

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ODONTOLOGIA E CURSO DE MEDICINA
VETERINÁRIA
CAMPUS ARAÇATUBA

AVALIAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DO
REPARO ÓSSEO POR IMAGENS PROCESSADAS
PELOS PROGRAMAS “ImageJ” E “ODR”

José Francisco Fonzar

Médico Veterinário

ARAÇATUBA – SP

2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ODONTOLOGIA e CURSO DE MEDICINA
VETERINÁRIA
CAMPUS ARAÇATUBA

**AVALIAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DO
REPARO ÓSSEO POR IMAGENS PROCESSADAS
PELOS PROGRAMAS “ImageJ” E “ODR”**

Aluno: José Francisco Fonzar

Orientador : Prof. Adjunto Mário Jefferson Quirino Louzada

Dissertação apresentada à Faculdade de odontologia – UNESP, Curso de Medicina Veterinária, Campus de Araçatuba, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal (Fisiopatologia Médica e Cirúrgica)

ARAÇATUBA – SP

2010

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

José Francisco Fonzar – nascido em 14 de janeiro de 1961, em Pitangueiras, SP. Formado em Medicina Veterinária pela Faculdade de Ciências Agrárias de Andradina em dezembro de 2005. Pós-graduação em Produção de Ruminantes. Trabalha na Faculdade de Ciências Agrárias de Andradina, onde ocupa os cargos de Professor de Radiologia e Anatomia Topográfica, e como Supervisor do Hospital Veterinário de Andradina

DEDICATÓRIA

Dedico...

A Deus, pois ele tudo proporciona.

A meus pais, pelo apoio e amor que me deram e que até hoje recebo.

A meus cinco irmãos que sempre me deram forças, mas em especial, ao 2º filho, aquele que sempre esteve como irmão, pai e amigo, responsável por eu ter chegado até aqui!!

As minhas filhas e minha mulher pelo amor e incentivo!

Aos amigos pelo companheirismo.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”- UNESP, Campus Araçatuba, pela viabilidade da realização do mestrado.

Ao Professor Adjunto Mário Jefferson Quirino Louzada, por ter me orientado e auxiliado em todos os momentos necessários. Pela determinação, respeito e paciência, e principalmente pela oportunidade de aprendizado e crescimento.

À meus pais Oscar e Adelaide, pelo amor, dedicação, apoio, por tudo de bom que já me proporcionaram e que ainda proporcionam.

Às minhas filhas, Amanda e Barbara, simplesmente por existirem.

Aos meus irmãos, Lucia, Oscar, Eliana e Mario, pelo apoio, amor de todos os momentos e, pela família que formamos.

À minha mulher Alessandra, pelo amor, apoio e paciência.

Aos antigos amigos, Fernando, Ricardo, José Marcos, Adilson, Junior, Joji, Waldir, Wilsinho e Willian, pela amizade e companheirismo de todos esses anos, e as mais novas amigadas, Colombo e Aziz que tenho a felicidade de compartilhar.

À Faculdade de Ciências Agrárias de Andradina, e à todos seus funcionários, por ter me proporcionado conhecimento e uma profissão.

Ao Pedrão pela ajuda, amizade e churrascos.

Aos professores Sérgio e Vagner e aos amigos mestrando que dividiram comigo momentos de conhecimento e aprendizado.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1	12
1 Considerações Gerais	12
1.1 Radiografia	12
1.2 Tomografia Computadorizada.....	13
1.3 Ressonancia Nuclear Magnética	15
1.4 Ultrassonografia	16
2 Imagiologia Aplicada a Determinação de Densidade Mineral Óssea	17
3 Estudo Experimental Utilizando o Programa Computacional “ODR”	24
4 Objetivo	26
Referencias	26
 CAPITULO 2	
 AVALIAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DO REPARO ÓSSEO POR IMAGENS PROCESSADAS PELOS PROGRAMAS “ImageJ” E “ODR”	35
Resumo	35
Summary.....	36
Introdução	37

Material e Métodos	40
Resultados e Discussão	42
Tabela 1 - Valores de densidade mineral óssea – DMO, em mmAl, obtidos pela Densidade Radiográfica, no foco de fratura de cães, em diversos dias de acompanhamento	43
Conclusão	45
Referências	46

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1- Imagem radiográfica do membro torácico de um cão.....	13
FIGURA 2- Tomografia computadorizada de um crânio humano. Na imagem A se observam diversos cortes do crânio e na B imagens tridimensionais processadas pelo tomógrafo.....	14
FIGURA 3- Microtomografia com reconstrução em 3D da porção trabecular de uma vértebra, revelando afilamento e descontinuidade das trabéculas.....	15
FIGURA 4- Ressonância Nuclear Magnética de crânio humano.....	16
FIGURA 5- Ultra-sonografia de um feto humano. Na imagem da direita uma reconstrução tridimensional realizada pelo sistema computacional.....	17
FIGURA 6- Exemplo do laudo do exame de densidade óssea fornecido pelo programa “CROMOX DENS VET”	23
FIGURA 7- (A) Imagem radiográfica de fêmur de cão juntamente com a cunha (acima) de alumínio, utilizadas como referencial densitométrico. (B) Imagem reconstruída pelo programa de processamento de imagens “ODR” de região diafisária do fêmur e, à direita, da cunha de alumínio	24
FIGURA 8- Ao redor da cunha de alumínio está definida a área onde o programa “ODR” utilizará como referencial densitométrico e no antebraço a área de onde será feita a reconstrução da imagem.....	25
FIGURA 9- Imagem reconstruída pelo “ODR” da cunha de alumínio (canto direito) e do região do antebraço com destaque para a simulação da linha de fratura.....	25

FIGURA 10- Imagem radiográfica crânio caudal de tíbia e fíbula de um cão com fratura em bixel diafisária, juntamente com os referenciais densitométricos.....	41
FIGURA 11- Imagem da tela do computador do foco de fratura em tíbia e fíbula do cão da Figura 1, obtida pelo programa computacional “ODR”. Ao lado imagem refeita da cunha de alumínio.....	42
FIGURA 12- Tomadas radiográficas de um cão osteotomizado, acompanhado durante processo de consolidação (de cima para baixo: pós-cirúrgico, 35 dias e 60 dias): A) Imagens radiográficas; B e C) Imagens reconstruídas pelo programa “ODR”. A seta indica o foco de fratura.	45

AVALIAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DO REPARO ÓSSEO POR IMAGENS PROCESSADAS PELOS PROGRAMAS “ImageJ” E “ODR”

RESUMO – Neste trabalho foram avaliados 19 cães, que deram entrada nos Hospitais Veterinários de Andradina com fraturas de ossos longos e de quatro que foram osteotomizados no Hospital Veterinário de Araçatuba, sem levar em consideração a raça, idade, sexo e tamanho dos animais acometidos de fratura, apenas o local da lesão, esta em ossos longos. As fraturas foram radiografadas em um primeiro momento, os animais encaminhados ou não à cirurgia, como tramite normal dentro da rotina de um Hospital. Este trabalho teve como objetivo demonstrar que os programas computacionais “ODR” e ImageJ, são ferramentas que podem auxiliar no diagnóstico, fornecendo dados quantitativos e qualitativos do reparo ósseo, favorecendo o diagnóstico na avaliação da fratura, como também, acompanhar o processo de reparo ósseo. As radiografias feitas após cirurgia e de acompanhamento, foram digitalizadas por um *scanner*, e avaliadas com o programa computacional “ImageJ”. Os resultados obtidos foram analisados e comparados a laudos radiográficos visuais, demonstrando ser exeqüível e viável, de baixo custo, fornecendo dados quantitativos do diagnóstico e acompanhamento do reparo ósseo.

PALAVRAS-CHAVE: Densidade Óssea, Densitometria Radiográfica, Cão.

QUALITATIVE AND QUANTITATIVE ASSESSMENT OF BONE REPAIR BY IMAGES PROCESSED USING "ImageJ" E "ODR"

SUMMARY - This study evaluated 19 dogs, which were received in Hospitals Veterinarians Andradina with long bone fractures and four were osteotomizados at the Veterinary Hospital of Araçatuba, without regard to race, age, sex and size of animals suffering from fracture, only the location of the lesion, the long bones. The fractures were radiographed at first, the animals sent to surgery or not, as tramite normal routine within a hospital. This study aimed to demonstrate that computer programs "ODR" and "ImageJ", are tools that can aid in diagnosis, providing quantitative and qualitative data of bone repair, favoring the diagnosis in the evaluation of the fracture, but also monitor the repair process bone. The radiographs made after surgery and follow-up (when possible), were scanned by a scanner and evaluated with the computer programs "ImageJ". The results were analyzed and compared the radiographic findings visually demonstrated to be feasible and viable, low cost, providing quantitative data of diagnosis and monitoring of bone healing

Key words: Bone Density, Radiographic Densitometry, Dog

CAPÍTULO 1

1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A descoberta dos raios-X, em 1895, por Wilhem Conrad Roentgen, físico alemão, que trabalhava em pesquisa com a ampola de Crookes, revolucionou o diagnóstico e o tratamento de doenças em humanos e, por conseguinte, em animais, pela possibilidade de avaliação de estruturas internas de maneira não invasiva. Desde então, houve uma verdadeira revolução na medicina, no campo do diagnóstico por imagem (ROBB, 2006), e já um ano após o descobrimento dos raios-X foi descrita pela primeira vez a angiografia (THRALL; WIDMER, 2007). Com o passar das décadas as técnicas vêm melhorando e hoje, além da Radiografia convencional para o diagnóstico por imagem, têm-se a Tomografia Computadorizada (TC), a Ressonância Nuclear Magnética (RNM), a Ultra-Sonografia (U) e a Radiografia Digital (RD).

