

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA**

**DENSIDADE MINERAL ÓSSEA EM CÃES DA RAÇA PASTOR ALEMÃO
SOB TREINAMENTO FÍSICO**

MILTON LUÍS RIBEIRO DE OLIVEIRA

**Botucatu – SP
2007**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA**

**DENSIDADE MINERAL ÓSSEA EM CÃES DA RAÇA PASTOR ALEMÃO
SOB TREINAMENTO FÍSICO**

MILTON LUÍS RIBEIRO DE OLIVEIRA

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

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Vulcano

Botucatu – SP

2007

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

Oliveira, Milton Luiz Ribeiro de.

Densidade mineral óssea em cães da raça pastor alemão sob treinamento físico / Milton Luís Ribeiro de Oliveira. – Botucatu [s.n.], 2007.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2007.

Orientador: Luiz Carlos Vulcano

Assunto CAPES: 50501038

1. Cão - Densitometria 2. Radiologia veterinária

CDD 636.70896075

Palavras-chave: Cão; Densitometria óptica; Densidade mineral óssea

**“Feliz aquele que transfere o que
sabe e aprende o que ensina “**

Cora Coralina
poeta goiana (1889 – 1995)

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Luiz Carlos Vulcano.

À Universidade Estadual Paulista - FMVZ, Campus de Botucatu, SP.

À Universidade Estadual de Londrina, PR.

À Polícia Militar do Estado de São Paulo, por meio do 10º BPM/I (Piracicaba), 4º BPM/I (Bauru), 27º BPM/I (Jaú), 3º Batalhão de Choque e Departamento de Veterinária da PMESP (São Paulo).

Aos professores Sheila Canavese Rahal, Jaqueline Mamprim, Vânia Maria de Vasconcelos Machado, Lucy Marie Ribeiro Muniz, Janes Regina Messias Gonzalez e Adalberto José Crocci.

Aos meus pais e amigos.

Aos amigos e jornalistas Rodrigo Neppel e Herika Fondazzi.

Ao ex-residente da Radiologia Veterinária da FMVZ-Unesp, Botucatu, Alexandre Luiz da Costa Bicudo.

RESUMO

OLIVEIRA, M.L.R.; VULCANO, L. C.; CROCCI, A. J. Densidade Mineral Óssea em Cães da Raça Pastor Alemão Sob Treinamento Físico.

A medida da densidade mineral óssea (DMO) auxilia pesquisas sobre o crescimento de animais jovens ou com alterações metabólicas, bem como o acompanhamento da evolução do tecido ósseo em animais idosos e naqueles submetidos a treinamento físico. Dessa forma, faz-se necessário o aprimoramento de técnicas densitométricas precisas e de baixo custo que se adaptem às condições brasileiras e de outros países em desenvolvimento. O presente estudo teve por objetivo avaliar a densidade mineral óssea em cães da raça pastor alemão, machos e fêmeas, em diferentes faixas etárias e peso, submetidos a treinamento físico intenso, sob as mesmas condições de manejo. Para determinação DMO foi utilizada a técnica de densitometria óptica em imagem radiográfica da extremidade distal do rádio-ulna de 68 cães da raça pastor alemão pertencentes à Polícia Militar do Estado de São Paulo. Para medida de densidade mineral óssea, utilizou-se um programa computacional que analisou a densidade óptica das radiografias, tendo como referência densitométrica uma escala de alumínio (penetrômetro). Observou-se aumento da densidade mineral óssea com aumento do peso corporal e DMO maior nos animais mais velhos. Não houve diferença significativa da DMO entre machos e fêmeas. Não apresentaram interação entre DMO, sexo e idade; DMO, sexo e peso; e DMO, idade e peso.

Palavras-chave: Cães, Densidade mineral óssea, Densitometria óptica.

ABSTRACT

OLIVEIRA, M.L.R.; VULCANO, L. C.; CROCCI, A. J. Bone Mineral Density in German Shepherd Dogs Under Physical Training.

Measures of bone mineral density (BMD) allows scientific investigation on young growing dogs, canine patients suffering from metabolic diseases, age related conditions and effects of physical training. Development of accurate and low-cost densitometrical techniques in Brazil and some others developing countries are necessary. The goal of the present study is to evaluate bone mineral density by optical densitometry in radiographic films from 68 german shepherd dogs, males and females, of different ages and body weights, submitted to intense physical training under the same conditions. These dogs belong to the military force of the State of São Paulo. In order to determine BMD, optical densitometry was applied on radiographic images of the radius-ulna distal extremity and a computer software was used to analyze the optical density having a aluminium scale (penetrometer) as densitometrical reference. An increase of BMD was observed with increasing age and body weight. There was no significant difference in BMD between males and females. There was no interaction among BMD, sex and age; BMD sex and weight and BMD age and weight.

Keywords: Dogs, Bone mineral density, Optical densitometry.

SUMÁRIO

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2	REVISÃO DA LITERATURA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3	MATERIAL E MÉTODO.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.1	ANIMAIS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.2	TÉCNICA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.3	ESTATÍSTICA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4	RESULTADOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.1	PESO.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.2	IDADE	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.3	SEXO.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.4	ANÁLISE DESCRITIVA.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.5	INTERAÇÃO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5	DISCUSSÃO.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.1	PESO E DMO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.2	IDADE E DMO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.3	SEXO E DMO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.4	INTERAÇÃO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
6	CONCLUSÕES.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
8	APÊNDICE.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

1 INTRODUÇÃO

Com a maior longevidade dos animais de companhia, devido aos melhoramentos genético, nutricional e sanitário, fez-se necessário o desenvolvimento de técnicas que possibilitassem melhor avaliação da estrutura óssea. A densidade óssea é parâmetro biofísico de grande importância experimental e clínica, podendo auxiliar o profissional da saúde a compreender e avaliar o processo de mineralização óssea (LOUZADA et al., 1997).

A osteoporose é uma doença caracterizada pela perda da massa óssea e pela deterioração da estrutura óssea. A mensuração da densidade mineral óssea (DMO) é o método mais usado no diagnóstico da osteoporose (WILKIE et al., 2004)

Estudos recentes têm demonstrado a importância da densitometria óssea como ferramenta clínica, auxiliando a instituição de terapias apropriadas em pacientes com perda da massa óssea (SARTORIS, 1994).

A mensuração da densidade mineral óssea exerce grande importância no diagnóstico inicial e prematuro da osteoporose, assim como na determinação de terapias mais eficazes. A disponibilidade de um serviço densitométrico nas mais diversas localidades permite a utilização de tratamentos baseados nos exames de avaliação de densidade óssea, reduzindo, dessa forma, o uso de terapias preventivas empíricas (LESLIE et al., 2005).

As radiografias convencionais não têm sensibilidade suficiente para permitir o diagnóstico de perda óssea, além de não possibilitarem a quantificação da perda. Vários estudos demonstram que perdas ósseas de 30% a 50% devem ocorrer antes que as alterações sejam detectadas visualmente (MIRSKY e EINHORN, 1998). Devido ao alto custo, os “scans” de absorção de raios-X de dupla energia (DXA) não estão disponíveis em muitos centros com recursos limitados. Hernandez-Vaquero et al. (2005), determinaram que a densitometria óptica (medição através de radiografias simples) pode ser usada como uma alternativa à DXA. Os sistemas de análise digital são 20 vezes mais precisos que o olho humano (BOULD et al., 1999) e

aumentam a acurácia e a reprodutibilidade das medições por radiografias simples.

Existem vários métodos para mensuração da densidade mineral óssea, entre eles: mensuração radiográfica, absorção direta por fótons únicos ou duplos – SPA e DPA (FAULKNER et al., 1991; GENANT et al., 1991), análise de ativação por nêutrons, absorção de raios-X de dupla energias (DXA), tomografia computadorizada, fotodensitometria radiográfica, ultra-sonografia (O'CALLAGHAN, 1991) e densitometria óptica em imagens radiográficas (LOUZADA, 1994). A técnica de densitometria óptica em imagens radiográficas, dentre os métodos citados, é a que permite uma avaliação de fácil execução, precisa e de menor custo (VULCANO, 2001).

A densidade mineral do osso trabecular é diretamente relacionada às propriedades mecânicas e à qualidade do osso. O estudo radiográfico não é suficientemente preciso para permitir a avaliação da perda óssea com o passar do tempo. As radiografias só revelam grandes quantidades de perda da massa óssea. Já os estudos densitométricos convencionais permitem a quantificação da perda óssea (ROBERTSON et al., 1994). No entanto, aparelhos de densitometria, como o que utiliza a técnica de DXA, não podem ser utilizados em muitas localidades devido à infra-estrutura necessária e ao alto custo dessa técnica (HERNADEZ-VAQUERO et al., 2005).

Além da análise qualitativa dos ossos, normalmente por meio de exames clínicos e radiológicos, é interessante que sejam realizadas avaliações quantitativas. Uma das técnicas atualmente empregadas é a tomografia computadorizada. Entretanto, poucos são os centros veterinários que dispõem desse recurso, certamente devido à relação custo/benefício. Dessa maneira, há necessidade de se buscar novas técnicas e metodologias mais acessíveis. Com os recursos da informática (computadores, scanners e softwares), análises qualitativas e quantitativas têm se tornado mais viáveis (LOUZADA et al., 2001).

