (MC)

Em relação ao peso foi encontrada diferença média estatisticamente significativa entre os grupos, sendo que o grupo de fêmeas (F+FC) é estatisticamente diferente dos grupos de machos (M+MC), que possuem uma média de peso maior.(Gráfico 2)

Gráfico 2 - Representação dos valores das **médias e desvios-padrão** do **peso** (kg) do grupo total de fêmeas e machos (59 animais)

Em relação à idade apesar de existir uma diferença média entre os grupos, não podemos dizer que estas sejam significativas, ou seja, os grupos são considerados estatisticamente iguais em média. (Gráfico 3)

Gráfico 3 - Representação dos valores das **médias** e **desvios-padrão** da **idade** em meses do grupo total de fêmeas e machos (59 animais)

4.1.1 Densidade mineral óssea em função do peso

Aplicando-se uma análise de regressão, com nível de significância de 5%, entre os valores de DMO-média em resposta à variação de peso, observou-se, para o quadro total de animais, uma relação funcional entre os valores comparados ($p=0,01$). O coeficiente de correlação de Pearson apresentou valor $r=0,57$ e o coeficiente de determinação (r^2) apresentou valor de 0,326 indicando que 32,6% da função de DMO-média x peso, representada pela reta de regressão linear consegue explicar a variação de DMO-média.

O gráfico 4 representa a variação geral da DMO-média em função do peso dos animais mostrando a linha de regressão linear para a função com o respectivo coeficiente de determinação (r^2).

Gráfico 4 - Variação individual da **densidade mineral óssea média (DMO-média)** em função do peso de todos os animais estudados

O mesmo processo foi aplicado em cada grupo estudado separadamente (F, M, FC, MC). Verificou-se que o coeficiente de correlação linear de Pearson (r) entre peso e DMO-média mostrou-se muito mais forte para as fêmeas inteiras, com valor de 0,78, seguidas pelos machos inteiros cujo valor foi de 0,70, pelas fêmeas castradas que apresentaram valor de 0,49 e pelos machos castrados com 0,36.

Estes valores de r levam a um coeficiente de determinação (r^2) explicitados em porcentagem na tabela 7, onde, observa-se que animais castrados se comportam de uma forma diferente quando comparados a animais não castrados, quando correlacionamos linearmente peso e DMO-média.

Tabela 7 – Valores da associação da **densidade mineral óssea média (DMO-média)** com **idade** e **peso**, segundo o método de correlação de Pearson, para todos os animais estudados (Geral), e para cada grupo separadamente

Associação	GERAL	F	M	FC	MC
Peso x	32.6%	61.8%	49.7%	-23,9%	13.4%
DMO-média	($p= 0.01$)	($p= 0.01$)	($p= 0.05$)	($p= 0.37$)	($p= 0.69$)
Idade x	10.7%	17.5%	27.4%	24.2%	69.1%
DMO-média	($p= 0.42$)	($p= 0.51$)	($p= 0.30$)	($p= 0.36$)	($p= 0.02$)

4.1.2 Densidade mineral óssea em diferentes faixas de peso

Com a finalidade de se minimizar a influência do peso sob a DMO-média e para se obter grupos mais homogêneos, reagrupamos os animais em duas categorias: animais até 4 quilos e animais acima de 4 quilos. Desta forma recalculou-se os valores das médias de DMO-média para cada grupo nas duas categorias. Os resultados estão expressos na tabela 8.

Tabela 8 – **Valores médios e desvios-padrão** da DMO-média do grupo de fêmeas inteiras(F), fêmeas castradas (FC), machos inteiros (M) e machos castrados (M) até 4Kg e acima de 4Kg

	ANIMAIS ATÉ 4Kg				ANIMAIS ACIMA DE 4 Kg			
	F	FC	M	MC	F	FC	M	MC
DMO-média	3,68±	3,72±	4,41±	3,82±	3,88±	3,58±	4,67±	3,98±
(mmAl)	0,28	0,65	0,41	0,19	0,02	0,32	0,28	0,52
p-valor	p=0,015				p<0,001			

Ao observarmos os 4 grupos de cada categoria encontramos diferença média estatisticamente significativa entre eles. Assim, foi preciso determinar, com exatidão, onde de fato ocorreu esta diferença. Comparamos todos os grupos, em pares de dois, através do método de Comparações Múltiplas de Tukey (contrastes não ortogonais) para especificar estas diferenças. Os p-valores destas comparações encontram-se na tabela 9.

Tabela 9 – Valores de **p-valor** para cada grupo com até 4kg e com acima de 4kg quando comparados em pares de dois pelo **método de Comparações Múltiplas de Tukey**

Até 4kg	F	FC	M	Mais de 4kg	F	FC	M
FC	0,996			FC	0,683		
M	0,014	0,026		M	0,018*	<0,001	
MC	0,957	0,980	0,532	MC	0,994	0,345	0,002

Relacionando-se os resultados das tabelas 8 e 9 observou-se que na categoria até 4Kg o grupo de machos inteiros (M) foi o que apresentou a maior média e pôde ser considerado estatisticamente diferente apenas dos grupos das fêmeas castradas (FC) e inteiras (F) ($p= 0,026$ e $P= 0,014$ respectivamente), ou seja, os machos inteiros (M) podem ser considerados estatisticamente iguais aos machos castrados (MC) ($p= 0,53$).

Na faixa de peso acima de 4kg o grupo de machos inteiros (M) foi o grupo que apresentou a maior média de DMO-média ($4,67 \pm 0,28$) e foi estatisticamente diferente de todos os demais grupos. O gráfico 5 representa os valores da média e desvio-padrão para cada grupo estudado nas duas categorias de peso.

Gráfico 5 – Representação da **média** e do **desvio-padrão** da DMO-média entre o grupo de fêmeas inteiras (F), fêmeas castradas (FC), machos inteiros (M) e machos castrados (MC) nas duas categorias: animais até 4kg e animais acima de 4 kg

4.1.3 Densidade mineral óssea em função do sexo

Aplicando-se o teste de ANOVA verificou-se que a DMO-média do grupo de fêmeas (32 animais) foi significativamente menor que a DMO-média do grupo de machos (27 animais) com um intervalo de confiança de 95%. A média e o desvio-padrão da DMO-média das fêmeas e dos machos estão representados no gráfico 6.