1.1 RADIOGRAFIA

Os raios-X é uma radiação eletromagnética, originado pela brusca desaceleração de elétrons de alta energia ao se chocarem com átomos de grande massa molecular. Esta radiação ao penetrar nos materiais sofre interação e atenuação que dependem dos parâmetros físico-químicos destes materiais alvos, podendo ultrapassá-los e, assim, atingir filmes radiográficos que são conversores de imagens (Figura 1) (THRALL; WIDMER, 2007; CURRY et AL;1990)

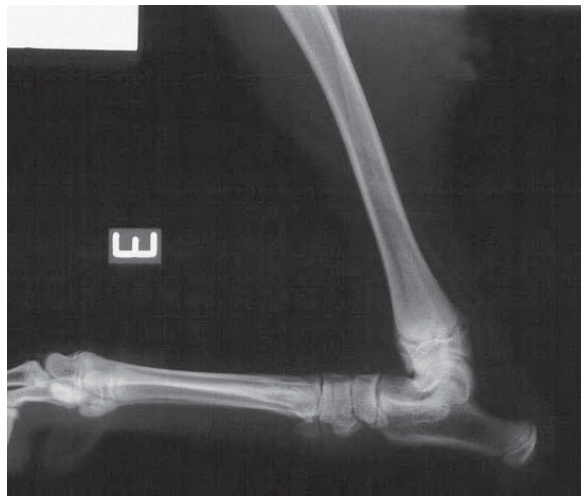


FIGURA 1- Imagem radiográfica do membro torácico de um cão.

1.2 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA - TC

Sir Godfrey Newbold Hounsfield em 1972 construiu o protótipo do primeiro TC (SEERAM, 2001a) que foi originalmente concebido para produção de imagens detalhadas das seções transversais da cabeça humana, baseado em um princípio datado de 1917, onde a imagem de um objeto pode ser perfeitamente reconstruída a partir de um conjunto infinito de projeções tomadas em um número infinito de ângulos (KALENDER, 2005; SEERAM, 2001b). O tomógrafo se utiliza da mesma técnica da radiografia convencional só que em vez de uma incidência, fazem-se várias, em diversos ângulos, com o tubo de raios-X girando em torno do objeto em estudo. Os fótons de raios-X que atravessam o objeto são convertidos em sinais elétricos em um painel de detectores e a imagem, depois de processada por um sistema computacional, é apresentada na tela de um computador dispensando o tradicional filme radiográfico (Figura 2). Uma das grandes aplicações do TC é a visualização de órgãos em três dimensões. Atualmente já se faz uso da Microtomografia Computadorizada que

possibilita a visualização de estruturas microscópicas como apresentado na Figura 3.

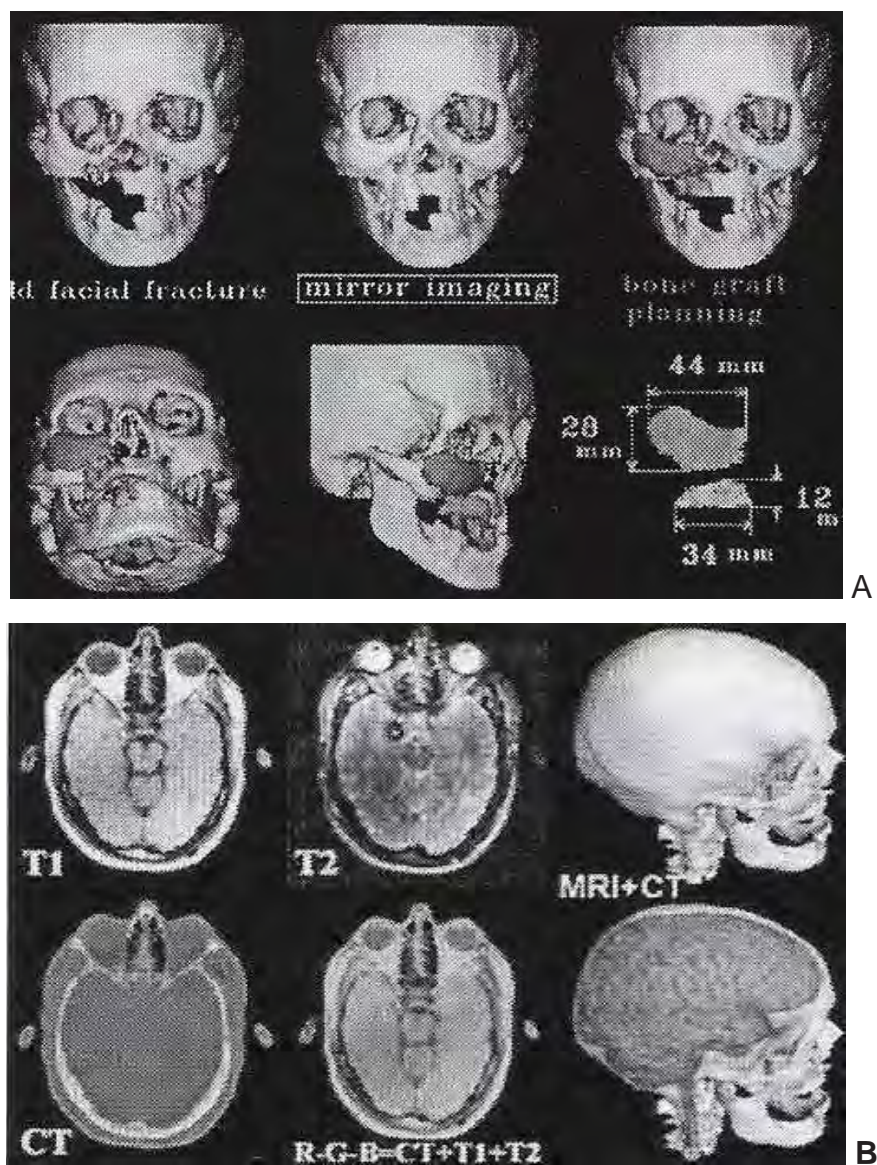


FIGURA 2- Tomografia computadorizada de um crânio humano. Na imagem A se observam diversos cortes do crânio e na B imagens tridimensionais processadas pelo tomógrafo. (TOPOGRAFICA,2010).

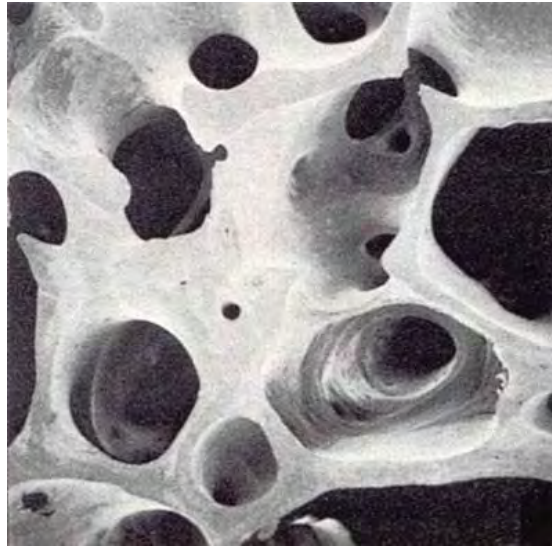


FIGURA 3- Microtomografia com reconstrução em 3D da porção trabecular de uma vértebra, revelando afilamento e descontinuidade das trabéculas. (BRANDÃO; HAUACHE, 2007)

1.3 RESSONÂNCIA NUCLEAR MAGNÉTICA - RNM

Ressonância Nuclear Magnética (RNM), a exemplo TC, é atualmente o método mais popular de imagiologia cerebral tanto para investigação como para a prática clínica. É técnica que permite determinar propriedades de uma substância pela correlação entre a energia absorvida pelo objeto e a frequência do espectro eletromagnético. Usa as transições entre níveis de energia rotacionais dos núcleos atômicos componentes (átomos ou ions) contidas na amostra (BUSHBERG et al., 2002 a). Isso ocorre sob a influência de um campo magnético e sob a concomitante irradiação de ondas de rádio frequência, que provêm na forma de uma rápida mudança de campos magnéticos e elétricos gerados por um fluxo de elétrons que viajam por um feixe de fios. Esse feixe de fios está imerso em hélio líquido, em temperatura supercondutora, de forma que correntes de grande intensidade são usadas para produzir um forte campo magnético (HASHEMI; BRADLEY, 1997) (Figura 4).

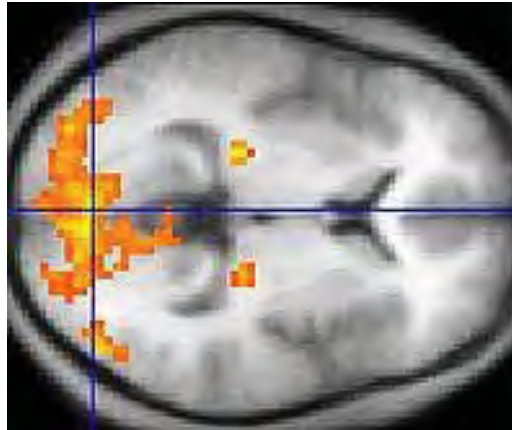


FIGURA 4- Ressonância Nuclear Magnética de crânio humano. (TOMOGRÁFIA, 2010).