A densitometria em imagens radiográficas é uma técnica bastante antiga que vem ressurgindo no cenário científico graças aos avanços computacionais. Louzada et al. (1998)a desenvolveram metodologia que possibilita avaliar densidades de radiografias convencionais. Em estudo posterior, Louzada et al. (1998)b demonstraram a praticidade, a precisão e a sensibilidade dessa

metodologia ao avaliarem a densidade óssea de tíbias de cães com processos de descalcificação.

A medida da densidade mineral óssea auxilia pesquisas sobre o crescimento de animais jovens ou com alterações metabólicas bem como o acompanhamento da evolução do tecido ósseo em animais idosos e naqueles submetidos a treinamento físico ou com osteopenia por desuso. Dessa forma, faz-se necessário o aprimoramento de técnicas densitométricas precisas e de baixo custo, que se adaptem às condições brasileiras e de outros países em desenvolvimento. O presente estudo teve por objetivo avaliar a densidade mineral óssea, pela densitometria óptica em imagem radiográfica, em cães da raça pastor alemão, machos e fêmeas, com diferentes faixas etárias e peso, submetidos a treinamento físico intenso, sob as mesmas condições de manejo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A densidade mineral óssea é definida como a concentração de minerais por unidade de volume de osso, correlacionando as propriedades materiais do osso com suas características histológicas. Os minerais estão incrustados na matriz orgânica do osso fornecendo ao esqueleto a sua dureza e rigidez (McCLURE et al., 2001).

As radiografias têm sido usadas para quantificar o conteúdo mineral ósseo dos animais vivos. No entanto, as radiografias são pouco precisas na detecção de mudanças no conteúdo mineral ósseo inferiores a 30%. Alterações tênues na mineralização, como as causadas pela gestação ou lactação, necessitam de técnicas mais apuradas para sua identificação (GARTON et al., 1994; LAUTEN et al., 2001).

Segundo McClure (2001), técnicas eficazes de densitometria óssea em humanos têm permitido aos pesquisadores identificar os fatores de riscos associados à osteoporose e fornecer um mecanismo para avaliação preventiva e de terapias. Uma tecnologia precisa, não-invasiva, possibilita a repetibilidade da medida de densidade mineral óssea permitindo, dessa forma, a realização de estudos relacionando os efeitos de uma dieta, de medicamentos, exercícios ou outras variáveis que possam alterar a densidade mineral óssea.

Vários são os métodos para determinação da densidade mineral óssea. Dentre eles: a própria mensuração radiográfica, a absorção direta por fótons únicos ou duplos (SPA e DPA) (FAULKNER et al., 1991 e GENANT et al., 1991), a análise de ativação por nêutrons, a densitometria duo-energética através de raios-X (DXA), a tomografia computadorizada, a fotodensitometria radiográfica, a ultra-sonografia (O'CALLAGHAN, 1991) e a densitometria óptica por imagem radiográfica (LOUZADA, 1994).

Antes da implantação dos métodos densitométricos não-invasivos, a determinação do conteúdo mineral ósseo era baseada na quantificação das cinzas (quantidade de cálcio), sendo necessária, portanto, a obtenção de peças ósseas mediante a eutanásia dos animais (ROZENBERG et al. 1994).

Keene et al. (2004), avaliando a correlação entre as mensurações químicas do conteúdo mineral e duas técnicas de densitometria (fotometria

radiográfica e absorção de raios-X duo-energéticos) em fêmeas bovinas, concluíram haver pouca correlação entre o conteúdo mineral estimado pelas técnicas de imagem e o estimado pela análise química das cinzas. A técnica não-invasiva de densitometria não foi suficientemente sensível na detecção de alterações do conteúdo mineral ósseo em vacas adultas.

A densidade e a massa mineral óssea podem ser avaliadas usando-se métodos não-invasivos, tais como a absorciometria por fóton único, absorciometria por fóton duplo e tomografia computadorizada quantitativa. O rádio é um local de medida padrão para os estudos de absorciometria de fóton único na maioria dos estudos em crianças, sendo preferível a utilização do meio da diáfise, uma vez que a mudança mineral óssea por milímetro é menor neste local e os erros são reduzidos (BARDEN e MAZESS, 1988).

Métodos não-invasivos de avaliação de consolidação de fraturas permitem avaliação mais precisa do tempo para remoção dos aparelhos de fixação, recomendações quantitativas de suporte de peso e prognóstico de padrões anormais de consolidação de fratura. As técnicas utilizadas para avaliação do osso íntegro e da consolidação de fraturas incluem métodos de frequência e impedância de ressonância, a mensuração da velocidade do som através do ultra-som, tomografia computadorizada de energia ultra-sônica, fotodensitometria radiográfica, tomografia computadorizada quantitativa (QCT), absorção de fóton único (SPA) e absorção de raios-X de dupla energia (DXA ou DEXA) (MARKEL e CHAO, 1993).

A tomografia computadorizada quantitativa (QCT) é capaz de avaliar o osso trabecular do esqueleto axial e apendicular, alcançando alta sensibilidade no diagnóstico de perdas ósseas relacionadas com a idade ou processos patológicos. No entanto, esse procedimento é caro e a dose de radiação empregada é 30 vezes maior que a utilizada na técnica de absorção de raios-X de dupla energia (DXA), na qual a fonte de irradiação é mais estável e há maior diferença entre os níveis de energia. A absorção de fótons de uma energia (SPA) surgiu nos anos 60 e foi o primeiro método prático não-invasivo de medida da densidade óssea, estando limitada a mensurar estruturas ósseas que estivessem imersas em água ou embebidas em materiais com as mesmas propriedades de absorção que as dos tecidos moles. A absorção de fótons de dupla energia (DPA) foi desenvolvida para superar algumas limitações da SPA.

A DPA pode avaliar estruturas ósseas que não estejam circundadas por uma espessura constante de tecidos moles como, por exemplo, a coluna lombar e o fêmur proximal. A DPA fornece ainda a composição corporal e mineral total do indivíduo, mas tem como desvantagem o longo tempo requerido para o exame (de 20 a 40 minutos). Para assegurar a precisão dos métodos não-invasivos de mensuração da DMO em animais, deve ser dada atenção ao posicionamento e à habilidade do operador em definir a mesma região de interesse, utilizando parâmetros anatômicos bem definidos. Esse é um dos requisitos essenciais para o sucesso da densitometria em animais (GRIER et al.,1996).

Markel et al. (1994), determinando as variações da densitometria mineral óssea nos ossos longos de cães pela técnica de absorção de raios-X duo-energéticos, enfatizaram a importância de um posicionamento preciso para prevenção de erros nos resultados da densidade mineral óssea. O estudo validou o conceito do uso do membro contralateral como controle das alterações ortopédicas, particularmente nas avaliações das propriedades densitométricas dos ossos longos.

A técnica de densitometria óptica em imagem radiográfica descrita por Louzada (1994) permite a análise seqüencial de variações da massa óssea de partes do esqueleto, além de ser um exame rápido, não-invasivo e relativamente barato (LOUZADA, 1997). A capacidade de detecção precoce de alterações no processo de recuperação normal ou anormal de lesões no tecido ósseo é de suma importância na utilização de técnicas não-invasivas de densitometria (MARKEL e BODGANSKE, 1994).

Conforme Lobel e Dubois (1973), a densitometria óptica radiográfica é um método de mensuração da densidade mineral óssea que determina a relação existente entre a quantidade de luz recebida por uma película sensível e a quantidade de sais de prata que se reduzirá por enegrecimento direto ou por revelador. Este método requer padronização precisa para que os valores obtidos apresentem variações mínimas (ANDERSON et al., 1966; DELAQUIERRE-RICHARDSON, 1982; SCHNEIDER, 1984).

Devido às características apresentadas pelo alumínio, como número atômico e gravidade específica semelhante ao tecido ósseo, esse metal é o material de escolha para confecção do penetrômetro padrão utilizado na

densitometria óptica por imagem radiográfica (KEANE et al., 1959; CAMERON et al., 1968).

A densitometria óptica radiográfica, de acordo com Melsen e Melsen (1976), é suficientemente sensível. Ao se relacionarem os valores obtidos em radiografias padronizadas com os das amostras obtidas pela análise quantitativa de osso cortical e esponjoso obteve-se erro de 1%.

A técnica de densitometria óptica em imagem radiográfica foi aplicada em estudos realizados por Louzada et al. (1976); Vulcano et al. (1998); Vulcano (2001); Guerra (2002); Leal (2002); Rahal et al. (2002); Santos (2002) e Brinholi (2004), que comprovaram que essa metodologia é precisa, confiável e de baixo custo.

Apesar de os cães serem utilizados há várias décadas em modelos experimentais para estudo do tecido ósseo, principalmente os da raça Beagle, por apresentarem um sistema Harvesiano similar ao do homem, registros da densidade óssea só foram encontrados a partir de 1966 (DELAQUIERRE-RICHARDSON et al., 1982).

As alterações no metabolismo ósseo são mais rapidamente observadas no osso esponjoso do que no osso cortical. Dessa forma, Keane et al. (1959) optaram por realizar seu estudo densitométrico na extremidade distal da ulna.