Gráfico 6 – Representação da **média** e do **desvio-padrão** da DMO-média entre o grupo total de **fêmeas** e o grupo total de **machos**

4.1.4 Densidade mineral óssea em função do sexo e da faixa de peso

O número total de animais machos e fêmeas foi também dividido nas mesmas duas categorias de peso: animais até 4kg e animais acima de 4 kg. Os valores da média e desvio-padrão da DMO-média estão descritos na tabela 10.

Tabela 10 – **Valores médios e desvios-padrão** da DMO-média do grupo de **fêmeas (F +FC)** machos **(M +MC)** até 4Kg e acima de 4Kg

	ANIMAIS ATÉ 4Kg		ANIMAIS ACIMA DE 4 Kg	
	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos
DMO-média (mmAl)	3,7±0,48	4,23±0,47	3,71±0,28	4,33±0,53
p-valor	p=0,003		p=0,01	

A diferença média existente entre fêmeas e machos é considerada estatisticamente significativa tanto para os animais com menos de 4 quilos quanto para o grupo de animais com mais de 4 quilos, onde os machos possuem a maior média. (Gráfico7).

Gráfico 7 – Representação da **média** e do **desvio-padrão** da DMO-média entre machos e fêmeas até 4kg e com mais de 4kg

5 DISCUSSÃO

A utilização do programa de processamento de imagens ImageLab, neste estudo, mostrou-se de fácil aplicação, apresentando precisão para a leitura das densidades ópticas das imagens radiográficas do rádio direito dos gatos. As três leituras densitométricas feitas das duas regiões pré-determinadas apresentaram valores muito próximos entre si, comprovando a importância dos cuidados tomados durante o processamento das imagens. Estes cuidados incluíram a utilização da mesma técnica radiográfica para todas as exposições, mantendo um posicionamento padronizado entre o membro do animal e a escala de alumínio, foi utilizado o mesmo aparelho de raio-x, com o mesmo tipo de filme e de revelação, sem esquecermos da delimitação minuciosa das regiões ósseas a serem medidas até a equalização dos tons de cinza da escala de alumínio.

Os animais foram submetidos a uma técnica radiográfica convencional, com baixo índice de radiação, sem o uso de anestesia ou sedação para manter o posicionamento do animal sobre o chassi. A realização destas radiografias e análise da densidade óptica e suas aplicações permitiram comprovar que a densitometria óptica radiográfica, metodologia analítica de densidade mineral óssea (DMO) empregada neste estudo é de fácil aplicação, baixo custo, segura e de boa precisão, como já concluíram tantos demais autores que se utilizaram desta técnica em seus estudos (LEAL, 2002; LOUZADA, 1998; LOUZADA et al., 1998a; MURAMOTO, 2003; PRADO FILHO, 2001; SANTOS, 2002; STERMAN, 2002; VULCANO et al., 1997). Estas facilidades possibilitarão a implementação desta técnica em centros de diagnóstico e hospitais veterinários, oferecendo aos

clínicos.uma metodologia precisa de avaliação da densidade mineral óssea em animais.

O osso rádio mostrou-se de fácil mobilização em felinos. Como descrito por Barden e Mazess (1988), nos casos dos ossos longos as medidas de densidade mineral óssea, pela técnica de absorciometria de fóton simples, se correlacionam altamente com valores de cálcio corpóreo total. Como demonstrado Rahal et al. (2002) a técnica de densitometria óptica em imagem radiográfica obtida também pela utilização do rádio como osso longo nos felinos, foi mais sensível e eficiente do que as análises bioquímicas séricas de fosfatase alcalina, fósforo e cálcio, para a avaliação e determinação da desmineralização óssea em gatos jovens.

Em seu trabalho, Santos (2002) padronizou os valores normais da densidade óssea da região de rádio e ulna de felinos, correlacionando peso, sexo e idade. Observou em seu estudo uma correlação positiva entre DMO e peso, e uma diferença estatisticamente significativa entre os sexos, onde os machos apresentaram DMO maior que as fêmeas ($p < 0.05$). Baseado neste estudo optou-se por procurar correlações entre a DMO de machos e fêmeas castrados e não castrados, na expectativa de que animais esterilizados precocemente (antes dos 4 meses de vida) apresentassem uma menor DMO.

A média da DMO-média encontrada foi de **$3,7 \pm 0,44 \text{mmAl}$** para o grupo total de fêmeas (Tabela 6) sendo de **$3,69 \pm 0,56 \text{mmAl}$** para as fêmeas castradas e **$3,72 \pm 0,25 \text{mmAl}$** para as fêmeas inteiras (Tabela 5). Para o grupo total de machos a média da DMO-média foi de **$4,39 \pm 0,5 \text{mmAl}$** (Tabela 6) sendo de **$4,52 \pm 0,38 \text{mmAl}$** para os machos inteiros e de **$3,92 \pm 0,4 \text{mmAl}$** para os machos castrados (Tabela 5).

Em relação às categorias de peso, para animais até 4 kg, foram encontrados valores médios de DMO-média de **3,7±0,48mmAI** para o grupo total de fêmeas (Tabela 10) sendo de **3,72±0,65mmAI** para as fêmeas castradas e **3,68±0,28mmAI** para as fêmeas inteiras (Tabela 8). Para o grupo total de machos a média da DMO-média foi de **4,23±0,47mmAI** (Tabela 10) sendo de **4,41±0,41mmAI** para os machos inteiros e de **3,82±0,19mmAI** para os machos castrados (Tabela 8). Para animais acima de 4kg obtivemos no grupo total de fêmeas um valor médio de DMO-média de **3,71±0,28mmAI** (Tabela 10) sendo de **3,58±0,32mmAI** para as fêmeas castradas e **3,88±0,02mmAI** para as fêmeas inteiras (Tabela 8). Para o grupo total de machos a média da DMO-média foi de **4,33±0,53mmAI** (Tabela 10) sendo de **4,67±0,28mmAI** para os machos inteiros e de **3,98±0,52mmAI** para os machos castrados (Tabela 8). Estes valores de densidade mineral óssea encontrados foram bem maiores do que os valores encontrados por Santos (2002), porém ele utilizou um programa de computador diferente.