1.4 ULTRASSONOGRAFIA

O ultrassom (US) é uma onda mecânica com frequência superior aos 20000Hz, que caracteriza o limiar auditivo superior dos seres humanos. A ultrassonografia é baseada na análise das ondas sonoras de frequências de 2 a 10 MHz que são emitidas por transdutores de aparelhos geradores destas ondas e, ao se depararem com estruturas, objetos, se refletem e retornam ao transdutor (agora como receptor de ondas), onde são convertidas em pulsos elétricos, passam por processamento de sinal em um sistema computacional e, então, são convertidas em imagens (THRALL; WIDMER, 2007). Em 1942, Dussik introduziu o exame ultrassonográfico no campo da medicina e só em 1966 que a ultra-sonografia foi utilizada na medicina veterinária por Ivan Lindahl que diagnosticou a prenhez em uma ovelha (THRALL, 2007). Nos últimos anos foram desenvolvidos novos equipamentos e programas de computação capazes de gerar e processar imagens em três dimensões (3D) (Figura 5). A ultrassonografia Doppler é metodologia utilizada para identificar o fluxo e a velocidade de fluidos e é também usada para calcular a pressão através das válvulas cardíacas. Baseia-se na mudança de frequência do US conforme a onda se aproxima ou se afasta de um objeto, “transdutor” (THRALL,2007)



FIGURA 5- Ultrassonografia de um feto humano. Na imagem da direita uma reconstrução tridimensional realizada pelo sistema computacional. (TOMOGRÁFIA, 2010).

2 IMAGEOLOGIA APLICADA A DETERMINAÇÃO DE DENSIDADE MINERAL ÓSSEA

O tecido ósseo é basicamente formado de osso esponjoso e osso compacto, sendo que o esponjoso tem menor densidade ou massa óssea, em relação ao osso compacto, por apresentar uma porosidade maior pela quantidade maior de espaço inter-ósseo do que o compacto (BANKS, 1991).

Os ossos desempenham várias funções importantes no organismo, dentre elas: proteção para os órgãos; sustentação e conformação do corpo; armazenamento de íons cálcio e fósforo; permitir deslocamentos do corpo por meio de um sistema de alavancas e, produção de células sanguíneas (DANGELO; FATTINI, 2000).

A regulação do metabolismo ósseo sofre influências do paratormônio, calcitonina, vitamina D, hormônio de crescimento, tiroxina,

estrógeno, testosterona, vitaminas A e C entre outros fatores (FELDMAN; NELSON, 1996; GÜRTLER et al., 1984; GUYTON; HALL, 1997). O uso de medicamentos como alguns antiinflamatórios, diuréticos e quimioterápicos também podem interferir no metabolismo ósseo (SPINOSA et al., 1999).

O estudo da densidade mineral óssea – DMO é um importante parâmetro para a detecção de problemas relacionados ao sistema ósseo, sendo necessária a utilização de uma metodologia quantitativa precisa e acurada visto que na avaliação visual do exame radiográfico simples, avaliação qualitativa, as lesões ou alterações são observadas de forma subjetiva e somente quando há uma perda de material mineral superior a 30% de seu total (GARTON et al., 1994; SCHNEIDER, 1984; TROUERBACH et al., 1984). Métodos confiáveis são necessários para um diagnóstico eficiente e precoce da osteopenia, da osteoporose, contribuindo na avaliação da fragilidade óssea, reduzindo assim o risco de fraturas patológicas (HUI et al., 1997; YANG et al., 1994; YATES et al., 1995).

Vários métodos foram descritos para determinar a DMO, dentre eles: a Densitometria Radiográfica – DR (DUBREZ et al., 1992; HAYASHI et al., 1996; LEAL, 2002; LOUZADA et al., 1997; MEAKIN et al., 1981; MURAMOTO, 2003; PRADO FILHO, 2001; PLOTNICK et al., 1970; RAHAL, 2002; SANTOS, 2002; SEO et al., 1994; STOLIKER et al., 1976; STERMAN, 2001; VOSE, 1969; VULCANO, 2001), a Ultra-Sonografia (JEFFCOTT; MCCARTNEY, 1985), a Tomografia Computadorizada - TC (YANG et al., 1994; YATES et al., 1995; BOON EN et al., 1997), e a Absorciometria de Raios-X de Duas Energias - DXA (“Dual Energy X-Ray Absorptiometry”) (MAKAN et al., 1997; SWEZEY et al., 1996).

É importante frisar o alto custo que é a avaliação da DMO pela TC e pelo DXA, este considerado o método “padrão ouro”, mesmo nos serviços para humanos. Na prática Veterinária, além do custo, é muito restrito o número de serviços onde estas técnicas são oferecidas. Desta maneira, a

densitometria óssea pela DR ganha espaço, pois são necessários apenas alguns ajustes e equipamentos (scanner, computador, programas computacionais) para sua realização.

Plotnick et al. (1970) observaram que a densitometria através da utilização de imagens radiográficas – DR é uma metodologia confiável para mensurar o conteúdo mineral ósseo - CMO.

Stoliker et al. (1976) mensuraram a DMO do osso rádio de cães de corrida da raça Greyhounds por meio da DR, pois os cães apresentavam uma susceptibilidade a traumas por exaustivos esforços físicos. Acreditava que a força para fraturar o osso dependeria em parte do conteúdo mineral ósseo - CMO ou da densidade óssea - DMO, esta, por sua vez, estava ligada a outros fatores como a dieta, ganho de massa corpórea, exercícios, idade, problemas endócrinos, concluindo que o sexo, idade e o ganho de massa corpórea apresentaram correlação significativa com o CMO.

Yang et al. (1994) e Hayashi et al. (1996) mostraram em seus estudos que a técnica da DR é rápida, de fácil execução, baixo custo e possui alta precisão.

Apesar da DR ser método de fácil realização e custo baixo, as variações radiográficas referentes à voltagem, tempo de exposição, espessura dos tecidos moles e também fatores no processamento do filme podem causar alterações na densidade radiográfica, diminuindo, assim, a eficácia do método (SCHNEIDER, 1984).

Delaquerriere-Richardson et al. (1982), com a morfometria radiográfica e a DR, mensuraram o crescimento de ossos fêmures de cães jovens da raça Beagle e as alterações da atividade óssea em relação à idade desses animais. A largura total do fêmur e sua densidade radiográfica aumentaram significativamente com a idade e a massa corpórea. Em seu estudo relataram a necessidade de padronização da metodologia, pois

alguns fatores como o tempo de exposição, posicionamento, filme radiográfico, processamento, poderiam influenciar nos valores obtidos.

Para minimizar estes problemas técnicos alguns autores propuseram a utilização de uma escala de referência confeccionada em alumínio que seria colocada ao lado do objeto a ser analisado sendo, portanto, radiografada conjuntamente (DUINKERKE et al., 1978; HAYASHI et al., 1996; HOFFMAN et al., 1999; LEAL, 2002; LOUZADA et al., 1997; MARTIN et al., 1990; MEAKIM et al., 1981; PLOTNICK et al., 1970; SANTOS, 2002; SCHNEIDER, 1984; SEO et al., 1994; TROUERBACH et al., 1984; YANG et al., 1994; STERMAN, 2001; VULCANO, 2001). Tem sido usado o alumínio para confecção da escala, por este material possuir curva de absorção de radiação X semelhante a do osso cortical (MACK et al., 1959; OWEN, 1956). A escala de alumínio, por possuir características conhecidas, serve como padrão referencial densitométrico, permitindo estabelecer calibração pelo sistema computacional por comparação das tonalidades de cinza, minimizando possíveis alterações que a imagem possa apresentar em decorrência de variáveis radiológicas (PLOTNICK et al., 1970) e gerando valores densitométricos que serão expressos em equivalentes a milímetros de alumínio (mmAl).

Vários autores desenvolveram trabalhos utilizando a metodologia de DR com auxílio da escala de alumínio como referencial e obtiveram resultados confiáveis, estimulando seu emprego na Medicina Veterinária (DUINKERKE et al., 1978; HAYASHI et al., 1996; HOFFMAN et al., 1999; LEAL, 2002; LOUZADA et al., 1997; MEAKIM et al., 1981; MARTIN et al., 1990; PLOTNICK et al., 1970; SANTOS, 2002; SCHNEIDER, 1984; SEO et al., 1994; STERMAN, 2001; TROUERBACH et al., 1984; VULCANO, 2001; YANG et al., 1994;).

Louzada et al. (1997) mensuraram a densidade de peças ósseas de frangos com a DR, sendo que as peças foram submetidas a descalcificação

controlada em tempos pré-determinados e mostraram que a DR é técnica de fácil reprodução e aplicação, boa sensibilidade, precisão acurada e custo baixo. Em 1998, Louzada et al. realizaram trabalho metodológico para avaliação de DMO com imagens radiográficas objetivando otimizar a técnica de DR, a qual foi testada pelos autores (LOUZADA et al., 1998a), com metodologia semelhante à de 1997, mas para avaliar a DMO de peças ósseas de cães adultos que passaram por descalcificação controlada, para avaliar a aplicabilidade e a sensibilidade da DR em mamíferos, com resultados animadores.

Sterman (2001) avaliou a DMO do osso carpo acessório de 40 eqüinos atletas destinados a enduro eqüestre, com a idade variando entre quatro e dezesseis anos, por meio da DR, utilizando programa computacional específico para comparação das tonalidades de cinza, concluindo que o método mostrou ser preciso, seguro e de baixo custo.