O esqueleto é formado por 80% de osso cortical e 20% de osso trabecular. O osso trabecular está localizado principalmente no esqueleto axial. Devido a sua grande superfície de área, o osso trabecular é metabolicamente mais ativo e mais sujeito às alterações, mas, fisiologicamente, a perda óssea afeta todo o esqueleto. Há, porém, diferenças nos padrões de perda óssea em locais distintos e, a perda óssea, ocorre em taxas diferentes, em locais diferentes, ainda que num mesmo osso. Esses padrões variam entre os indivíduos, e essas variações influenciam nos padrões de fraturas em diversas doenças e devem ser consideradas quando as medidas da densidade mineral óssea são interpretadas (WAHNER, 1984).

Ichikawa et al. (2000), avaliando as alterações no conteúdo mineral ósseo em cadelas lactantes da raça Beagle, pela técnica de DXA, determinaram que as alterações na densidade mineral óssea foram mais evidentes em locais com maior quantidade de osso trabecular.

Com o avançar da idade ocorre, na espécie humana, um determinado grau de perda de massa óssea. Pesquisas posteriores demonstraram que isso também pode ocorrer em outras espécies vertebradas, de roedores a espécies de animais de vida doméstica. Apesar dos padrões de perda óssea serem distintos entre as várias espécies, estudos em animais têm fornecido informações importantes para as causas da perda óssea em humanos, especialmente sobre os efeitos relacionados à nutrição e atividade física. Em vários aspectos, o osso do cão é um excelente modelo para estudo das mudanças ósseas relacionadas à idade na espécie humana. O esqueleto adulto de ambas as espécies contém fração similar de osso compacto (80%), tendo composição e características macroscópicas análogas, perda óssea mais rápidas nas fêmeas, e mostra resposta semelhante a fatores que influenciam o metabolismo ósseo como os hormônios, drogas e imobilização (DRAPER, 1994).

Os cães estão entre os animais experimentais mais utilizados nos estudos de metabolismo ósseo, seja para avaliar tratamentos para perda óssea ou restituição de massa óssea, seja para avaliar respostas a exercícios físicos. No entanto, é questionável o valor do cão como modelo animal apropriado para estudo da osteoporose. Principalmente porque o cão não desenvolve osteopenia significativa seguida à queda de estrógeno pós-ovariectomia. Ainda, o perfil endócrino canino é muito diferente do da mulher (GRIER et al., 1996). Schmidt et al. (2006) estudaram os efeitos da ovariosterectomia na densidade mineral óssea de cadelas e da reposição de estrógenos após a cirurgia, e determinaram que essa cirurgia diminui a densidade mineral óssea em cadelas púberes, a qual é preservada pela reposição estrogênica após a cirurgia.

A osteoporose tem sido definida como diminuição da massa óssea acompanhada por fraturas atraumáticas. Atualmente maior importância tem se dado na determinação da densidade mineral óssea de pacientes, com o intuito de identificar aqueles de alto risco no desenvolvimento de fraturas patológicas, antes que essas fraturas possam ocorrer. Dessa forma, a densitometria óssea torna-se cada vez mais importante (GENANT et al., 1991).

Turnlund e Margen (1979), em um experimento que produziu osteoporose em cobaias, utilizaram métodos de quantificação da massa óssea e concluíram que a densidade óptica dos raios-X, quando lida com auxílio de

um espectrofotômetro, tinha correlação altamente significativa com o conteúdo de cálcio e a matéria seca dos fêmures analisados.

O uso difundido de várias modalidades de análise do tecido ósseo levou a um novo conceito do termo osteopenia. Agrupou-se em várias osteopatias consideradas atualmente como “osteopatias desmineralizantes”. Com as mensurações da densitometria óssea, tanto precisão como alta sensibilidade podem ser atingidas, enquanto as radiografias convencionais provêm melhor visualização da arquitetura do osso. Com o uso de ambas as modalidades, as discrepâncias no diagnóstico final podem ser evitadas (KAINBERGER et al, 2003).

A densitometria óssea é uma técnica nova de uso restrito em pequenos animais. É mais utilizada na medicina esportiva eqüina que concentra a maior parte dos relatos publicados. O foco de interesse está relacionado à determinação do conteúdo mineral ósseo e ao remodelamento ósseo associados ao estresse ósseo contínuo, como o que ocorre no terceiro metacarpiano (NIELSEN et al., 1997; FIRTH et al., 1996). Meakin et al. (1981) e Jeffcott et al. (1986) também avaliaram a densidade mineral óssea do terceiro metacarpiano utilizando fotometria radiográfica e absorção de fóton único (SPA) respectivamente.

Scotti e Jeffcott (1988), num estudo “in vitro” da densidade mineral óssea do calcâneo de 15 eqüinos adultos, utilizando as técnicas de fotodensitometria radiográfica, absorção de fóton único, velocidade de transmissão de ultra-som e análise química, obtiveram dados relacionados ao conteúdo ósseo trabecular, cinzas, níveis de cálcio e fósforo. Os autores concluíram que dentre as variadas técnicas utilizadas para avaliação da densidade óssea, a velocidade de ultra-som não foi suficientemente sensível e precisa, a fotodensitometria radiográfica teve valor limitado e a absorção de fóton foi precisa e reprodutível.

A técnica de densitometria óptica radiográfica foi utilizada por Vulcano et al. (1997) em estudo piloto para determinar a densidade óssea do carpo ulnar em potros da raça Quarto de Milha.

A dieta e os exercícios físicos são dois fatores de manejo que afetam a densidade mineral e a resistência óssea. A densidade mineral óssea e o nível de cálcio podem ser afetados pela interrupção do fornecimento de cálcio na dieta por 12 semanas. Onze eqüinos da raça Árabe condicionados foram

retirados do treinamento e colocados em estábulos por 12 semanas. A densidade mineral óssea foi estimada pela técnica de densitometria óptica em imagem radiográfica do terceiro metacarpiano esquerdo utilizando-se um “phantom” de alumínio como padrão de referência. Os resultados sugeriram que uma dieta de cálcio duas vezes superior ao nível recomendado não previne a perda de densidade mineral óssea em resposta ao descondicionamento. A diminuição da DMO nas 12 semanas de confinamento pode fragilizar os ossos, aumentando os riscos de traumas esqueléticos quando o treinamento é restabelecido (PORR et al.,1998).

Nordstrom et al. (1998) avaliaram a influência dos diferentes tipos de atividade física na densidade mineral óssea de adolescentes, pela técnica de absorção de fótons duo-energéticos. Os autores concluíram que o tipo de atividade física com suporte de peso é importante na determinação da densidade mineral óssea, enquanto a área óssea é determinada por parâmetros relacionados ao tamanho corporal. Além disso, as atividades físicas, incluindo saltos em direções não usuais, têm um grande potencial osteogênico

Waite et al. (2000) determinaram a correlação entre a densidade mineral óptica, pela técnica de fotodensitometria radiográfica, e a resistência óssea da tíbia de perus. Ocorreu correlação positiva entre a densidade óptica e a resistência óssea da tíbia, e a fotodensitometria radiográfica foi considerada um meio não-invasivo efetivo na detecção de diferenças na resistência óssea em animais vivos.

Wenthworth et al. (1971) adaptaram a técnica de atenuação de um fóton monoenergético (SPA) para determinação do conteúdo mineral em cães submetidos a dietas com diferentes concentrações de cálcio. Stoliker et al. (1976) correlacionaram a densidade mineral óssea com vários fatores como a dieta, carga de peso crônica (ex. peso corporal), exercícios, idade, sexo e equilíbrio endócrino em cães de trenó.

A perda da massa óssea da tíbia de cães da raça Beagle, influenciada por idade, raça e peso, foi determinada por Martin et al. (1981). A morfometria radiográfica e a fotodensitometria foram utilizadas por Delaquierre-Richardson et al. (1982) para determinar o crescimento de fêmures e as alterações na atividade óssea relacionadas à idade em cães da raça Beagle. Observaram

que a densidade óptica do fêmur aumentava significativamente com a idade e o peso corporal.

Crovace et al. (1990, 1992) quantificaram as lesões associadas à necrose asséptica da cabeça do fêmur em cães, utilizando a densitometria por absorção de fótons.

A avaliação densitométrica e a adaptação assimétrica mecânica do quinto osso metacarpiano esquerdo em cães de corrida foram determinadas por Lipscomb et al. (2001).

Com o objetivo de quantificar as alterações ósseas produzidas pela osteonecrose em sete cães com necrose asséptica da cabeça do fêmur unilateral, foram realizadas radiografias convencionais e subsequente densitometria óssea pela técnica de absorção de raios-X duo-energéticos, em ambos os membros posteriores. Não foram observadas diferenças na densidade mineral óssea em ambas as regiões de interesse na população estudada, em relação a sexo, peso corporal e local avaliado, nem entre o membro afetado e o saudável. Provavelmente as áreas de densidade diminuída na epífise femoral proximal, observada nas radiografias durante os estágios crônicos da doença, não alterariam o conteúdo mineral global das regiões estudadas (ISOLA et al., 2005).

Martin et al. (1981), estimando a densidade mineral óssea da tíbia direita de 154 cães da raça Beagle de ambos os sexos, por meio da técnica de absorção de fótons, determinaram que os machos tinham peso corporal maior que as fêmeas, com o peso diminuindo nos animais mais velhos de ambos os sexos. Quando comparados com a mesma idade, os machos tinham maior conteúdo mineral ósseo que as fêmeas. Os machos e as fêmeas atingiram o pico de conteúdo mineral ao redor dos seis anos de idade que, após esta idade, declinava.