Com base nos resultados obtidos, pode-se sugerir que os machos possuem uma maior densidade mineral óssea que as fêmeas - resultado semelhante ao obtido por Santos (2002) - e mais ainda, quando se analisa o comportamento do grupo de machos inteiros (M) e machos castrados (MC), observa-se que os machos castrados apresentaram uma DMO-média semelhante às das fêmeas castradas, ou seja, não houve diferença estatística entre eles ($p=0,49$) (Tabela 6). Pode-se sugerir que a castração precoce acarretou uma diminuição da densidade mineral óssea, principalmente nos machos .por diminuição da produção de

hormônios sexuais. A testosterona aumenta o tamanho do osso cortical estimulando o crescimento longitudinal e radial e a deposição de tecido periosteal aumentando, assim, as dimensões e a força óssea nos machos. Além destes hormônios podem-se citar como fatores que exercem influência na densidade mineral óssea, o estresse mecânico via inserção muscular, as alterações nutricionais, atuação da vitamina D3, a ação da calcitonina e do hormônio paratireóideo. (EVANS, 1993; SOYKA; FAIRFIELD; KLIBANSKI, 2000; VANDERSCHUEREN et al., 2004; WASSERMAN; KALLFELZ; LUST, 1996).

Diferentemente do que foi observado por Schmidt (2003) em seu estudo com cadelas castradas, as fêmeas da espécie felina apesar de castradas não apresentaram uma diferença significativa da DMO-média ($p=0,99$) quando comparadas às fêmeas inteiras. Com base nestas observações sugere-se que o metabolismo ósseo das cadelas e das gatas respondam de maneiras diferentes à diminuição da taxa de estrógeno. Seria interessante que novos estudos averiguassem estas peculiaridades entre as cadelas e as gatas.

Os animais estudados não apresentaram diferença significativa em relação à idade ($p=0,3$) (Tabela 6). Já a variável peso apresentou um coeficiente de correlação com a densidade mineral óssea de 0,57, de modo que a equação de variação DMO-média em função do peso consegue explicar 33% (coeficiente de determinação) da variação da média (Gráfico 4). Quando foi aplicada a análise de regressão nos quatro grupos pesquisados, observou-se uma correlação entre peso e DMO-média muito mais significativa no grupo das fêmeas inteiras (F), de 61,8%, seguido pelo grupo dos machos inteiros, de 49,7%. Os machos castrados

obtiveram uma correlação de 13,4% e as fêmeas castradas uma correlação negativa de 23,9%.(Tabela 7). Outros autores também citam em seus trabalhos uma correlação entre peso e DMO-média (GUYTON; HALL, 1997; LEAL, 2002; MURAMOTO, 2003; SANTOS, 2002; STOLIKER; DUNLAP; KRONFELD,1976; TALBOTT et al., 2001). Com base nestas observações sugere-se que animais inteiros possuem uma correlação mais significativa entre peso e DMO-média que os animais não castrados, nestes últimos a falta dos hormônios sexuais pode levar a uma menor deposição de matéria óssea, assim sendo, mesmo ocorrendo o ganho de peso não há necessariamente um aumento da DMO-média

Apesar da DMO-média dos machos ser significativamente maior do que a das fêmeas no grupo total de 60 animais (Gráfico 6), o peso médio do grupo de machos também foi maior que o das fêmeas (Gráfico 2) surgindo uma dúvida: já que o peso possui uma boa correlação com a DMO será que a diferença nos valores de DMO era realmente devida às diferenças de sexo ou seria uma influência do peso? Para tentarmos solucionar esta dúvida dividimos o grupo total de animais em 2 subgrupos: animais até 4 quilos e animais acima de 4 quilos, assumindo o critério de semelhança entre pesos. Em ambos os subgrupos os machos apresentaram um valor de densidade mineral óssea significativamente maior que a das fêmeas (Tabela 10 e Gráfico 7). Observou-se que realmente há uma diferença da DMO-média entre os sexos, independente do peso. Tal fato difere dos resultados apresentados por outros autores como Muramoto (2003) e Stoliker, Dunlap e Kronfeld (1976), porém estes trabalhos utilizam-se de cães e

para melhores conclusões sugere-se novos trabalhos semelhantes utilizando-se gatos.

Feitas estas observações, pode-se julgar mais adequado para fins de estabelecimento de valores de referência de DMO agrupar os animais por categoria de peso e diferenciar os animais castrados dos não-castrados.

Finalizando, pode-se afirmar que essa metodologia é indicada para trabalhos de pesquisa que envolvam metabolismo ósseo, para o estudo e acompanhamento de patologias e terapias que se utilizam dos valores da densidade mineral óssea (DMO) como parâmetro para avaliação das condutas estabelecidas e avaliação do estado geral do animal.

No campo da Medicina Veterinária ainda não há trabalhos suficientes que estabeleçam valores de referência de DMO para os diferentes biótipos e diferentes raças de felinos. Porém, essa metodologia pode ser aplicada através de medições cronologicamente consecutivas de uma mesma área, obtendo-se assim por comparação, um quadro evolutivo dos valores da DMO do animal estudado.

6 CONCLUSÕES

Nas condições em que este estudo foi realizado e através da análise dos resultados, foi possível comprovar que a Densitometria Óptica Radiográfica, metodologia analítica de densidade mineral óssea (DMO) empregada neste trabalho é de fácil aplicação, baixo custo, segura e de boa precisão, como já concluíram tantos autores que se utilizaram desta técnica. Estando adequada às condições e necessidades da medicina veterinária brasileira.

Pode-se concluir que os machos possuem uma maior densidade mineral óssea que as fêmeas, independentemente do peso já que estes resultados se repetiram quando os animais foram divididos em faixas de peso.

E mais, a castração precoce acarretou uma diminuição da densidade mineral óssea, principalmente nos machos, por diminuição na taxa dos hormônios sexuais. Porém nos animais castrados, o peso e a densidade apresentam um coeficiente de correlação de Pearson menos significativo (13,4% para os machos e -23,9% para as fêmeas) quando comparado ao valor encontrado nos animais inteiros (61,8% para as fêmeas e 49,7% para os machos), portanto esta correlação de peso e densidade mineral óssea também dependem da ação hormonal.