Leal (2002) determinou os valores normais da DMO da extremidade distal do osso rádio de 293 caninos utilizando a DR, correlacionando-a a massa corpórea, ao sexo e à idade dos animais. Não foram significativas as correlações estatísticas entre a DR e sexo, entretanto, houve correlação estatística altamente significativa entre a DR e a massa corporal e correlação negativa entre a DR e a idade das fêmeas mais velhas.

Rahal et al. (2002) realizaram estudo com a DR para avaliação do efeito do hiperparatireoidismo nutricional secundário no tecido ósseo, induzido em 10 felinos, concluindo que a DR mostrou ser método mais eficiente e confiável na avaliação da DMO do que as avaliações bioquímicas séricas de cálcio, fósforo e fosfatase alcalina.

Santos (2002) determinou os valores normais da DMO da extremidade distal de osso rádio-ulna de 120 felinos, por meio da DR, correlacionando-a à massa corporal, sexo e idade. Foram observadas

correlações estatísticas significativas entre a DMO e massa corpórea e a idade dos animais estudados.

Estudo realizado por Muramoto (2003) teve como objetivo o estabelecimento de valores de DMO das regiões metafisária e diafisária do osso rádio de cães da raça Poodle, por meio da DR. Foram utilizados 112 cães divididos em diferentes categorias de acordo com o sexo e a idade. Foram estudadas as correlações entre a DMO e as variáveis massa corpórea, idade, sexo, largura e espessura do terço distal de osso rádio e ulna direito, verificando-se que a equação de variação de DMO em função da sua massa corpórea foi que melhor conseguiu explicar a variação da densidade. E ao analisar as diferentes regiões ósseas, observou que, pela diferença na quantidade de osso esponjoso e compacto entre as regiões metafisária e diafisária, os animais apresentaram a DMO da região metafisária menor em relação à diáfise, fato não observado no grupo de animais de até um ano de idade, devido ao seu alto metabolismo ósseo na região metafisária na fase de crescimento.

Alguns grupos no Brasil vêm desenvolvendo sistemas computacionais para a determinação da DMO utilizando como fonte de dados a DR. O programa “CROMOX DENS VET”, versão 3.2.2¹ fornece valores numéricos da DMO, em mmAl, e apresenta laudo (Figura 6) onde é possível a visualização a cores da região em análise. Entretanto, com os programas de processamento de imagens existentes, e muitos de domínio público, como o ImageJ (National Institutes of Health, USA, <http://rsb.info.nih.gov/ij/>), é possível a realização de análises de densidade radiográfica e, assim, determinar a DMO como demonstrado por Louzada em 2009.

Em 2003, Pelissoni et al. realizaram estudo experimental de avaliação temporal do processo de reparo ósseo em coelhos que passaram por osteotomia parcial. Para tanto, utilizaram um programa de processamento de

¹ Athena - SIA / Sistemas de Inteligência Avançada, São José dos Campos, SP.

imagens experimental, nominado ODR, descrito na plataforma de análises numéricas MATLAB[®], que estava sendo desenvolvido pelo Laboratório de Biofísica / UNESP-Araçatuba, que utiliza dados de DR provenientes da imagem radiográfica do local em estudo e de uma cunha de alumínio postada ao lado do objeto em questão, fornecendo nova imagem, em relevo, sendo os valores de cada pixel expresso em milímetros de alumínio e associado a cores. Desta maneira a nova imagem pode ser vista em vários ângulos (recurso do MATLAB) facilitando a avaliação do processo de reparo. Este programa processa as imagens digitalizadas das radiografias. Nos eixos X e Y dessas imagens tridimensionais estarão os pontos da imagem originalmente digitalizada e no eixo Z estarão os valores de densidade expressos em milímetros de alumínio. Na Figura 7, é apresentada em “A” um exemplo de radiografia de um osso que se quer analisar e em “B” a imagem da região diafisária deste osso processada com o programa ODR.

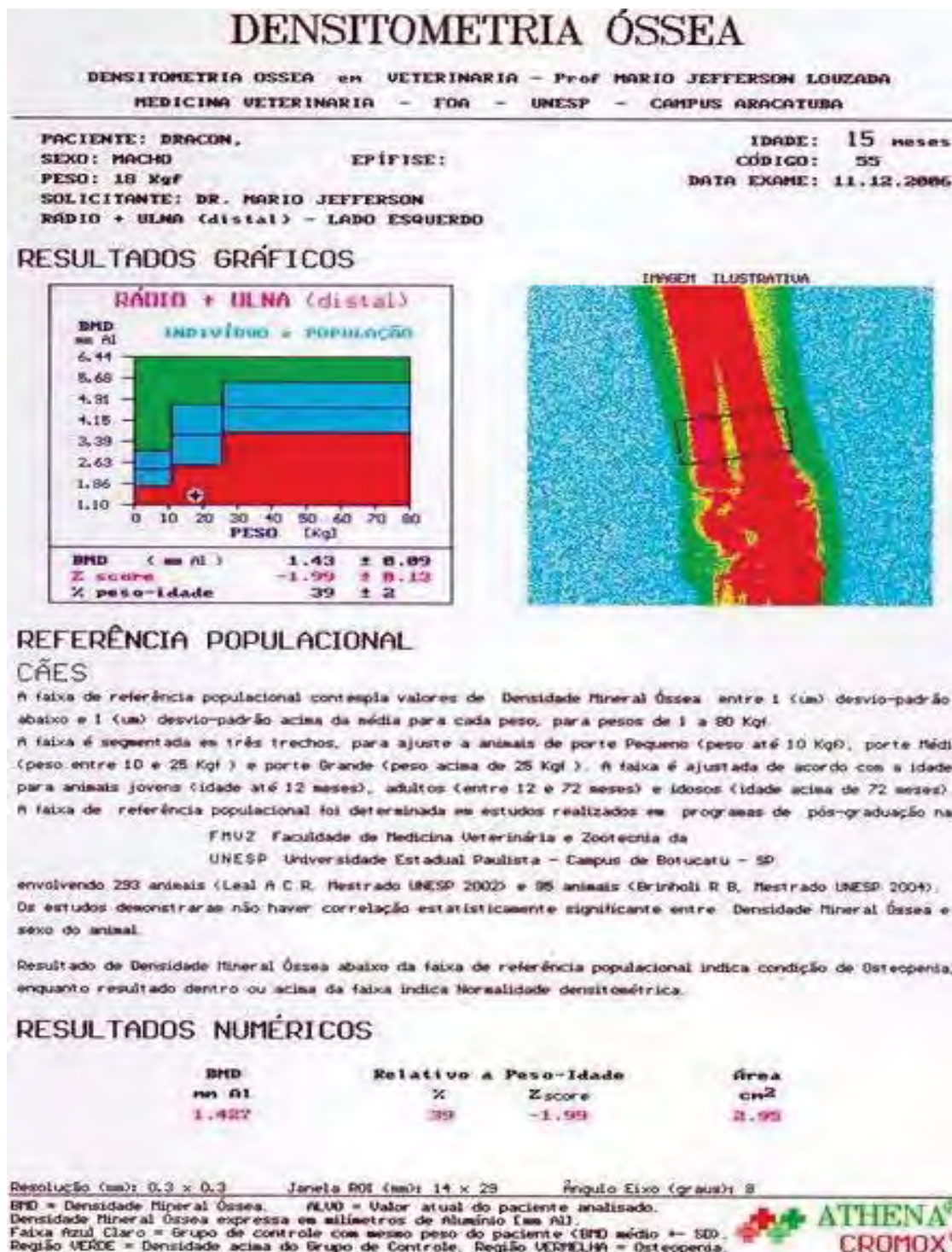


FIGURA 6 - Exemplo do laudo de densidade óssea fornecido pelo programa “CROMOX DENS VET”.

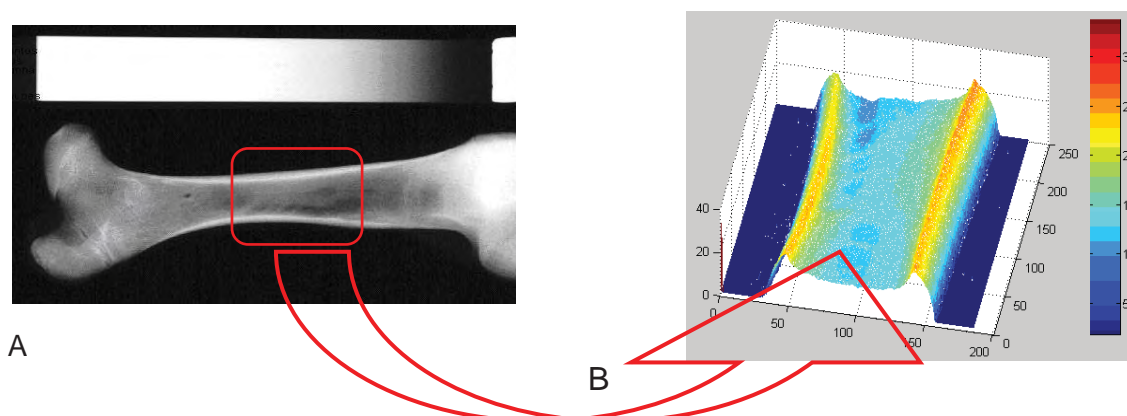


FIGURA 7 - (A) Imagem radiográfica de fêmur de cão juntamente com a cunha (acima) de alumínio, utilizadas como referencial densitométrico. (B) Imagem reconstruída pelo programa de processamento de imagens “ODR” de região diafisária do fêmur e, à direita, da cunha de alumínio.