Jorch et al. (1982), efetuando medidas do conteúdo mineral ósseo na margem cranial da cabeça do fêmur de cães adultos da raça Beagle, observaram correlação positiva com o peso corporal e a idade.

Tiedman et al. (1990) avaliaram a consolidação de fraturas experimentais em cães através da fotodensitometria e concluíram que o método foi sensível para detecção de pequenas alterações do conteúdo mineral ósseo.

Gallo et al. (1996), ao utilizarem a densitometria óptica em imagem radiográfica para avaliar o desenvolvimento ósseo em felinos conforme o tipo de alimentação (filhotes e adultos), concluíram que a técnica foi sensível para determinar as alterações da densidade mineral óssea nos grupos e momentos estudados.

Vulcano et al. (1998), determinando os valores normais da densidade óssea na extremidade distal do rádio de cães da raça Rottweiler de ambos os sexos, por meio da densitometria óptica radiográfica, não encontraram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos estudados.

Com o propósito de estudar os efeitos da falência renal sobre o deslocamento dentário em um modelo experimental em ratos com insuficiência renal, Shirazi et al. (1999) mensuraram a densidade mineral óssea do crânio pela densitometria óptica em imagem radiográfica e dosaram os níveis séricos de hormônio paratireoidiano (PTH) através de radioimunoensaio. Apesar das alterações do metabolismo ósseo, os resultados da densitometria óptica não mostraram diferenças significativas entre as densidades ósseas dos animais testes e dos controles. Os autores concluíram que após quatro semanas da indução da insuficiência renal, a densidade mineral óssea não diminuiu suficientemente para ser detectada nos filmes radiográficos.

Lauten et al. (2000), utilizando a técnica de absorção de raios-X duo-energéticos na determinação da composição corporal, incluindo conteúdo mineral ósseo, em gatos domésticos de várias idades, concluíram que o conteúdo mineral ósseo variou com a fase de maturidade e o sexo. Os resultados desse estudo enfatizaram os benefícios da análise de cada componente corporal quando da avaliação dos efeitos da nutrição, processos patológicos ou intervenções terapêuticas.

Louzada et al (2001) determinaram e analisaram a densidade mineral óssea, por meio da densitometria óptica radiográfica, em mandíbulas de coelhos castrados de ambos os sexos. O objetivo foi verificar a diminuição da massa óssea causada pela diminuição da secreção de esteróides gonadais. Contudo, não foi constatada diferenças significativas entre sexo e entre os grupos teste e controle, apesar de a literatura apontar para uma diferenciação de densidade mineral óssea entre machos e fêmeas, e entre animais castrados e não castrados.

Lauten et al. (2001) determinaram os valores quantitativos para a composição corporal em cães clinicamente normais de várias raças utilizando a técnica de absorção de raios-X duo-energéticos (DXA), com o intuito de validar a precisão dessa tecnologia. Os testes revelaram diferenças entre a porcentagem de conteúdo mineral ósseo e os valores das cinzas. A composição corporal diferiu conforme o sexo, com maior densidade mineral óssea e maior massa magra nos machos.

Guerra (2002) induziu cirurgicamente fraturas em 24 animais e avaliou o processo de formação do calo ósseo no terço distal do rádio de cães de pequeno porte. Pela densitometria óptica em imagem radiográfica, foi observada densidade óssea maior no grupo de cães onde as perfurações foram realizadas nas bordas proximais e distais no sentido crânio caudal e médio lateral do foco de fratura, pois houve rapidez no processo de reparação óssea.

Rahal et al. (2002) concluíram que a densitometria óptica em imagem radiográfica foi um método eficiente para avaliação de desmineralização óssea em felinos submetidos à dieta composta de coração bovino moído e cru.

Leal (2002), utilizando a técnica de densitometria óptica em imagem radiográfica, determinou os valores de densidade mineral óssea da extremidade distal do rádio e ulna de 293 cães. O autor não encontrou diferença estatisticamente significativa entre machos e fêmeas, mas observou forte correlação entre peso e DMO.

Sotoca et al. (2003), mensurando a densidade mineral óssea dos ossos das mãos, através da densitometria óptica em imagem radiográfica com auxílio de uma escala de alumínio, concluíram que o método pode ser facilmente aplicado a grande parte da população e, quando comparado a outros métodos conhecidos de densitometria óssea, apresentou um alto grau de correlação.

Zotti et al. (2004), utilizando a técnica de absorção de raios-X duo-energéticos para obter valores de referência da densidade mineral óssea da coluna vertebral em relação à idade, sexo e peso corporal em cães da raça Boxer Italiano (três machos e cinco fêmeas) aos 7, 12 e 18 meses de idade, concluíram que a idade tem forte correlação ($P < 0,001$) com a densidade mineral e o efeito do sexo não foi significativo.

Schneider et al. (2004), examinando o conteúdo mineral ósseo em fêmures de cães jovens e adultos pela técnica de DXA e tomografia computadorizada quantitativa, observaram que os valores aumentavam com a idade dos animais jovens.

Brinholi (2004), determinando os valores da DMO da extremidade distal do rádio e ulna em cães de diferentes portes e idades, através da técnica de densitometria óptica em imagens radiográficas, observou forte correlação entre DMO e o peso dos animais estudados. No entanto, a DMO não foi influenciada significativamente pelo sexo nem pela idade dos animais.

Modelos animais têm sido amplamente utilizados para correlacionar alterações “in vivo” na densidade mineral óssea com alterações patológicas nos ossos. As radiografias convencionais foram superadas, em alguns casos, pelas técnicas de tomografia computadorizada quantitativa e absorção de raios-X duo-energéticos. No entanto, há alguns empecilhos no uso dos métodos computadorizados, principalmente em pequenos animais (HAIDEKER et al., 2004).

Hernandez-Vaquero et al. (2005) avaliaram a densitometria óptica como método de mensuração da densidade óssea paraprotética no joelho de 30 pacientes humanos com prótese, usando absorção por raios-x duo-energéticos (DXA) como teste de referência, e determinaram que a densitometria óptica pode ser utilizada em substituição ao DXA. Os autores concluíram que a interpretação quantitativa dos valores de densidade óptica com um sistema padronizado de mensuração em radiografias convencionais é um método confiável e eficaz de determinação da densidade mineral óssea.

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 Animais

Foram utilizados 68 cães da raça pastor alemão, intactos, sendo 48 machos e 20 fêmeas, pertencentes à Polícia Militar do Estado de São Paulo, locados nas cidades de Piracicaba, Bauru, Jaú e São Paulo.

Para a formação de três grupos de animais de acordo com peso e idade, foram divididos em indivíduos com até 30kg, de 30,1kg até 35kg, e maiores de 35kg, denominados P1, P2 e P3, respectivamente. Os grupos conforme as idades foram considerados animais com menos de dois anos, de dois a cinco anos, e maiores de cinco anos, denominados I1, I2 e I3 respectivamente.

Todos os animais estavam hígidos e em atividade física constante. O treinamento físico começa aos seis meses de idade. Dos seis aos 11 meses de idade é feito treino de obediência e resistência. Após os 11 meses de idade, além do treino de resistência, há o treinamento com obstáculos. Os treinamentos são realizados durante oito horas por dia em dias alternados.

O manejo alimentar foi o mesmo em todos os quartéis. É utilizada ração comercial para cães, composta por carne de aves desidratada, arroz quebrado, milho, gordura animal estabilizada, peixe hidrolisado, fígado de aves desidratado, polpa de beterraba, gordura de aves, levedura seca de cervejaria, óleo vegetal, ovo em pó, oligoelementos, oligoelementos quelados, taurina, sulfato de condroitina, cloreto de glicosamina e premix vitamínico mineral. A ração contém 26% de proteína bruta (mínimo), 16% de extrato etéreo (mínimo), 2,5% de matéria fibrosa (máximo), 5,8% de matéria mineral (máximo), 1,0% de cálcio (máximo) e 0,7% de fósforo (mínimo).

O projeto de pesquisa está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal (COBEA) e foi aprovado pela Câmara de Ética e Experimentação Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Unesp, Campus de Botucatu.

3.2 Técnica

Para realização da mensuração da densidade mineral óssea foi radiografada a região distal da diáfise do rádio e ulna do membro direito, em incidência craniocaudal. Foram utilizados filmes radiográficos¹ e chassis 24x30 cm equipados com écrans Terras-raras e acondicionados em um porta-chassis confeccionado em madeira compensada de espessura de 3mm. Paralelamente, e distante 3cm da região radiografada, foi posicionado, na região central dos chassis, um penetrômetro de alumínio² utilizado como referencial densitométrico. Esse penetrômetro constituiu-se de 20 degraus, o primeiro degrau com 0,5 mm de espessura, variando a seguir de 0,5mm em 0,5mm até o 20º degrau, cada degrau com área de 15x5 mm.

O aparelho de raios-X³ foi calibrado com distância foco-filme de 90cm; a kilovoltagem (kVp) padronizada em 47 kVp; e a miliamperagem/segundo (mAs) ajustada conforme o porte do animal. Para o processo de revelação e fixação, foi empregada processadora automática padrão⁴.