REFERÊNCIAS

AMPRINO, R.; ENGSTRÖM, A. Studies of x-ray absorption and diffraction of bone tissue. **Acta anatômica**, v.15, p.1-22, 1952.

ANDERSON, J.B.; SHIMMINS, J.; SMITH, D. A. A new technique for the measurements of metacarpal density. **The British Journal of Radiology**, v. 39, p. 39, p. 443-450, 1966.

ARDILLA, E. A. Masa osea y menopausa. **Revista Colombiana de Menopausa**, v. 3, n. 3, 2001a. Disponível em <URL - <http://www.encolombia.com/meno33-estrogenos.htm>>. Acesso em: 15 fev. 2001.

ARDILLA, E. A. Osteoporosis senil vs. Osteoporosis menopausica. Diagnostico y manejo. **Revista Colombiana de Menopausa**. v. 3, n. 3, 2001b. Disponível em <URL: <http://www.encolombia.com/meno33-estrogenos.htm>>. Acesso em: 15 fev. 2001.

ARDRAN, G. M. Bone destruction not demonstrable by radiography. **Brazilian Journal of Radiology**, v. 24, p. 07-09, 1951.

BARDEN, H. S.; MAZESS, R. B. Bone densitometry in infants. **Journal of Pediatrics**, v. 113, n. 1, p. 172-177, 1988.

BAXES, G. A. **Digital image processing – principles and applications**. New York: John Wiley & Sons, 1994, 452 p.

CHILVARQUER, I. Tecnologia de ponta em imagenologia. In: FELLER, C.; GORAB, R. **Atualização na clínica odontológica: módulos de atualização**. São Paulo: Artes médicas, 2000. v. 1, p. 411-431.

CHRISTIANSEN, C.; CHRISTENSEN, M. S. Bone mass in postmenopausal after withdrawal of oestrogen/gestagen replacement therapy. **The Lancet**, v. 28, p. 459-461, 1981.

CONCANNON, P. W.; MEYERS-WALEEN, V. N. Current and proposed methods for contraception and termination of pregnancy in dogs and cats. **Journal of American Veterinary Medical Association**, v. 198, n. 7, p. 1214-1224, 1991.

DANNUCCI, G. A.; PATTERSON, B. P. Ovariectomy and trabecular bone remodeling in the dog. **Calcified Tissue International**, v. 36, p. 568-590, 1987.

DELAQUERRIERE-RICHARDSON, L.; ANDERSON, C.; JORCH, U. M.; COOK, M. Radiographic morphometry and radiographic photodensitometry of the femur in the Beagle at the 13 and 21 months. **American Journal of Veterinary Research**, v. 43, n. 12, p. 2255-2258, 1982.

DOIGE, C. E.; WEIBRODE, S. E. Doenças dos ossos e articulações. In: CARLTON, W. D.; MCGAVIN, M. D. **Patologia especial veterinária de Thomson**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998. p. 448-485.

EVANS, H. E. The Skeleton. In: EVANS, H. E. **Miller's anatomy of the dog**. Philadelphia: WB Saunders, 1993. p. 121-191.

FARROW, C. S.; GREEN, R.; SHIVELY, M. **Radiology of the cat**. Philadelphia: Mosby, 1994. p. 277- 278.

FAULKNER, K. G.; GLUER, C. C.; MAJUMBAR, S.; LANG, P.; ENGELKE, K.; GENANT, H. K. Noninvasive measurements of bone mass, structure and strength : current methods and experimental techniques. **American Journal Research**, v. 157, p. 1229-1237, 1991.

GARTON, M. J.; ROBERTSON, E. M.; GILBERT, F. J.; GOMERSSAL, L.; REID, D. M. Can Radiologists detect osteopenia on plain radiographs? **Clinical Radiology**, v. 49, p.118-122, 1994.

GHILARDI NETTO, T. **Algumas contribuições visando a evolução do controle de qualidade em radiodiagnóstico**. 1986. 191 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1986.

GRAY, J. Clinical evidence for postmenopausal hormone replacement therapy. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo**, Disponível em <URL: <http://www.socesp.org.br/revistas/v6n6/htm>> v. 6, n. 6, 2001. Acesso em: 15 fev. 2001.

GRIER, S. J.; TURNER, A. S.; ALVIS, M. R. The use of dual energy x-ray absorptiometry in animals. **Investigate Radiology**, v. 31, n.1, p. 50-62, 1996.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997, p. 895-910.

JEAN, A.; EPELBOIN, A.; RIMSKY, A.; SOYER, A.; OUHAYOUN, J. P. Digital image ratio: a new radiographic method for quantifying changes in alveolar bone. Part 1: theory and methodology. **Journal of Periodontology Research**, v. 31, p. 161-167, 1996.

JEFFCOAT, M. K. Radiographic methods for the detection of progressive alveolar bone loss. **Journal of Periodontology Research**, n. 63, p. 367-372, 1992.

JEFFCOTT, L. B.; MCCARTNEY, R. N. Ultrasound as a tool for assessment of bone quality in the horse. **The Veterinary Record**, v.116, p. 337-342, 1985.

JOHNSTON, S. D. Questions and answers on the effects of surgically neutering dogs and cats. **Journal of American Veterinary Medical Association**, v. 198, n. 7, p. 1206-1213, 1991.

KARAMBOLOVA, K. K.; SNOW, G. R.; ANDERSON, C. Differences in periosteal and corticoendosteal bone envelope activities in spayed and intact beagles: a histomorphometric study, **Calcified Tissue International**, v. 37, p. 665-668, 1985.

KEALY, K. J. **Diagnostic radiology of the dog and cat**. Philadelphia: WB Saunders, 1979. p. 254-260.

LEAL, A. C. R. **Determinação dos valores normais da densidade mineral óssea (DMO) da extremidade distal do rádio em cães por meio da técnica de densitometria óptica radiográfica em imagens radiográficas:** correlação entre o peso, sexo e idade. 2002. 129 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

LOBEL, L.; DUBOIS, M. **Manual de densitometria óptica:** la técnica de la medicion de los materiales fotográficos. 2. ed. Barcelona: Ediciones Omega, 1973, 238 p.

LOUZADA, M. J. Q. **Microdensitometria em radiografias de perfurações ósseas.** 1988. 174 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1988.