3 ESTUDO EXPERIMENTAL UTILIZANDO O PROGRAMA COMPUTACIONAL “ODR”

Nas figuras a seguir são apresentados os passos para a utilização do programa “ODR”. Um antebraço de cadáver de coelho foi utilizado como recurso para a obtenção de imagem radiográfica com sulco, representando uma simulação de osteotomia. Esta radiografia foi digitalizada com scanner e processada pelo programa. Na Figura 8 é mostrada a imagem radiográfica capturada pelo “ODR” para a seleção dos pontos da cunha de alumínio que servirão de referencial densitométrico e a região de interesse do antebraço (linha de fratura) de onde a imagem será processada. Na Figura 9 são mostradas as imagens reconstruídas pelo “ODR” da cunha de alumínio (canto direito) e da região do antebraço (centro).

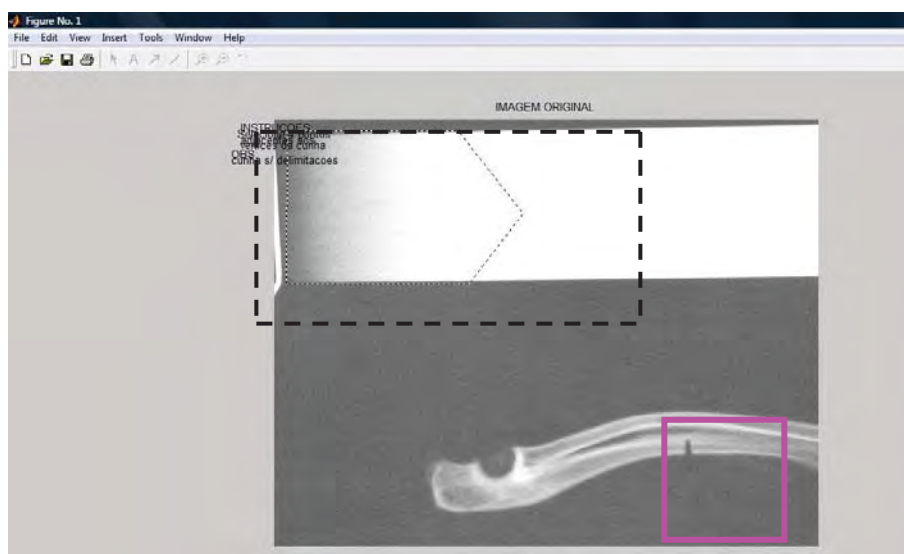


FIGURA 8 - Ao redor da cunha de alumínio está definida a área onde o programa “ODR” utilizará como referencial densitométrico e no antebraço a área de onde será feita a reconstrução da imagem.

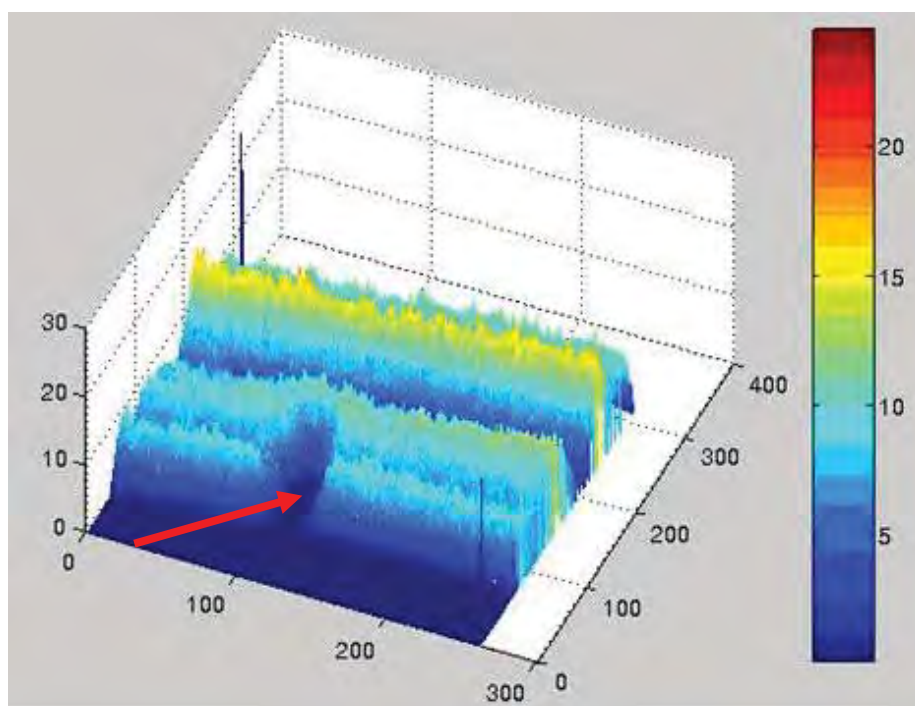


FIGURA 9 - Imagem reconstruída pelo “ODR” da cunha de alumínio (canto direito) e da região do antebraço com destaque para a simulação da linha de fratura (seta).

O programa “ODR” possibilitou uma visão “3D” do foco de “fratura” e as cores representam o grau de densidade óssea. O foco de fratura está de cor azul escuro pela ausência de tecido ósseo. Com o passar do tempo e com o processo de regeneração óssea a tonalidade deve passar de azul escuro para tons mais claros, até se assemelhar ao tom da estrutura adjacente, íntegra.

4 OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo fazer um levantamento das técnicas existentes, mais conhecidas e utilizadas para o diagnóstico por imagens, utilizadas no campo da medicina, enfatizando as que promovem informações tanto quantitativas quanto qualitativas no processo de reparo ósseo.

REFERÊNCIAS

BANKS, W. J. **Histologia veterinária aplicada**. São Paulo: Manole, 1991. p. 137-165.

BOONEN, S.; CHENG, X.; NICHOLSON, P. H. F.; VERBEKE, G.; BROOS, P.; DEOQUERER, J. The accuracy of peripheral skeletal assessment at radius in estimating femoral bone density as measured by dual-energy X-ray absorptiometry: a comparative study of single-photon absorptiometry and computed tomography. **Journal of Internal Medicine**, v. 242, n.4, p. 323-328, 1997

BRANDÃO, C.; HAUACHE, O.M. Osteoporose. 2007. Disponível em: <<http://www.fleury.com.br/Medicos/SaudeEmDia/ManualDoencas/pages/osteoporose.aspx>>. Acesso 25 maio 2010.

BUSHBERG, J. T.; SEIBERT, J. A.; LEIDEHOLT, E. M. et al: Nuclear magnetic resonance. In BUSHBERG, J. T.; SEIBERT, J. A.; LEIDHOLT, E. M. et al. Ed. **The essential physics of medical**, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002. p 373-413.b

CURRY, T.S.; DOWDEY, L. E.; MURRY, R. C. The production of x rays. In: CURRY, T. S.; OOWDEY, I. E.; MURRY, R. C.I.R. Ed. **Christensen's physics of diagnostic radiology**. 4.ed. Philadelphia; Lea & Febiger, 1990.p. 10-35.

DANGELO, J. G.; FATTINI, C. A. **Anatomia básica dos sistemas orgânicos**. São Paulo: Atheneu, 2000. p. 12-30.

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

DUBREZ, B.; JACOT-DESCOMBES, A.; PUN, T.; CIMASONI, G. Comparison of photodensitometric with high-resolution digital analysis of bone density from serial dental radiographs. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 21,n.1,p.40-44, 1992.

DUINKERKE, A. S. H.; VAN DE POEL, A. C. M.; VAN DER LINDEN, F. P. G. M.; DOESBURG, W. H.; LEMMENS W. A. J. G. Compensation of differences in density of radiographs by densitometry. **Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology**, v. 45, n. 4, p. 637-642, 1978.

FELDMAN, E. C.; NELSON, R. W. **Canine and feline endocrinology and reproduction**. Philadelphia: Saunders, 1996. p. 785.

GARTON, M. J.; ROBERTSON, E. M.; GILBERT, F. J.; GOMERSALL, L.; REID, D. M. Can radiologists detect osteopenia on plain radiographs. **Clinical Radiology**, v. 49, n.2, p. 118-122, 1994.

GÜRTLER, A. C.; KOLB, E.; SCHRÓDER, L.; KETZ, H. A.; SEIDEL, H. **Fisiologia veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1984. p. 454-478.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1997. p. 895-906.

HASHEMI, R. H.; BRADLEY, W. G. Radiofrequency pulse. In: HASHEMI, R. H.; BRADLEY, W.G. Ed. **MRJ the basics**. Baltimore; Williams & Wilkins, 1997. p. 32-40.

HAYASHI, T.; SATOH, H.; SOGA, T.; TANAKA, O.; ITABASHI, K.; OKUYAMA, K. Evaluation of bone density in newborn infants by computed X-ray densitometry. **Journal Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, v. 23, n. 2, p. 130-134, 1996.

HOFFMAN, R. M.; LAWRENCE, L. A.; KRONFELD, D. S.; COOPER, W. L.; SKLAN, D. J.; DASCANIO, J. J.; HARRIS, P. A. Dietary carbohydrates and fat influence radiographic bone mineral content of growing foals. **Journal of Animal Science**, v. 77, n.12, p.3330-3338, 1999.

HUI, S. L.; GAO, S.; ZHOU, X.; JOHNSTON JUNIOR, C. C.; LU, Y.; GLÜER, C. C.; GRAMPP, S.; GENANT, H. Universal standardization of bone density measurements: a method with optimal properties for calibration among several instruments. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 12, n. 9, p. 1463-1470, 1997.