Posteriormente, as imagens radiográficas do rádio e da ulna e do penetrômetro foram digitalizadas, por meio de um Scanner HP ScanJet 6C⁵, com adaptador para transparência HP ScanJet 6C⁶. As imagens digitalizadas foram armazenadas no disco rígido do PC e em “compact disc – 700 MB”.

Utilizando-se um programa computacional⁷ (software) desenvolvido para determinação da densidade mineral óssea (DMO), foram feitas as leituras e análise da densidade óptica radiográfica. Selecionou-se, com auxílio do mouse, a extremidade distal do rádio e ulna do membro anterior direito, acima da linha metafisária, abrindo uma janela retangular cuja largura abrangia a cortical medial do rádio e a cortical lateral da ulna. A altura dessa janela foi padronizada como sendo a metade da largura da janela obtida. Em seguida foi feito um ajuste de largura para que os tecidos moles circundantes fossem adicionados à região analisada. O programa realizou então a leitura dos

¹ BRAF – Kodak Brasileira Com. e Ind. Ltda.

² Liga 6063 – ABNT (Brasil)

³ FNX – Distribuidora de Equipamentos Médicos Ltda - RJ

⁴ MACROTEC – Ind. E Com. de Equipamentos Ltda

⁵ Hewlett-Packard

⁶ Hewlett-Packard

⁷ CROMOX 3.1 Vet por ATHENA – SAI – Sistema de Inteligências Avançadas Com. Imp. Exp. Ltda – SJC – SP

valores da densidade mineral óssea da região determinada, pela comparação entre a densidade média da região distal do rádio e ulna e a densidade média do “phantom”, valores expressos em milímetros de alumínio (mmAl). Para cada animal foram realizadas três leituras consecutivas para obtenção de um valor médio de densidade e os dados obtidos submetidos à análise estatística.

3.3 Estatística

Os procedimentos estatísticos utilizados neste trabalho foram descritos por CURI (1988).

Para verificação dos efeitos dos fatores (peso, idade e sexo) na DMO utilizou-se análise de variância com cálculo de estatísticas F e P. As estatísticas calculadas foram consideradas significativas quando $P < 0,05$, onde P é a probabilidade de erroneamente concluir pela significância.

Foram efetuados estudos descritivos das variáveis sexo, idade e peso, calculando-se a média ($\bar{x}$), desvio padrão (s), coeficiente de variação (CV %), valores máximos (Max) e mínimos (Min), mediana (Md) e percentis (P_{25} e P_{75}) cujo intervalo incluiu 50% das observações.

Foram, ainda, calculados os coeficientes de correlação linear entre a DMO e sexo e idade, sexo e peso, e idade e peso.

4 RESULTADOS

As médias ($\bar{x}$), desvios padrão (s) e a análise estatística dos resultados obtidos das leituras da densidade mineral óssea em cães da raça pastor alemão submetidos a treinamento físico, conforme peso, idade e sexo, estão apresentadas nas Tabelas 1, 2 e 3, e nas Figuras 1, 2 e 3.

A análise descritiva e os coeficientes de correlação linear estão apresentados nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Os animais foram divididos em três grupos, levando-se em consideração o peso, sendo P1 (até 30kg), P2 (de 30,1kg até 35kg) e P3 (maiores de 35kg), e idade, com I1 (menores de dois anos), I2 (de dois a cinco anos) e I3 (maiores de cinco anos).

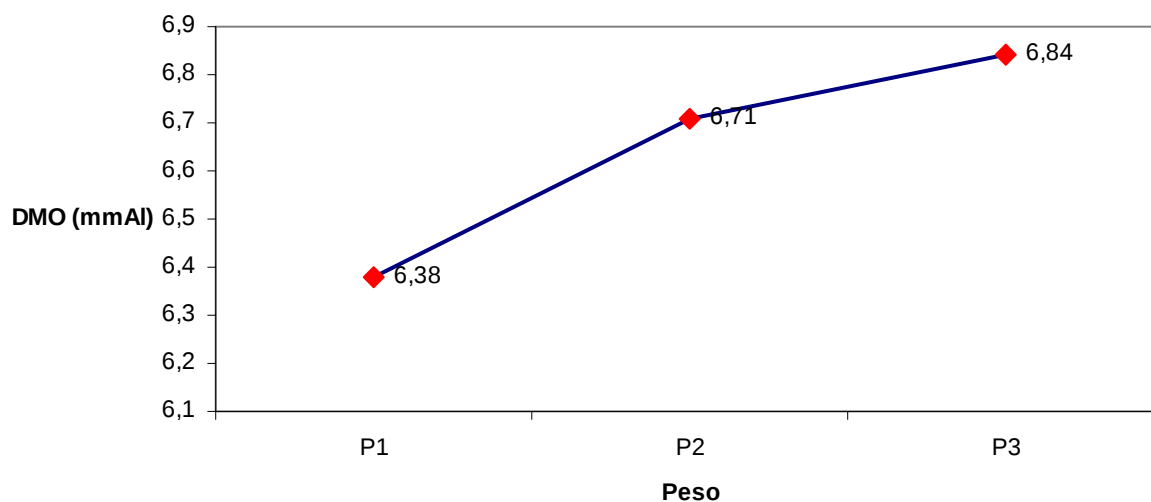
4.1 Peso

Tabela 1: Médias ($\bar{x}$) e desvios padrões (s) da densidade mineral óssea (DMO - mmAl) em cães da raça pastor alemão sob treinamento físico, considerando os grupos por faixa de peso.

Peso	DMO
P ₁ (n = 13)	6,38 ± 0,56 (a)
P ₂ (n = 30)	6,71 ± 0,57 (a,b)
P ₃ (n = 25)	6,84 ± 0,44 (b)
Estatística	P ₁ < P ₂ < P ₃ (P = 0,041)

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

Figura 1: Valores médios da densidade mineral óssea (DMO - mmAl) em cães da raça pastor alemão, considerando os grupos por faixa de peso.



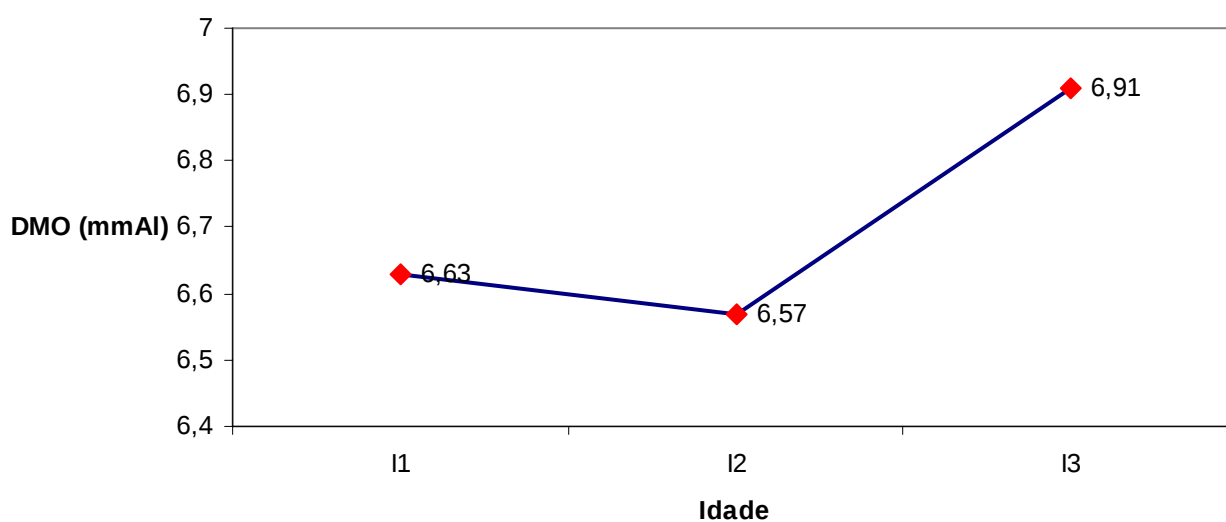
4.2 Idade

Tabela 2: Médias ($\bar{x}$) e desvios padrões (s) da densidade mineral óssea (DMO - mmAl) em cães da raça pastor alemão sob treinamento físico, considerando os grupos por faixa de idade.

Idade	DMO
I ₁ (n = 9)	6,63 ± 0,46 (a,b)
I ₂ (n = 35)	6,57 ± 0,63 (b)
I ₃ (n = 24)	6,91 ± 0,33 (a)
Estatística	F = 3,04 P = 0,05 I₁ = I₂ < I₃

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

Figura 2: Valores médios da densidade mineral óssea (DMO - mmAl) em cães da raça pastor alemão, considerando os grupos por faixa de idade.