LOUZADA, M. J. Q. **Otimização da técnica de densitometria óptica em imagens radiográficas de peças ósseas. Estudo “in vitro”.** 1994. 129 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica, UNICAMP, Campinas, 1994.

LOUZADA, M. J. Q.; MESQUITA FILHO, J. Densidade óssea em função da idade cronológica de coelhos normais, através da densitometria óptica radiográfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 8, 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UDESC, 1999. p. 559-564.

LOUZADA, M.J.Q., PELÁ, C. A.; BELANGERO, W. D.; SANTOS-PINTO, R. Avaliações de densidade óssea em imagens radiográficas: estudo em peças ósseas de cães. **RBE – Caderno de Engenharia Biomédica**, v. 14, n. 1, p. 47-64, 1998a.

LOUZADA, M. J. Q.; PELÁ, C. A.; BELANGERO, W. D.; SANTOS-PINTO, R. Densidade de peças ósseas de frangos. Estudo pela densitometria óptica radiográfica. **Veterinária e Zootecnia**, v. 9, p. 95-109, 1997.

LOUZADA, M. J. Q.; PELÁ, C. A.; BELANGERO, W. D.; SANTOS-PINTO, R. Metodologia para avaliação de densidade em imagem radiográfica, **RBE – Caderno de Engenharia Biomédica**, v. 14, n. 2, p. 37-47, 1998b.

MACK, P. B.; VOSE, G. P.; NELSON, J. D. New development in equipment for the roentgenographic measurement of bone density. **American Journal of Roentgenology**, v. 82, n. 2, p. 303-310, 1959.

MALLUCHE, H. H.; FAUGERE, M. C.; RUSH, M.; FRIEDLER, R. Osteoblastic insufficiency is responsible for maintenance of osteopenia after loss of ovarian function in experimental beagle dogs. **Endocrinology**, v. 119, p. 2649-2654, 1986.

MANN, C. J. Some clinical aspects of problems associated with oestrus and with is control in the bitch. **Journal of Small Animal Practice**, v. 12, p. 391-397, 1971.

MARKEL, M. D.; SIELMAN, E.; BODGANSKE, J. J. Densitometric properties of long bones in dogs, as determined by use of dual-energy x-ray absorptiometry., **American Journal of Veterinary Research**, v. 55, n. 12, p. 1750-1756, 1994.

MAUTALEN, C. A.; OLIVERI, B. Densitometric manifestations in age-related bone loss. In: FAVUS, M. J., **Primer on Metabolic bone disease and disorders of mineral metabolism**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1999. p. 263-275.

MAZESS, R. B. Advances in bone densitometry. **Italian Journal Of Mineral Electrolyte Metabolism**, v. 11, n. 3-4, p. 73-39, 1997.

MCCARTNEY, R. N.; JEFFCOTT, L. B. Combined 2,25 MHz ultrasound velocity and bone mineral density measurements in equine metacarpus and their *in vivo* applications. **Medical & Biological Engineering & Computing**, v. 25, p. 620-626, 1987.

MILLER, P. D.; BONNICK, S. L. Clinical application of bone densitometry. In: FAVUS, M. J. **Primer on Metabolic bone disease and disorders of mineral metabolism**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1999. p. 152-159.

MUNDY, G. R. Bone remodeling. In: FAVUS, M. J. **Primer on Metabolic bone disease and disorders of mineral metabolism**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1999. p. 30-38.

MURAMOTO, C. **Estabelecimento de valores de densidade mineral óssea (DMO) das regiões metafisária e diafisária do rádio em cães da raça Poodle por meio da Densidade Óptica Radiográfica**. 2003. 125 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

O'CALLANGHAN, M. W. A brief look at new technologies and their potential application to equine diagnosis. **Veterinary Clinics of North America Equine Practice**, v. 7, n. 2, p. 467-469, 1991.

OLSON, P. N.; JOHNSTON, S. D. New developments in small animal population control. **Journal of American Veterinary Medical Association**, v. 202, n. 6, p. 904-909, 1993.

OWEN, M. Measurement of the variations in calcification in normal rabbit bone. **The Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 38B, n. 3, p. 762-769, 1956.

PARRA, A. I. R. Estrógenos y homeostasis osea. **Revista Colombiana de Menopausa**. v. 3, n. 3, 2001. Disponível em: <URL: <http://www.encolombia.com/meno33-estrogenos.htm>> Acesso em: 2001.

PEARSON, H. The complications of ovariohysterectomy in the bitch. **Journal of Small Animal Practice**, v. 14, p. 257-266, 1973.

PRADO FILHO, J. R. C. **Avaliação da densidade óssea em potros da raça Puro Sangue Inglês em início de treinamento**. 2001. 43 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

PRIDIE, R. B. The diagnosis of senile osteoporosis using a new bone density index. **British Journal of Radiology**, v. 40, p. 191-197, 1989.

QUARLES, L. D.; LYDES, K. W. Spinal and femoral bone density in the Beagle: use of dual energy x-ray absorptiometry to assess experimental osseous disorders. **Hologic Technical Paper**, v. 1, n. 3, p. 1-4, 1992.

RAHAL, S. C.; MORTARI, A. C.; CAPORALI, E. H. G.; VULCANO, L. C.; SANTOS, F. A. M.; TAKAHIRA, R. K.; CROCCI, A. J. Densitometria óptica radiográfica na avaliação do hiperparatireoidismo secundário nutricional induzido em gatos jovens. **Ciência Rural**, v. 32, n. 3, p. 421-425, 2002.

SALMERI, K. R.; OLSON, P. N.; BLOOMBERG, M. S. Elective gonadectomy in dogs: a review. **Journal of American Veterinary Medical Association**, v. 198, n. 7, p. 1183-1192, 1991.

SALMERI, K. R.; BLOOMBERG, M. S.; SCRUGGS, S.L., SHILE, V. Gonadectomy in immature dogs: effects on skeletal, physical and behavioral development. **Journal of American Veterinary Medical Association**, v. 198, n. 7, p. 1193-1203, 1991.