JEFFCOTT, L. B.; MCCARTNEY, R. N. Ultrasound as a tool for assessment of bone quality in the horse. **The Veterinary Record**, v. 116,n.13, p. 337-342, 1985.

KALENDER, W. A. Principles of computed tomography. In: KALENDER, W.A Ed. **Computed tomography fundamentals, system technology, image quality, applications**. Erlangen: Publicis Corporate, 2005. p 1-35.

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**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

LOUZADA, M. J. Q. **Densitometria radiográfica**. 2009. 69f. Tese (Livre Docência)- Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Araçatuba. 2009.

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. **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. **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 Roentnology**, v. 82, n. 2, p. 303-310, 1959.

MAKAN, S.; BAYLEY, H. S.; WEBBER, C. E. Precision and accuracy of total bone mass and body composition measurements in the rat using X-ray-based dual photon absorptiometry. **Canadian Journal Physiology and Pharmacology**, v. 75, n. 10-11, p. 1257- 1261, 1997.

MARTIN, R. B.; PAPAMICHOS, L.; DANNUCCI, G. A. A. Linear calibration of radiographic mineral density using video-digitizing methods. **Calcified Tissue International**, v. 47, n.2, p. 82-91, 1990.

MEAKIM, D. W.; OTT, E. A.; ASAUITH, R. L.; FEASTER, J. P. Estimation of mineral content of the equine third metacarpal by radiographic photometry. **Journal of Animal Science**, v. 53, n. 4, p.1019-1 026, 1981.

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 densitometria óptica radiográfica**. 2003. 125f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

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

PLOTNIK, I. J.; BERESIN, V. E.; SIMKINS, A. B. Study of in vivo radiographic densitometry. **Journal of Dental Research**, v. 49, n. 5, p. 1034-1041, 1970.

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

RAHAL, S. C.; MORTARI, A. C.; CAPOLARI, 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**, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 421-425, 2002.

ROBB, R.A. Biomedical imaging: past, present and predictions. **Medical Imaging Technology**, v.24, n.1, p.25-37, 2006.

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 da densitometria óptica em imagens radiográficas: correlação entre peso, sexo, idade**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

SCHNEIDER, R. Radiology methods of evaluating generalized osteopenia. **Orthopedic Clinics of North America**, v. 15, n. 4, p. 631-651, 1984.

SEERAM, E. Computed tomography. In: SEERAM, E. Ed. **Computed tomography physical principles, clinical applications, and quality control**, 2.ed. Philadelphia: WB Saunders, 2001a.

SEO, S. G.; SHIRAKI, M.; AOKI, C.; CHEN, J. T.; AOKI, J.; IMOSE, K.; TOGAWA, Y.; INOUE, T. Assessment of bone density in the distal radius with computer assisted X-ray densitometry (CXD). **Bone and Mineral**, v. 27, n. 3, p. 173-182, 1994.

SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L.; BERNARDI, M. M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1999. p. 319-330.

STERMAN, F. A. **Avaliação da densidade mineral óssea em équinos atletas destinados ao enduro eqüestre pelo método de densitometria óptica radiográfica**. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

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. **Veterinary Medicine. Small Animal Clinician**, v.71, n.11, p. 1545-1550, 1976.

SWEZEY, R. L.; DRAPER, D.; SWEZEY, A. M. Bone densitometry: comparison of dual energy X-ray absorptiometry to radiographic absorptiometry. **The Journal of Rheumatology**, v. 23, n.10, p. 1734-1738, 1996.

THRALL, D. E.; WIDMER, W. R. Physics of diagnostic radiology, radiation protection, and darkroom theory. In: THRALL, D. **Textbook of veterinary diagnóstico radiology**:. 5th.ed. Missouri: Saunders, 2007. p.2-22,

TIDWELL, A. S. Principles of computed tomography and magnetic resonance imaging. In: THRALL, D. E **Textbook of Veterinary Diagnóstico Radiology**. 5th.ed. Missouri: Saunders, 2007. p.50-77.

TOMOGRAFIA computadorizada. Disponível em: <
http://pt.wikipedia.org/wiki/Tomografia_computadorizada>. Acesso em: 25 maio 2010.

TROUERBACH, W. T.; STEEN, W. H. A.; ZWANBORN, A. W.; SCHOUTEN, H. J. A. A study of the radiographic aluminum equivalent values of the mandible. **Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology**, v. 58,n.5, p. 610-616, 1984.

VOSE, G. P. Estimation of changes in bone calcium content by radiographic densitometry. **Radiology**, v. 93, n.4, p. 841-844, 1969.

VULCANO, L. C. **Determinação e padronização dos valores normais da densidade mineral óssea (DMO) do carpo acessório de eqüinos em crescimento, da raça Puro Sangue Inglês (PSI), por meio da densitometria óptica em imagem radiográfica.** Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

YANG, S.; HAGIWARA, S.; ENGELKE, K.; DHILLON, M. S.; GUGLIELMI, G.; BENDAVID, E. J.; SOEJIMA, O.; NELSON, D. L.; GENANT, H. K. Radiographic absorptiometry for bone mineral measurement of the phalanges: precision and accuracy study. **Radiology**, v. 192, n.3, p. 837-859, 1994.

YATES, A. J.; ROSS, P. D.; LYDICK, E.; EPSTEIN, R. S. Radiographic absorptiometry in the diagnosis of osteoporosis. **The American of Journal Medicine**, v. 98, p. 41S-47S, 1995.

CAPITULO 2

AVALIAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DO REPARO ÓSSEO POR IMAGENS PROCESSADAS PELOS PROGRAMAS “ImageJ” E “ODR”

QUALITATIVE AND QUANTITATIVE ASSESSMENT OF REPAIR OSSEOUS BY IMAGES PROCESSED BY THE PROGRAMS "ImageJ" AND "ODR"

J. F. FONZAR², M. J. Q. LOUZADA³

RESUMO

Fratura óssea é uma das ocorrências mais comuns no dia a dia do atendimento clínico e cirúrgico dentro da casuística de um hospital veterinário, sendo o diagnóstico por imagem seja ele por Radiografia (RX), Ultrassonografia (US) ou Tomografia Computadorizada (TC), os métodos utilizados para avaliação da extensão e comprometimento da fratura. Este estudo tem como objetivo demonstrar que os programas computacionais “ODR” e ImageJ, são ferramentas que podem auxiliar no diagnóstico, fornecendo dados quantitativos e qualitativos do reparo ósseo, favorecendo o diagnóstico na avaliação da fratura, como também, acompanhar o processo de reparo ósseo. Outro fator considerado foi o custo dos exames já existentes em diagnóstico e acompanhamento de fraturas por imagem, em particular a TC, tanto na aquisição do aparelho (Tomógrafo), como o custo operacional para a realização do exame. Foram avaliados vinte e três

² Médico Veterinário e pós-graduando em Ciência Animal – UNESP/Araçatuba.

³ Professor Adjunto da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - UNESP/Araçatuba, Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal.

fraturas de ossos longos de cães sadios que deram entrada nos serviços dos Hospitais Veterinários de Araçatuba e Andradina. Foram realizadas radiografias simples e usou-se padrão de alumínio como referência densitométrica, radiografado ao lado da fratura. As radiografias foram feitas no dia da entrada do paciente ao serviço do hospital veterinário e posteriormente em intervalos de dez a quinze dias. Estas radiografias foram digitalizadas por um escaner e avaliadas com os programas computacionais.

PALAVRAS-CHAVE: Densidade Óssea, Densitometria Radiográfica, Cão.

SUMMARY

Bone fracture is one of the most common occurrences in everyday clinical care and in surgical cases from a veterinary hospital, and diagnostic imaging be it by radiography (RX), Ultrasound (US) or computed tomography (CT), the methods used for assessing the extent and impaired fracture. This study aims to demonstrate that computer programs "ODR" and ImageJ, are tools that can aid in diagnosis, providing quantitative and qualitative data of bone repair, favoring the diagnosis in the evaluation of the fracture, but also monitor the repair process bone. Another factor considered was the cost of existing tests in the diagnosis and monitoring of fracture imaging, particularly CT, both in the acquisition of equipment (CT scanner), as the operating cost for the exam. We evaluated twenty-three long bone fractures in healthy dogs that entered the services of Araçatuba and Andradina hospitals Veterinarians. Radiographs were performed and used standard aluminum as reference densitometric radiographed next to the fracture. Radiographs were made on the day of entry of patients to the service animal hospital and later at intervals of ten to fifteen days. These radiographs were scanned by a scanner and analyzed with computer programs.

Key words: Bone Density, Radiographic Densitometry, Dog

INTRODUÇÃO

O diagnóstico por imagens é um dos setores que mais se desenvolvem na atualidade graças aos avanços tecnológicos constantes dos hardwares e softwares, aumentando a capacidade de armazenamento e processamento dos computadores, com custos reduzidos, beneficiando aplicações nas mais diversas áreas. Na clínica médica e odontológica, a tomografia computadorizada - TC, a ressonância nuclear magnética - RNM, a ultra-sonografia - US e mais recentemente a radiografia digital são técnicas freqüentes e rotineiras nos procedimentos de diagnóstico. Entretanto, apesar do barateamento do sistema computacional, aparelhos como TC e RNM ainda são caros, principalmente para os padrões econômicos das clínicas e hospitais brasileiros, tornando restrita sua utilização pela grande maioria da população.