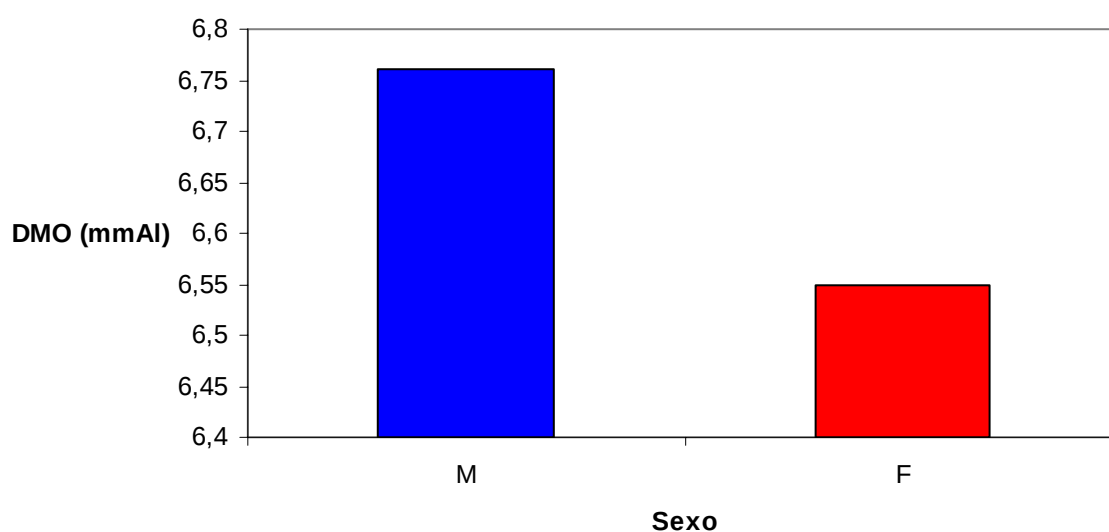
4.3 Sexo

Tabela 3: Médias ($\bar{x}$) e desvios padrões (s) da densidade mineral óssea (DMO - mmAl) em cães da raça pastor alemão, considerando o sexo.

Sexo	DMO
M (n = 48)	6,76 ± 0,46 (a)
F (n = 20)	6,55 ± 0,69 (a)
Estatística	M = F F = 2,23 P = 0,14

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

Figura 3: Valores médios da densidade mineral óssea (DMO - mmAl) em cães da raça pastor alemão, considerando o sexo.



4.4 Análise descritiva

Tabela 4: Valores da amostra (n), média ($\bar{x}$), desvios padrão (s), coeficientes de variação (CV%), valores máximos (Max) e mínimos (Min), mediana (Md) e percentis de cães da raça pastor alemão, sob treinamento físico, separados por sexo, idade e peso.

Variáveis	n	$\bar{x}$	s	CV (%)	Max.	Min.	Mediana	P ₂₅	P ₇₅
M	48	6,759	0,462	6,8	7,650	5,430	6,870	6,510	6,995
F	20	6,546	0,687	10,4	7,640	5,150	6,655	6,065	7,070
I1	9	6,629	0,465	7,0	7,210	5,790	6,760	6,315	6,952
I2	35	6,569	0,632	9,6	7,650	5,150	6,640	6,175	6,982
I3	24	6,907	0,339	4,9	7,570	6,100	6,910	6,790	7,060
P1	13	6,382	0,563	8,8	7,200	5,150	6,330	6,125	6,825
P2	30	6,709	0,566	8,4	7,640	5,480	6,870	6,300	7,060
P3	35	6,845	0,443	6,4	7,650	5,430	6,870	6,652	7,090

4.5 Interação

Tabela 5: Correlação linear entre Densidade Mineral Óssea (DMO), sexo e idade; DMO, sexo e peso; e DMO, idade e peso, de cães da raça pastor alemão, sob treinamento físico.

Variáveis	P
DMO x sexo x idade	0,573
DMO x sexo x peso	0,490
DMO x idade x peso	0,993

5 DISCUSSÃO

5.1 Peso e DMO

A análise entre os grupos evidenciou que os valores da DMO aumentaram com a elevação do peso corporal dos animais. Só ocorreu diferença estatisticamente significativa entre os animais mais pesados e os mais leves. Resultados similares foram encontrados por Martin et al. (1981), Jorch et al. (1982), Delaquierre-Richardson et al. (1982) e Santos (2002), que observaram o aumento da DMO nos animais mais pesados. Leal (2002) e Brinholi (2004), determinando os valores da DMO da extremidade distal do rádio e ulna em cães de diferentes portes e idades, por meio da técnica de densitometria óptica em imagens radiográficas, observaram forte correlação entre DMO e peso dos animais estudados. Isso se deve, provavelmente, à ação osteogênica ocorrida no esqueleto, decorrente do aumento do peso suportado (peso corporal) e conseqüente aumento da massa óssea, conforme Lipscomp et al. (2001).

Os estudos de Isola et al (2005), quantificando as alterações ósseas produzidas pela osteonecrose da cabeça do fêmur em cães, não evidenciaram diferenças na densidade mineral óssea em relação ao peso corporal e entre o membro afetado e o sadio na população estudada. Os autores propuseram que as áreas com densidade diminuída, verificadas nas radiografias da epífise femoral proximal durante os estágios crônicos da doença, não alteram o conteúdo mineral global da região escaneada. Tal discrepância com o presente trabalho com relação à DMO e peso, provavelmente se deve ao pequeno tamanho da amostra (sete cães) e pela diferente metodologia utilizadas por aqueles pesquisadores.

5.2 Idade e DMO

No presente estudo a DMO foi significativamente maior nos animais mais velhos (maiores de cinco anos). Martin et al. (1981), estimando a DMO da tíbia de cães da raça Beagle, determinaram que os animais atingiram o pico do conteúdo mineral ao redor dos seis anos de idade. Por sua vez, Lauten et al. (2000), nos estudos densitométricos de gatos domésticos de várias idades, determinaram que o conteúdo mineral ósseo nessa espécie também varia com a fase de maturidade. Esses achados se assemelham aos de Delaquierre-Richardson et al. (1982) que, ao determinarem o crescimento dos fêmures e as alterações na atividade óssea relacionada à idade em cães, observaram que a DMO aumentou significativamente com a idade dos animais. Jorch et al (1982), igualmente verificaram correlação positiva entre a DMO e a idade dos animais ao efetuarem medidas do conteúdo mineral na margem cranial da cabeça do fêmur de cães adultos.

Zotti et al. (2004), obtendo valores de referência da densidade mineral óssea da coluna vertebral em relação à idade, sexo e peso corporal em cães da raça Boxer Italiano, concluíram que a idade tem forte correlação com a densidade mineral óssea, apesar do reduzido tamanho da amostra utilizada pelos autores (oito cães).

Schneider et al. (2004), examinando o conteúdo mineral ósseo em fêmures de cães jovens e adultos pela técnica de DXA e tomografia computadorizada quantitativa, observaram que os valores aumentavam com a idade dos animais.

Em contrapartida, os estudos efetuados por Leal (2002) e Brinholi (2004), determinando a DMO na extremidade distal do rádio-ulna de cães de várias idades e de diferentes portes, não evidenciaram correlação significativa entre idade e DMO. Tal diferença em relação aos resultados do presente trabalho possivelmente se deve à variedade de raças e portes utilizados pelos referidos pesquisadores. Esta pesquisa foi realizada com raça única (pastor alemão) sob condições de manejo similares. Tal fato, possivelmente, torna as comparações da DMO biologicamente mais significativas.

5.3 Sexo e DMO

Na comparação entre os sexos, não houve diferença estatisticamente significativa entre machos e fêmeas para os valores da DMO ($P > 0,05$). Resultados similares foram encontrados com o uso da técnica de densitometria óptica em imagem radiográfica por Vulcano et al. (1988) quando, em estudo com cães da raça Rottweiler machos e fêmeas, não encontraram diferenças entre os grupos estudados. Adicionalmente, Leal (2002) e Brinholi (2004), utilizando a mesma técnica em cães machos e fêmeas de vários portes e idades, não observaram diferenças de DMO entre os sexos. Da mesma forma, Louzada et al. (2001), determinando a densidade mineral óssea, por meio da densitometria em imagem radiográfica, em coelhos castrados, machos e fêmeas, constataram não haver diferenças significativas entre os sexos.

Zotti et al. (2004), estudando os valores de referência da densidade mineral óssea da coluna vertebral de cães da raça Boxer Italiano, não observaram efeito do sexo sobre a densidade óssea.

Stoliker et al. (1976) relataram correlação entre os valores da DMO e o sexo em cães de trenó. Martin et al. (1981), estimando os valores da DMO em cães da raça Beagle, determinaram que os machos tinham maior conteúdo mineral ósseo do que as fêmeas. Também Lauten et al. (2000), em estudo com gatos domésticos, e Lauten et al. (2001), com cães clinicamente normais, observaram que a DMO diferiu conforme o sexo, com maior densidade mineral óssea nos machos. Resultados esses diferentes dos encontrados no presente estudo, provavelmente devido às diferenças entre as técnicas empregadas.

5.4 Interação

Não se observou interação significativa entre a DMO, sexo e idade; DMO, sexo e peso; e DMO, idade e peso. Resultados contrários aos obtidos por Leal et al. (2002), que detectaram valores menores da DMO nas fêmeas mais velhas, possivelmente devido à diminuição de estrógeno, levando à perda de massa óssea (BLAKE et al., 1997).

No entanto, Grier et al. (1996) questiona o valor do cão como modelo animal apropriado para estudo da osteoporose, principalmente devido à sua insuficiência em desenvolver osteopenia significativa seguida à queda de estrógeno pós-ovariectomia. Já Schmidt et al. (2006) observaram que a ovariosterectomia diminui a densidade mineral óssea em cadelas púberes e a reposição estrogênica foi capaz de preservá-la.