SANTOS, F. A. M. **Determinação dos valores normais da densidade mineral óssea (DMO) da extremidade distal do rádio-ulna em gatos, por meio da técnica de densitometria óptica em imagens radiográficas: correlação entre peso, sexo, idade.** 2002. 54 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

SCHMIDT, C. **Efeito comparativo na densidade óssea, perfil lipoprotéico, perfil hematológico e peso corporal de fêmeas caninas ovariectomizadas e submetidas a reposição estrogênica.** 2001. 180 p. Tese, (Doutorado) — Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

SHERDING, R.G., **The Cat: diseases and clinical management.** 2.e d. Philadelphia: WB Saunders, 1994. v.2, cap 53.

SHORES, A. Diagnostic imaging. **The Veterinary Clinics of North America Small Animal Practice**, v. 23, n. 2, p. 11-15, 1993.

SMITHCORS, J. F. **Evolution of veterinary art.** Kansas city: Veterinary Medicine Publishing Co, p. 54-57, 1957.

SMYTHE, R. H. The spaying of bitches. **The Veterinary Record**, v. 9, p. 501, 1968.

SNOW, G. R.; COOK, M. A.; ANDERSON, C. Oophorectomy and cortical bone remodeling in the beagle. **Calcified Tissue International**, v. 36, p. 586-590, 1984.

SOARES, J. A. G.; SILVA, P. A. R. Castração precoce em cães e gatos. **Clínica Veterinária**, v. 13, p. 34-40, 1998.

SOYKA, L.A.; FAIRFIELD, W. P.; KLIBANSKI, A. Hormonal determinants and disorders of peak bone mass in children. **The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v. 85, n.11, p. 3951-3963, 2000.

SPEROFF, L.; ROWAN, J.; SYMONS, J.; GENANT, H.; WILBORN, W. The comparative effect on bone density, endometrium and lipids of continuous hormones as replacement therapy. **Journal American Medical Association**, v. 6, p. 1397-1403, 1996.

STERMAN, F. A. **Avaliação da densidade óssea de eqüinos atletas destinados ao Enduro Eqüestre**. 137 p. 2002. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

STOLIKER, H. E.; DUNLAP, H. L.; KRONFELD, D. S. Bone mineral measurement by photon densitometry in racing sled dogs and its relationships to body weight, sex and bone fractures. **Veterinary Medicine Small Animal Clinician**, v. 6, n. 3, p. 1545-1550, 1976.

TALBOTT, S. M.; CIFUENTES, M.; DUNN, M. G.; SHAPSES, S. A. Energy restriction reduces bone density and biomechanical properties in aged female rats. **Journal of Nutrition**, n. 131, p. 2382-2387, 2001.

TICER, J. W. **Radiographic technique in small animal practice**. Philadelphia: WB Saunders, 1975, 101 p.

VANDERSCHUEREN, D.; VANDENPUT, L.; BOONEN, S.; LINDBERG, M. K.; BOUILLON, R.; OHLSSON, C. Androgens and bone. **Endocrine Reviews**, v. 25, n. 3, p. 389-425, 2004.

VOGEL, J. M.; ANDERSON, J. T. Rectilinear transmission scanning of irregular bones for quantification of mineral content.. **Journal of nuclear medicine**, v. 13, n. 1, p. 181-183, 1971.

VULCANO, L. C.; CIARLINI, L. D. R. P.; LOUZADA, M. J. Q.; CALDAS, E. L. C. Valores normais da densidade óssea do carpo ulnar em potros em crescimento da raça Quaro de Milha através da densitometria óptica radiográfica. **A Hora Veterinária**, v. 17, n. 100, 1997.

WASSERMAN, R. H.; KALLFELZ, F. A.; LUST, G. Ossos, articulações e líquido sinovial. In: REECE, W. O.; SWENSON, M. J. **Dukes** - fisiologia dos animais domésticos. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996, p. 488-520.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Apresentação em formas de tabelas dos dados dos animais estudados

Tabela 11 – Identificação dos animais, descriminando raça, sexo (castrados ou inteiros), idade (em meses), peso (em quilos), idade em que foi castrado, tipo de alimentação e número de ninhadas

(continua)

Animal	Raça	Sexo	Idade	Peso	Idade castração	Alimentação	Ninhadas
1	srd	FC	48 m	3,5	3m	ração	1
2	srd	FC	58 m	5,05	5m	ração	
3	srd	FC	53 m	2,8	7m	ração	
4	srd	FC	57 m	3,25	4m	ração	
5	srd	MC	51 m	3,15	6m	ração	
6	srd	F	45 m	3,9		ração	
7	srd	MC	59 m	4,6	< 1 a	ração	
8	srd	FC	18 m	3,2	1a 6m	ração	
9	persa	FC	43 m	2,85	<1 ano	ração	
10	srd	MC	12 m	4,15	3m	ração	1
11	srd	FC	17 m	4,4	4m	ração	
12	srd	M	14 m	3,8		ração	
13	srd	FC	14 m	3,2	9m	ração	
14	srd	M	14 m	3,45		ração	
15	srd	M	21 m	3,8		ração	
16	srd	MC	15 m	3,95		ração	
17	srd	M	36 m	3,7		ração	
18	srd	MC	28 m	3,35	3m	ração	
19	srd	FC	17 m	3,05	5m	ração	
20	srd	FC	20 m	2,8	7m	ração	
21	persa	FC	31 m	3,95	7m	ração	
22	srd	FC	17 m	3,8	5m	ração	
23	srd	MC	14 m	4,6	3 m	ração	
24	siamês	F	53 m	5		ração	
25	siamês	FC	17 m	3,9	4m	ração	
26	srd	MC	20 m	5,1	7m	ração	
27	srd	FC	20 m	4,05	7m	ração	

Tabela 11 – Identificação dos animais, descriminando raça, sexo (castrados ou inteiros), idade (em meses), peso (em quilos), idade em que foi castrado, tipo de alimentação e número de ninhadas

(conclusão)