Em medicina veterinária o cenário ainda é pior com poucos centros que possuem aparelhos destes tipos no Brasil, e mesmo naqueles que os possuem o exame é caro. Devido ao alto custo e aliado à praticidade do exame radiográfico, este ainda é a forma de diagnóstico mais utilizado pelos profissionais de saúde, principalmente pelos médicos veterinários.

Dentre as diversas utilidades do exame radiográfico, uma das mais requisitadas é a observação do estado do tecido ósseo, quer em relação à sua consistência, ou à sua arquitetura (normal ou com fratura). Segundo Moraes et al. (2004), avaliações radiográficas são importantes para observar a evolução do processo de reconstituição óssea, entretanto as radiografias convencionais são limitadas para analisar quantitativamente o reparo ósseo, uma vez que as alterações do processo de mineralização óssea somente podem ser detectadas quando acima de 30% de seu conteúdo (ROBSON et al. 2006; GARTON et al. 1994).

Procurando obter melhores informações qualitativas e quantitativas, diversos pesquisadores vêm se utilizando da densitometria radiográfica – DR, onde há uma avaliação do nível de enegrecimento do filme radiográfico proporcionado pela exposição à radiação X e a densidade e características geométricas do objeto exposto; assim, como realizado por Farrow (1982), avaliar a osteopenia e fraturas patológicas de ossos longos.

A nova tecnologia computacional aliada a DR vêm possibilitando melhores e mais confiáveis resultados tanto quantitativos quanto qualitativos (LOUZADA, 2009). Rahal et al. (2002) mostraram a eficiência da DR na avaliação da desmineralização óssea em gatos jovens induzidos ao hiperparatireoidismo secundário nutricional.

Novas técnicas para mensuração da massa óssea por meio da densitometria se propõem a oferecer informações importantes sobre a resistência óssea especialmente em ossos longos. Mais do que a análise qualitativa, através de exames clínicos e radiográficos, é interessante que sejam realizadas avaliações quantitativas (TURNER e EICH, 1991).

Dentre as técnicas empregadas *in vivo* pode-se citar a absorção direta por fótons (WENTWORTH et al. 1971), análise de ativação por nêutrons (AL HITI et al, 1976), tomografia computadorizada (REICH et al. 1976) e fotometria radiográfica (EKMAN et al. 1970), porém todas apresentam alto custo, inviabilizando a prática rotineira na clínica veterinária.

Com intuito de aproveitar melhor as informações contidas na radiografia, Louzada et al. (1998b) vêm trabalhando com a DR de maneira a desenvolver metodologia para avaliar quantitativamente e qualitativamente os processos onde ocorrem variações de massa óssea, comparando-os a um referencial densitométrico, normalmente por exibir curva de absorção da radiação X semelhante à de ossos. Em estudo posterior, Louzada et al. (1998a) validaram a metodologia ao avaliar a densidade óssea em tíbias de cães que passaram por processos de descalcificação controlada. A

tecnologia advinda dos recursos da informática possibilitou as análises quantitativas e qualitativas, e tem grande influência na precisão e acurácia do resultado, como demonstraram Louzada et al. (2001). Esses autores comentam sobre a vantagem da grande capacidade de manipulação da imagem após sua digitalização, graças às técnicas de processamento de imagens.

De acordo com Vulcano et al. (1997), a DR é passível de ser utilizada na rotina da clínica veterinária, uma vez que a técnica é de fácil aplicação, de baixo custo, possui boa sensibilidade, precisão e reprodutibilidade.

De Souza (2001) cita que pequenas alterações na densidade são associadas com grandes mudanças na resistência do osso, uma vez que a resistência óssea é proporcional ao quadrado da densidade, enquanto a elasticidade é proporcional ao cubo da densidade. Em estudos em humanos, O'Callaghan (1991) provou que o conteúdo mineral ósseo tem relação direta com a incidência de fraturas. Assim, a constante mensuração da densidade óssea pode orientar o clínico para a escolha da terapia adequada.

Em 2003, Pelissoni et al. utilizaram o programa computacional "ODR" (em desenvolvimento pelo Laboratório de Biofísica / UNESP – Araçatuba) e o programa "CROMOX[®]" (Versão 3.2) que realiza todos os procedimentos de cálculo densitométrico, para acompanhar qualitativamente e quantitativamente o processo de consolidação óssea, em trabalho experimental com ossos ulnas osteotomizadas de coelhos tratados com cetoprofeno, objetivando avaliar o grau de variação de densidade óssea desses ossos, com resultados animadores.

Mais do que a análise quantitativa e qualitativa da densidade óssea em fraturas de ossos longos, ressalta-se a praticidade para o médico veterinário em auxílio ao diagnóstico e evolução clínica real (consolidação óssea) a qual o paciente está submetido, bem como determinar o momento

em que o paciente estará apto a retomar atividades cotidianas sem danos à sua saúde.

Com base no exposto acima e com a hipótese que os programas computacionais "ImageJ" e "ODR" fornecem informações, respectivamente, quantitativas e qualitativas de DMO, com alto grau de precisão e confiabilidade, este trabalho teve como objetivo avaliar qualitativa e quantitativamente o processo de consolidação óssea de cães acometidos de fratura em ossos longos, utilizando a DR.

MATERIAL E MÉTODOS

No total foram avaliados 23 cães, 12 machos e 11 fêmeas, de raças não definidas, de idade entre 4 meses a 11 anos. Destes, quatro (4) animais foram cães que passaram por cirurgia experimental em suas tíbias (terço médio), no Hospital Veterinário de Araçatuba⁴, e 19 com fratura de osso longo, atendidos no Setor de Ortopedia do Hospital Veterinário de Andradina⁵, no período de abril de 2008 a junho de 2009. A realização das tomadas radiográficas ocorreu no dia de entrada no Setor de Ortopedia e em dias programados pelo serviço com a aceitação e compreensão dos proprietários.

Foram utilizados aparelhos de raios-X convencional com capacidade de 200 mA e 100 kV, chassi de 18 x 24 cm e 30 x 40 cm, com écrans intensificadores Kodak Lanex X - Omatic Regular Screens[®] (Kodak Eastman Company) e filmes radiográficos das marcas Kodak[®] e BFN[®].

As radiografias foram realizadas em duas incidências, crânio-caudal e médio-lateral, dos membros pélvicos e torácicos fraturados; dentre elas

⁴ Curso de Medicina Veterinária da Universidade Estadual Paulista – UNESP / Araçatuba, SP.

⁵ FEA – Fundação Educacional de Andradina, SP.

escolheu-se a que melhor exibiu a linha de fratura. As fraturas escolhidas foram as do tipo completa transversal, oblíqua e ou em bixel, sem levar em conta a localização da fratura, se epifisária, metafisária ou diafisária. Após exame radiográfico e laudo básico, os animais foram encaminhados para o setor de ortopedia para procedimento de redução, cirúrgico ou não, da fratura. Após o procedimento de redução e ou osteossíntese, os animais retornavam ao setor de radiologia para nova radiografia.

Foi utilizada uma cunha e uma escada de alumínio (liga 6063, ABNT) que foram posicionadas lateralmente a fratura, e serviram como referencial densitométrico (Figura 10).

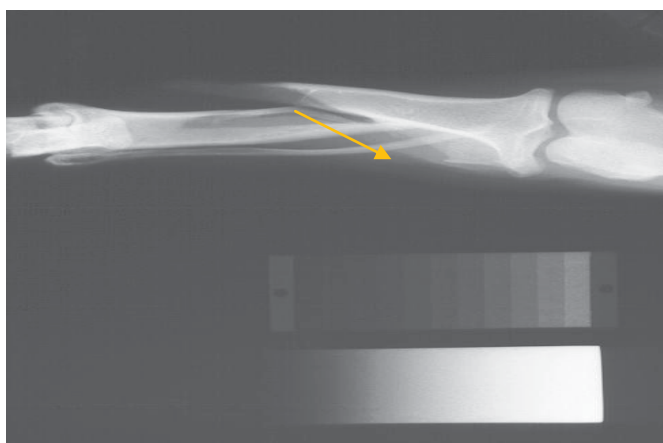


Figura 10. Imagem radiográfica crânio caudal de tíbia e fíbula de um cão com fratura em bixel diafisária, juntamente com os referenciais densitométricos.

As imagens radiográficas foram digitalizadas com 200 DPIs (“Dots per Inch”, medida de resolução da imagem), por um scanner HP, acoplado a um adaptador para transparência da mesma marca, e estas imagens foram armazenadas com extensão TIFF.

Para a avaliação radiográfica foram utilizados os programas “ImageJ”, versão 1.4.3.67, de domínio público na internet, e “ODR” (em desenvolvimento pelo Laboratório de Biofísica – UNESP/Araçatuba).

Com o programa ImageJ, as imagens radiográficas digitalizadas foram processadas com o intuito de avaliar a densidade mineral óssea - DMO. Com o auxílio do mouse, as regiões de interesse, foco da fratura e os degraus da escada de alumínio, foram selecionadas. A seguir, a área delimitada pelo mouse foi analisada e a DR determinada (valores em níveis de cinza (até 256)). Estes valores foram convertidos para valores em espessura de alumínio de acordo com Louzada, 2009.

O programa “ODR” apresenta linguagem na plataforma de análises numéricas MATLAB® e processou as imagens radiográficas digitalizadas fornecendo novas imagens tridimensionais e coloridas (Pelissoni et al., 2003), onde os eixos X e Y dessas imagens tridimensionais representam os pontos da imagem originalmente digitalizada, enquanto o eixo Z representa os valores de DR expressos em milímetros de alumínio (Figura 11).