Os resultados encontrados no presente trabalho possivelmente se devem ao tipo de atividade física a que foram submetidos os animais, estimulando a formação de tecido ósseo, conforme referido por Porr et al. (1998) e Nordstrom et al. (1998). Além disso, o estudo mostrou-se biologicamente significativo, visto ter sido desenvolvido com raça única de cães, sob condições similares de manejo, o que acarretou diminuição da variabilidade da DMO.

6 CONCLUSÕES

A análise dos resultados obtidos nas condições em que foi desenvolvido o experimento permitiu concluir que cães da raça pastor alemão, sob treinamento físico:

- 1- Apresentam aumento da densidade mineral óssea com o aumento do peso corporal;
- 2- A densidade mineral óssea é maior nos animais mais velhos;
- 3- Há diferença da densidade mineral óssea entre machos e fêmeas;
- 4- Não existe interação entre DMO, sexo e idade; DMO, sexo e peso; e DMO, idade e peso.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (conforme normas para publicações da Unesp)

ANDERSON, J.B., SHIMMINS, J., SMITH, D.A. A new technique for the measurement of metacarpal density. **Br. J. Radiol.**, v. 39, p.443-50, 1966.

BARDEN, H.S., MAZESS, R.B. Bone densitometry in infants. **J. Pediatr.**, v. 133, p. 172-7, 1988.

BOULD M. et al. Digital image analyses: improving accuracy and reproducibility of radiographic measurement. **Clin. Biomech.**, v. 14, n. 6, p. 434-7, 1999.

BRINHOLI, R.B. **Utilização da densitometria óptica em imagem radiográfica no estudo do porte, idade e sexo sobre a densidade mineral óssea (DMO) da extremidade distal do rádio-ulna de cães.** 49p., 2004, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu.

CAMERON, J.R., MAZESS, R.B., SORENSON, J.A. Precision and accuracy of bone mineral determination by direct photon absorptiometry. **Invest. Radiol.**, v. 3, p. 141-50, 1968.

CROVACE, A. et al. Computerized bone densitometry in Legg-Calvè-Perthes disease in dogs. **Obiett. Doc. Vet.**, v. 11, p. 61-4, 1990.

CROVACE, A. et al. Study of secondary nutritional hyperparathyroidism in the cat by computerized dual photon bone densitometry. **Obiett. Doc. Vet.**, v. 13, p. 61-4, 1992.

CURI, P.R. **Metodologia e análise da pesquisa em ciências biológicas.** 2. ed., Botucatu: Tipomic, 1998, 263p.

DELAQUERRIERE-RICHARDSON, L. et al. Radiographic morphometry and radiographic photodensitometry of the femur in the Beagle at 13 and 21 months. **Am. J. Vet. Res.**, v. 43, n.12, p. 2255-8, 1982.

DRAPER, H.H. Bone loss in animals. **Adv. Nutr. Res.**, v.9, p. 53-71, 1994.

FAULKNER, K.G. et al. Noninvasive measurements of bone mass, structure and strength: current methods and experimental techniques. **Am. J. Roentgenol.**, v. 157, p. 1229-37, 1991.

FIRTH, E.C. et al. Bone mineral density in third and radial carpal bones of exercised Thoroughbred horses. **Vet. Cont. Educ.**, v. 172, p. 79-82, 1996.

GALLO, R. N. et al. Avaliação da densidade óssea em gatos em crescimento submetidos a dois tipos de ração. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE CIÊNCIAS VETERINÁRIAS, 15, 1996, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 1996.

GARTON, M.J. et al.. Can radiologists detect osteopenia on plain radiographs ?. **Clin. Radiol.**, v. 49, p. 118-22, 1994.

GENANT, H.K., FAULKNER, K.G., GLÜER, C.C. Measurement of bone mineral density: current status. **Am J. Med.**, v. 51, suppl. 5B, p. 49S-53S, 1991.

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

GUERRA, P.C. **Utilização de perfurações na consolidação de fraturas do terço distal de cães: avaliação radiográfica, tomográfica e histológica.** 2002. 83p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, campus de Botucatu.

HAIDEKKER, M.A., STEVENS, H.Y., FRANGOS, J.A. Computerized methods for x-ray-based small bone densitometry. **Comput. Meth. and Progr. Biomed.** v. 73, n. 1, p. 35-42, 2004.

HERNANDEZ-VAQUERO, D. et al. Measurement of bone mineral density is possible with standard radiographs: a study involving total knee replacement. **Acta Orthop.**, v. 76, p. 791-5, 2005.

ICHIKAWA, F. et al. 1 alpha-hydroxyvitamin D3 prevents the decrease of bone mineral density in lactating Beagles. **J. Vet. Med Sci.**, v. 62, n.1, p. 75-9, 2000.

ISOLA, M. et al. Dual energy x-ray absorptiometry in canine Legg-Calvè-Perthes disease. **J. Vet. Med.**, v. 52, p. 407-10, 2005.

JEFCOTT, L.B., MACCARTNEY, R.N., SPEIRS, V.C. Single photon absorptiometry for measurement of bone mineral content in horses. **Vet. Rec.**, v. 118, p. 499-505, 1986.

JORCH, U.M. et al. Measurements of bone mineral content by photon absorptiometry of the Beagle. **Am. J. Vet Res.**, v. 43, n. 5, p. 907-908, 1982.

KAINBERGER F. et al. Demineralising osteopathies: new aspects of diagnostic imaging. **Wiener Klinische Wochenschrift**, v. 115, suppl., n. 2, p. 79-86, 2003.

KEANE, B.E., SPIEGLER, G., DAVIS, R. Quantitative evaluation of bone mineral by a radiographic method. **Br. J. Radiol.**, v. 32, p. 162-7, 1959.

KEENE, B.E. et al. Measures of bone mineral content in mature dairy cows. **J. Dairy Sci.**, v. 87, n. 11, p. 3616-25, 2004.

LAUTEN, S.D. et al. Body composition of growing and adult cats as measured by use of dual-energy x-ray absorptiometry. **Comp. Med.**, v. 50, n. 2, p. 175-83, 2000.

LAUTEN, S.D. et al. Use of dual energy x-ray absorptiometry for noninvasive body composition measurements in clinically normal dogs. **Am. J. Vet. Res.**, v. 62, n. 8, p. 1295-1301, 2001.

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 em imagens radiográficas: correlação entre o peso, sexo e idade.** 2002, 51p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu.

LESLIE, W.D. et al. A population-based study of osteoporosis testing and treatment following introduction of a new bone densitometry service. **Osteop. Intern.**, v. 16, p. 773-82, 2005.

LIPSCOMB, V.J. et al. Asymmetric densitometric and mechanical adaptation of the left fifth metacarpal bone in racing greyhounds. **Vet. Rec.**, v. 148, n. 10, p. 308-11, 2001.

LOBEL, L., DUBOIS, M. **Manual de sensitometria: la técnica de la medición de los materiales fotográficos.** 2 ed. Barcelona: Ediciones Omega, 1973, 238p.

LOUZADA, M.J.Q. **Otimização da técnica de densitometria óptica em imagens radiográficas de peças ósseas.** Estudo “In Vitro”. Campinas:1994. 191p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas.

LOUZADA, M.J.Q. et al. Densidade de peças ósseas de frangos. Estudo pela densitometria óptica radiográfica. **Vet. e Zoot.**, v. 9, n. 9, p. 95-109, 1997.

LOUZADA, M.J.Q. et al. Avaliações de densidade óssea em imagens radiográficas: estudos em peças ósseas de cães. **Rev. Bras. Eng. – Cad. Eng. Bioméd.**, v. 14, n. 1, p. 47-64, 1998a.

LOUZADA, M.J.Q. et al. Metodologia para avaliação de densidade em imagem radiográfica. **Rev. Bras. Eng. – Cad. Eng. Bioméd.**, v. 14, n. 2, p. 37-47, 1998b.

LOUZADA, M.J.Q. et al. Densidade óptica radiográfica em análise de densidade óssea de mandíbulas de coelhos castrados. **UNIMEP**, v. 13, p. 33-8, 2001.

McCLURE, S.R. et al. Evaluation of dual energy x-ray absorptiometry for in situ measurement of bone mineral density of equine metacarpi. **Am. J. Vet. Res.**, v.62, n. 5, p. 752-56, 2001.

MARKEL, M.D., CHAO, E.Y. Noinvasive monitoring techniques for quantitative description of callus mineral content and mechanical properties. **Clin. Orthop. Relat. Res.**, n. 293, p. 37-45, 1993.

MARKEL, M.D., BOGDANSKE, J.J. Dual-energy absorptiometry of canine femurs with and without fracture fixation devices. **Am J. Vet. Res.**, v. 55, n. 6, p. 862-6, 1994.

MARKEL, M.D., BOGDANSKE, J.J. The effect of increasing gap model width on localized densitometric changes within tibial osteotomies in a canine model. **Calc. Tissue Int.**, v. 54, p. 155-59, 1994.

MARKEL, M.D., SIELMAN, E., BOGDANSKE, J.J. Densitometric properties of long bones in dogs, as determined by use of dual-energy x-ray absorptiometry. **Am. J. Vet. Res.**, v. 55, p. 1750-6, 1994.