Animal	Raça	Sexo	Idade	Peso	Idade castração	Alimentação	Ninhadas
28	siamês	MC	14 m	4,4	5m	ração	
29	srd	FC	19 m	3,2	3m	ração	
30	persa	M	45 m	3,45		ração	
31	srd	MC	38 m	5,45	5m	ração	
32	siamês	M	24 m	4,3		ração	
33	srd	M	18 m	4,9		ração	
34	siamês	M	18 m	5,35		ração	
35	siamês	MC	30 m	4,4	6m	ração	
36	srd	MC	35 m	3,9	5m	ração	
37	srd	FC	15 m	4,35	3m	ração	
38	srd	M	12 m	3,75		ração	
39	siamês	M	12 m	4,5		ração	
40	srd	M	12 m	3,35		ração	
41	siamês	M	15 m	3,95		ração	
42	srd	M	24 m	3,05		ração	
43	srd	M	17 m	4,9		ração	
44	siamês	M	53 m	4,2		ração	
45	siamês	M	36 m	4,4		ração	
46	persa	F	60 m	2,9		ração	
47	siamês	F	12 m	2,4		ração	
48	siamês	F	12 m	3,3		ração	
49	srd	F	12 m	3,3		ração	
50	srd	F	18 m	2		ração	
51	srd	F	12 m	3		ração	
52	srd	F	12 m	3,4		ração	
53	srd	F	12 m	3,6		ração	
54	srd	F	24 m	2,7		ração	1
55	srd	F	19 m	2,75		ração	
56	srd	F	36 m	2,3		ração	1
57	srd	F	36 m	4,05		ração	1
58	siamês	F	48 m	2,5		ração	2
59	srd	F	48 m	4,4		ração	1

APÊNDICE B

Tabela 12 – Apresentação dos valores das três medidas de Densidade Óptica (DO1, DO2, DO3) da região metafisária e diafisária, da média destes valores(DO) e da Densidade Mineral Óssea (DMO =DO/2) do grupo de fêmeas castradas (FC)

	DO1	DO2	DO3	DO	(continua) DMO (DO/2)
FC1					
Metáfise	12,266	12,131	12,266	12,221	6,111
Diáfise	12,877	12,911	12,877	12,888	6,444
FC2					
Metáfise	10,707	10,788	10,788	10,761	5,380
Diáfise	10,949	10,909	10,869	10,909	5,455
FC3					
Metáfise	12,677	12,755	12,877	12,770	6,385
Diáfise	13,166	13,122	13,122	13,137	6,568
FC4					
Metáfise	11,859	11,899	11,899	11,885	5,943
Diáfise	9,677	9,844	9,844	9,788	4,894
FC5					
Metáfise	9,677	9,844	9,711	9,744	4,872
Diáfise	10,707	10,626	10,576	10,636	5,318
FC6					
Metáfise	11,859	11,859	11,646	11,788	5,894
Diáfise	12,877	12,877	12,877	12,877	6,439
FC7					
Metáfise	13,366	13,366	13,366	13,366	6,683
Diáfise	13,733	13,777	13,733	13,748	6,874
FC8					
Metáfise	11,071	11,030	10,949	11,017	5,508
Diáfise	10,414	10,374	10,374	10,387	5,194
FC9					
Metáfise	13,011	13,166	13,044	13,074	6,537
Diáfise	13,688	13,688	13,688	13,688	6,844
FC10					
Metáfise	11,121	11,152	11,232	11,168	5,584
Diáfise	12,644	12,533	12,533	12,570	6,285

Tabela 12 – Apresentação dos valores das três medidas de Densidade Óptica (DO1, DO2, DO3) da região metafisária e diafisária, da média destes valores(DO) e da Densidade Mineral Óssea ($DMO = DO/2$) do grupo de fêmeas castradas (FC)

	DO1	DO2	DO3	DO	(conclusão) DMO (DO/2)
FC11					
Metáfise	13,770	13,811	13,730	13,770	6,885
Diáfise	17,311	14,220	14,270	15,267	7,634
FC12					
Metáfise	11,800	11,855	11,800	11,818	5,909
Diáfise	12,344	12,388	12,300	12,344	6,172
FC13					
Metáfise	11,727	11,979	11,979	11,895	5,948
Diáfise	13,577	13,530	13,577	13,561	6,781
FC14					
Metáfise	13,200	13,320	13,244	13,255	6,627
Diáfise	13,655	13,611	13,611	13,626	6,813
FC15					
Metáfise	6,140	6,311	6,230	6,227	3,114
Diáfise	7,588	7,622	7,588	7,599	3,800
FC16					
Metáfise	12,910	12,919	12,919	12,916	6,458
Diáfise	13,244	13,288	13,162	13,231	6,616

APÊNDICE C

Tabela 13 – Apresentação dos valores das três medidas de Densidade Óptica (DO1, DO2, DO3) da região metafisária e diafisária, da média destes valores(DO) e da Densidade Mineral Óssea (DMO =DO/2) do grupo de machos inteiros (M)

(continua)

	DO1	DO2	DO3	DO	DMO (DO/2)
M1					
Metáfise	12,212	12,266	12,266	12,248	6,124
Diáfise	12,677	12,622	12,622	12,640	6,320
M2					
Metáfise	11,859	11,899	11,859	11,872	5,936
Diáfise	12,677	12,622	12,677	12,659	6,329
M3					
Metáfise	9,888	10,293	10,162	10,114	5,057
Diáfise	10,909	10,949	10,990	10,949	5,475
M4					
Metáfise	12,131	12,051	12,172	12,118	6,059
Diáfise	12,344	12,422	12,422	12,396	6,198
M5					
Metáfise	11,980	12,010	11,939	11,976	5,988
Diáfise	11,980	11,808	11,859	11,882	5,941
M6					
Metáfise	11,071	11,071	11,071	11,071	5,535
Diáfise	11,488	11,566	11,488	11,514	5,757
M7					
Metáfise	12,677	12,677	12,677	12,677	6,339
Diáfise	13,088	13,088	13,088	13,088	6,544
M8					
Metáfise	11,152	11,030	11,071	11,084	5,542
Diáfise	12,384	12,384	12,384	12,384	6,192
M9					
Metáfise	13,122	13,088	13,044	13,085	6,542
Diáfise	13,866	13,866	13,866	13,866	6,933
M10					
Metáfise	10,411	10,411	10,333	10,385	5,193
Diáfise	10,988	10,988	10,866	10,947	5,474
M11					
Metáfise	8,520	8,480	8,440	8,480	4,240
Diáfise	9,710	9,710	9,630	9,683	4,842

Tabela 13 – Apresentação dos valores das três medidas de Densidade Óptica (DO1, DO2, DO3) da região metafísica e diafisária, da média destes valores(DO) e da Densidade Mineral Óssea ($DMO = DO/2$) do grupo de machos inteiros (M)

(conclusão)					
	DO1	DO2	DO3	DO	DMO (DO/2)
M12					
Metáfise	12,011	11,933	11,933	11,959	5,980
Diáfise	12,099	12,011	12,055	12,055	6,028
M13					
Metáfise	9,888	9,844	9,888	9,873	4,937
Diáfise	11,644	11,600	11,644	11,629	5,815
M14					
Metáfise	11,077	11,077	11,077	11,077	5,539
Diáfise	11,644	11,644	11,688	11,659	5,829
M15					
Metáfise	10,411	10,455	10,411	10,426	5,213
Diáfise	12,388	12,344	12,344	12,359	6,179
M16					
Metáfise	11,233	11,199	11,199	11,210	5,605
Diáfise	12,344	12,344	12,211	12,300	6,150

APÊNDICE D

Tabela 14 – Apresentação dos valores das três medidas de Densidade Óptica (DO1 DO2, DO3) da região metafisária e diafisária, da média destes valores, (DO) e da Desdidade Mineral Óssea (DMO =DO/2) do grupo de fêmeas inteiras (F)

	DO1	DO2	DO3	DO	DMO (DO/2)
(continua)					
F1					
Metáfise	10,000	10,040	10,040	10,027	5,013
Diáfise	11,485	11,394	11,444	11,441	5,721
F2					
Metáfise	12,999	12,999	12,999	12,999	6,500
Diáfise	10,8282	10,8282	10,8686	10,842	5,421
F3					
Metáfise	12,755	12,677	12,711	12,714	6,357
Diáfise	13,733	13,733	13,699	13,722	6,861
F4					
Metáfise	13,4	13,455	13,4	13,418	6,709
Diáfise	13,044	13,044	13,088	13,059	6,529
F5					
Metáfise	11,688	11,855	11,808	11,784	5,892
Diáfise	12,711	12,755	12,838	12,768	6,384
F6					
Metáfise	13,122	13,166	13,166	13,151	6,576
Diáfise	13,455	13,4	13,499	13,451	6,726
F7					
Metáfise	12,133	12,1	12,133	12,122	6,061
Diáfise	12,422	12,388	12,388	12,399	6,200
F8					
Metáfise	12,344	12,211	12,133	12,229	6,115
Diáfise	12,588	12,588	12,588	12,588	6,294
F9					
Metáfise	12,266	12,133	12,266	12,222	6,111
Diáfise	12,388	12,344	12,544	12,425	6,213
F10					
Metáfise	13,244	13,200	13,244	13,229	6,615
Diáfise	13,988	13,988	13,944	13,973	6,987

Tabela 14 – Apresentação dos valores das três medidas de Densidade Óptica (DO1 DO2, DO3) da região metafisária e diafisária, da média destes valores, (DO) e da Desdidade Mineral Óssea (DMO =DO/2) do grupo de fêmeas inteiras (F)

	DO1	DO2	DO3	DO	DMO (DO/2)
(conclusão)					
F11					
Metáfise	9,740	9,630	9,740	9,703	4,852
Diáfise	9,077	9,044	9,000	9,040	4,520
F12					
Metáfise	12,422	12,466	12,422	12,437	6,218
Diáfise	12,833	12,877	12,799	12,836	6,418
F13					
Metáfise	13,166	13,122	13,122	13,137	6,568
Diáfise	14,311	14,355	14,277	14,314	7,157
F14					
Metáfise	12,300	12,344	12,344	12,329	6,165
Diáfise	12,833	12,877	12,877	12,862	6,431
F15					
Metáfise	11,606	11,566	11,566	11,579	5,790
Diáfise	12,833	12,877	12,833	12,848	6,424
F16					
Metáfise	11,722	11,722	11,722	11,722	5,861
Diáfise	12,833	12,833	12,755	12,807	6,404

APÊNDICE E

Tabela 15 – Apresentação dos valores das três medidas de Densidade Óptica (DO1, DO2, DO3) da região metafísica e diafisária, da média destes valores(DO) e da Densidade Mineral Óssea (DMO =DO/2) do grupo de machos castrados (MC)

	DO1	DO2	DO3	DO	DMO (DO/2)
MC1					
Metáfise	12,172	12,172	12,172	12,172	6,086
Diáfise	12,466	12,466	12,422	12,451	6,226
MC2					
Metáfise	12,300	12,212	12,172	12,228	6,114
Diáfise	12,212	12,212	12,212	12,212	6,106
MC3					
Metáfise	12,172	12,266	12,300	12,246	6,123
Diáfise	12,711	12,711	12,677	12,700	6,350
MC4					
Metáfise	11,899	11,808	11,859	11,855	5,928
Diáfise	12,010	12,051	12,051	12,037	6,019
MC5					
Metáfise	11,485	11,525	11,485	11,498	5,749
Diáfise	12,303	12,263	12,263	12,276	6,138
MC6					
Metáfise	11,485	11,566	11,566	11,539	5,769
Diáfise	8,933	8,933	8,890	8,919	4,459
MC7					
Metáfise	12,919	12,919	12,879	12,906	6,453
Diáfise	13,322	13,322	13,322	13,322	6,661
MC8					
Metáfise	12,505	12,545	12,586	12,545	6,273
Diáfise	13,400	13,400	13,400	13,400	6,700
MC9					
Metáfise	13,162	13,121	13,162	13,148	6,574
Diáfise	12,879	12,919	12,838	12,879	6,439
MC10					
Metáfise	12,011	12,011	11,977	12,000	6,000
Diáfise	12,911	12,877	12,833	12,874	6,437
MC11					
Metáfise	13,655	13,611	13,577	13,614	6,807
Diáfise	14,511	14,477	14,477	14,488	7,244

APÊNDICE F

Tabela 16 – Valores de **p-valor** para fêmeas castradas (FC), machos inteiros (M) fêmeas inteiras (F) e machos castrados (MC), quando comparados em pares de dois pelo **método de Comparações Múltiplas de Tukey**

Densidade	FC	M	F
M	<0,001		
F	0,997	<0,001	
MC	0,494	0,004*	0,604