MARTIN, R. et al. Bone loss in the Beagle tibia: influence of age, weight and sex. In: JEE, W.S.S., PARFIT, A.M. **Bone histomorphometry**. Paris: SNPMD Publishers, 1981, 497 p.

MEAKIN, D.W. et al. Estimation of mineral content of the equine third metacarpal by radiographic photometry. **J. Anim. Aci.**, v. 53, p. 1019-26, 1981.

MELSEN, F., MELSEN, B. The relation between densitometric and quantitative histological analysis of bone specimens from iliac crest. **Clin. Orthop.**, v. 117, p. 321-6, 1976.

MIRSKY, E.C., EINHORN, T.A. Current concepts review. Bone densitometry in orthopaedic practice. **J. Bone Joint Surg**, v. 80, n. 11, p. 1687-98, 1998.

NIELSEN, B.D. et al. Changes in the third metacarpal bone and frequency of bone injuries in young Quarter Horses during race training: observations and theoretical considerations. **J. Equine Vet. Sci.**, v. 17, p. 541-9, 1997.

NORDSTRON, P, PETERSSON, U., LORENTZON, R. Type of physical activity, muscle strength, and pubertal stage as determinants of bone mineral density and bone area in adolescent boys. **J. Bone Miner. Res.**, v.13, n. 7, p. 1141-8.

O'CALLAGHAN, M.W. A brief look at new technologies and their potential application to equine diagnosis. **Vet. Clin. North Am. – Equine Pract.**, v. 7, p. 467-9, 1991.

PORR, C.A. et al. Deconditioning reduces mineral content of the third metacarpal bone in horses. **J. An. Sci.**, v. 76, n. 7, p. 1875-9, 1998.

RAHAL, S.C. et al. Densitometria óptica radiográfica na avaliação do hiperparatireoidismo secundário nutricional induzido em gatos jovens. **Ciência Rural.**, v. 32, n. 3, p. 421-425, 2002.

ROBERTSON D.D. et al. Distal loss of femoral bone following total knee arthroplasty. Measurement with visual and computer-processing of roentgenograms and dual-energy x-ray absorptiometry. **J. Bone Joint Surg.**, v.76, n. 1, p. 66-76, 1994.

ROZENBERG, S., VANDROMME, J., NEVE, J. Precision and accuracy of in vivo bone mineral measurement in rats using dual-energy x-ray absorptiometry. **Osteoporos. Int.**, v. 5, p. 47-53, 1994.

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. 55p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SARTORIS, D.J. Clinical value of bone densitometry. **Am. J. Roentg.**, v. 163, n. 1, p. 133-5, 1994.

SCHMIDT, S. et al. Densidade mineral óssea em cadelas submetidas à ovariosterectomia com e sem reposição estrogênica oral. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.58, n.4, 2006.

SCHNEIDER, R. Radiologic methods of evaluating generalized osteopenia. **Orthop. Clin. North Am.**, v. 14, p. 631-51, 1984.

SCHNEIDER, S. et al. Comparative assessment of bone mineral measurements obtained by use of dual-energy absorptiometry, peripheral quantitative computed tomography and chemical-physical analyses in femurs of juvenile adult dogs. **Am. J. Vet. Res.**, v. 65, n. 7, p. 891-900, 2004.

SCOTTI, E., JEFFCOTT, L.B. The hock as a potential site for non-invasive bone measurement. **Eq. Vet. J.**, n. 6, p. 93-8, 1988.

SHIRAZI, M., KHOSROWSHAHI, M., DEHPOUR, A. The effect of chronic renal insufficiency on orthodontic tooth movement in rats. **Angle Orthod.**, v. 71, p. 494-8, 2001.

SOTOGA, J.M., INESTA, J.M., BELMONTE, M.A. Hand bone segmentation in radioabsorptiometry images for computerized bone mass assessment. **Comput. Med. Imag. and Graph.** v. 27, n. 6, p. 459-67, 2003.

STOLIKER, H.E., DUNLAP, H.L., KRONFELD, D.S. Bone mineral measurement by photon densitometry in racing sled dogs, and its relationship to body weight, sex and bone fractures. **Vet Med. – Small Anim. Scie.**, v. 71, n. 11, p. 1545-50, 1976.

TIEDMAN, J.J. et al. Quantitative roentgenographic densitometry for assessing fracture healing. **Clin. Orthop.**, v. 253, p. 279-86, 1990.

TURNLUND, J., MARGEN, S. Use of a spectrophotometer for radiographic photodensitometry of bone. **Calcif. Tissue Int.**, v. 28, n. 2, p. 103-5, 1979.

VULCANO, LC. Carpo ulnar bone density in Quarter Horse foals measured by radiographic optical densitometry. **Hora Vet.**, v. 100, p. 52-4, 1997.

VULCANO, LC. Determination of normal values of density of the radius in Rottweilers, using radiographic optical densitometry (experimental study). CONGRESSO MUNDIAL DE MEDICINA VETERINÁRIA DE PEQUENOS ANIMAIS, 23, 1998, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires, 1998.

VULCANO, LC. **Determinação e padronização da densidade mineral óssea (DMO) do carpo acessório de eqüinos da raça Puro Sangue Inglês (PSI) por meio da densitometria óptica em imagem radiográfica.** Botucatu, 2001, 62p. Tese (Livre-docência) – Faculdade de Medicina

Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu.

WAHNER, H.W. Bone mineral measurements: a new clinical tool. **J. Nucl. Med.**, v. 25, n. 3, p.383-4, 1984.

WAITE, K.L. et al. Tibial optical bone density is positively correlated with bone strength. **J. Anim. Sci.** v. 78, suppl.1 / *J. Dairy Sci.*, v. 82, suppl. 1, 2000.

WENTWORTH, R.A. et al. In vivo estimation of bone mineral content: a research and diagnostic technique for veterinary medicine. **Am. J. Vet. Res.**, v. 32, n. 6, p. 985-92, 1971.

WILKIE, J.R., GIGER, M.L., CHINANDER, M.R. Investigation of physical image quality indices of a bone densitometry system. **Med. Physics**, v. 31, p. 873-81, 2004.

ZOTTI, A. et al. Vertebral mineral density measured by dual-energy x-ray absorptiometry (DEXA) in a group of health Italian boxer dogs. **J. Vet. Med.**, v. 51, n. 5, p. 254-8, 2004.

Apêndice

Tabela 6 Dados dos cães da raça pastor alemão sob treinamento físico (sexo, idade, peso e valores da DMO), submetidos à mensuração da densidade mineral óssea

animal	sexo	idade	peso (kg)	DMO (mmAl)
1	M	3a	42	5,43
2	M	11m	36,6	6,76
3	M	6a	32	6,87
4	F	5a	32,6	5,48
5	F	5a	32,4	6,19
6	F	1a	27,8	6,8
7	F	8a	31,2	6,54
8	M	2a	22	6,17
9	M	4a	41	7,65
10	F	6a	33	6,8
11	M	1a	33	6,87
12	F	7a	36,6	6,81
13	F	5a	33,8	7,64
14	F	2a	20,6	5,99
15	M	5a	36	6,63
16	M	2a	40	6,81
17	M	2a	38	6,9
18	M	1a 6m	33	5,79
19	F	2a	34	6,03
20	M	7a	38	6,87
21	M	7a	41	6,66
22	M	7m	28	6,33
23	M	7m	27	7,2
24	F	4a	28,5	6,77
25	M	1a 5m	35	6,43
26	M	2a 5m	34,5	6,93
27	M	3a 4m	36,5	6,23
28	F	3a 8m	28	5,73
29	F	4a 3m	36,5	6,39
30	M	2a 6m	29,5	6,9
31	F	5a 10m	31,5	7,29
32	M	5a 10m	29	6,97
33	M	1a 2m	31	7,21
34	M	6a	35,5	6,78
35	M	5a 4m	32	7,06
36	M	6a 3m	37,5	7,21

animal	sexo	idade	peso (kg)	DMO (mmAl)
37	F	6a 3m	35,5	7,29
38	M	6a 3m	39,5	6,91
39	F	6a 3m	34,5	6,1
40	M	6a 3m	34,5	7,5
41	M	6a 3m	36	7,57
42	F	4a 6m	31,5	7,13
43	F	4a 6m	33,5	7,01
44	M	7a 10m	35	6,3
45	M	4a 6m	32	5,95
46	M	7a 10m	35,5	6,99
47	M	4a 5m	38	7,18
48	M	4a 3m	30,5	6,35
49	F	4a 3m	30	5,15
50	F	4a 3m	29	6,2
51	M	4a 3m	29	6,49
52	M	4a 3m	34,5	7
53	M	4a	35	6,91
54	M	4a 9m	35,5	7,21
55	M	3a 7m	32	7,24
56	M	7a	37	6,91
57	M	6a	38,5	7,06
58	M	1a 9m	27	6,27
59	M	3a 5m	34,5	6,64
60	M	2a 6m	31	5,72
61	M	2a 5m	38,5	6,55
62	M	7a 5m	38,5	6,53
63	M	4a 8m	34	6,92
64	M	7a	34	6,97
65	M	7a	38,5	6,94
66	M	6a 11m	40	6,85
67	M	2a	32	6,82
68	F	4a	31	7,58