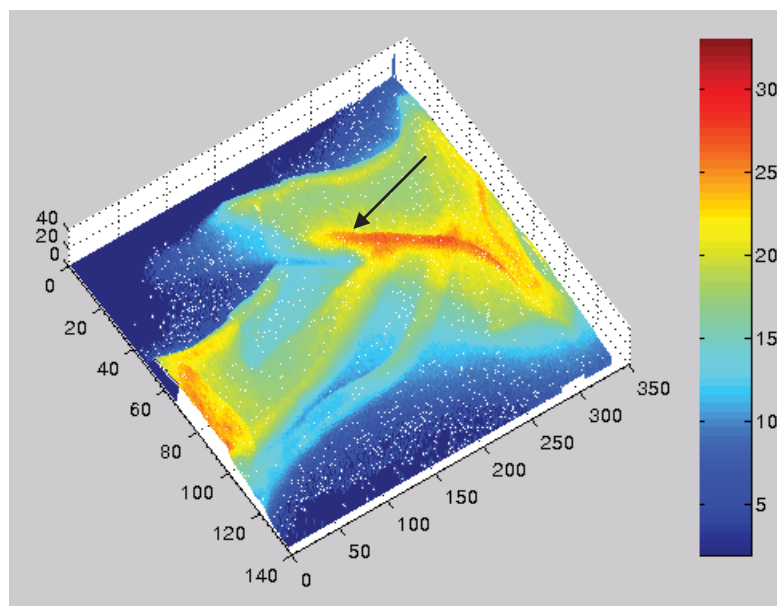


Figura 11. Imagem da tela do computador do foco de fratura em tíbia e fíbula do cão da Figura 10, obtida pelo programa computacional “ODR”. Ao lado imagem refeita da cunha de alumínio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 estão os valores de densidade óssea (em milímetros de alumínio) obtidos nos 23 cães que participaram do estudo. Apesar dos valores variarem significativamente entre os cães, e isto pode estar vinculado às diferenças de raça e idade dos cães, demonstram individualmente de forma quantitativa o processo de regeneração óssea ao longo do tempo.

Tabela 1 - Valores de densidade mineral óssea – DMO, em mmAl, obtidos pela DR, no foco de fratura de cães, em diversos dias de acompanhamento.

Cão	DMO (mmAl)							
	Entrada	Pós Cirúrgico	10 a 14 dias	15 a 25 dias	25 a 30 dias	30 a 35 dias	40 a 50 dias	60 dias
1	0,73				3,83			
2	4,85							
3	2,73	4,95				7,17		8,53
4	5,34			8,66				
5	5,13	6,82	7,54					9,63
6	5,74		7,35	8,52				
7	5,74	6,26						10,21
8	3,50							
9	2,67	3,50						
10	2,23							
11	2,23							
12	4,50		5,68	6,79				7,85
13	4,20		5,80		8,83			8,97
14	3,81		6,93					
15			6,40					
16	4,09	5,16	6,46	8,86	4,63*			
17	4,95	5,04						
18	4,59							
19	3,56							
20		4,75		3,52	4,59	5,86	5,00	5,20
21		3,77	3,44	3,69	3,83	4,17	4,43	
22				5,23	5,35	5,48		5,46
23			4,51	4,22	4,39	3,76		

*Nova fratura.

Obs.: Os cães de números 20, 21, 22 e 23 foram os que passaram por procedimento experimental, no HV – UNESP/Araçatuba.

O que se observa na prática clínica é que vários proprietários não retornam ao Serviço para o devido acompanhamento pelo médico veterinário. Assim, os cães 2, 8, 10, 11, 18 e 19 só foram avaliados no dia de entrada ao Hospital, e isto é um procedimento que se observa com grande frequência e, a nosso ver, é um problema cultural. Mesmo os cães 1, 4, 7 e 14 o comparecimento foi baixo, sem a possibilidade de uma avaliação temporal.

Na Figura 12 está apresentada uma seqüência de imagens do cão que sofreu osteotomia (seccionamento cirúrgico) em radio e ulna, no terço médio. Foram realizadas 8 tomadas radiográficas: Pré, Pós operatório, 14, 21, 28, 35, 45 e 60 dias, destas apenas a do dia da fratura, a de 35 dias e a de 60 dias estão demonstradas na figura 12 (coluna A, de cima para baixo). Estas tomadas radiográficas foram digitalizadas e as análises realizadas pelos programas computacionais. Nas colunas B e C são apresentadas as imagens fornecidas pelo programa "ODR". Na coluna B é visualizado a osteotomia em um panorama lateral, onde se observa a descontinuidade promovida pela cirurgia no tecido ósseo. Na coluna C estão as imagens com certo ângulo, onde se observa toda a linha da fratura e seu preenchimento com o tempo (de cima para baixo).

O exame radiográfico, embora amplamente utilizado em clínicas veterinárias para o diagnóstico de fratura, não oferece informações quantitativas do tecido ósseo. Esse fato justifica a importância da utilização da densitometria óssea para avaliar detalhadamente a consolidação óssea. De acordo com Farrow (1982), com a densitometria é possível observar a presença de fraturas patológicas de ossos longos bem como se o indivíduo apresenta osteopenia. Para Crovace et al. (1992), a densitometria é de grande valia para analisar qualitativamente e quantitativamente o dano ósseo real, a severidade da doença e a resposta terapêutica. Rahal et al. (2002) constataram que um sistema computadorizado daria maior precisão

na leitura da densidade óptica em imagens radiográficas, conforme foi observado no presente estudo.

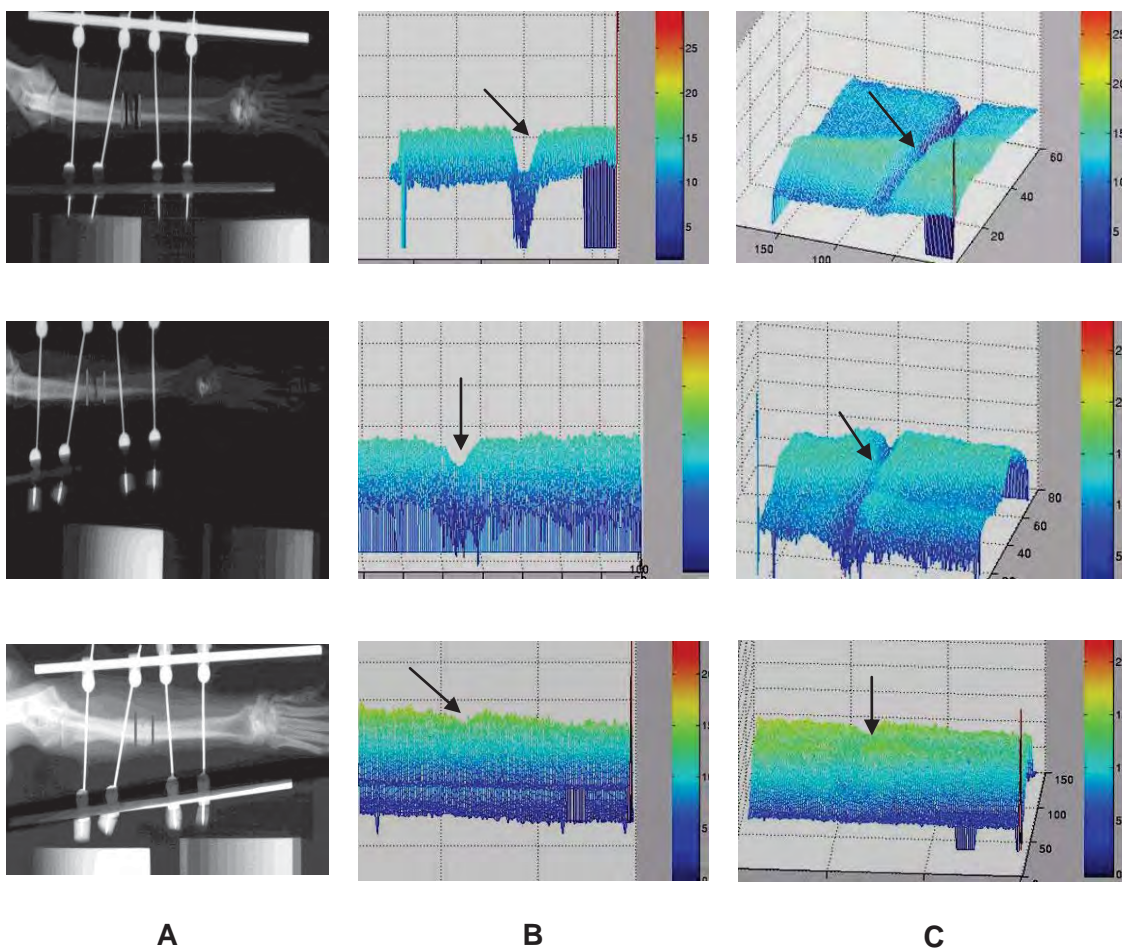


Figura 12. Tomadas radiográficas de um cão osteotomizado, acompanhado durante processo de consolidação (de cima para baixo: pós-cirúrgico, 35 dias e 60 dias): A) Imagens radiográficas; B e C) Imagens reconstruídas pelo programa “ODR”. A seta indica o foco de fratura.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com esse trabalho demonstram a facilidade, simplicidade, utilidade e viabilidade dos programas computacionais “ODR” e “IMAGEJ”, que têm como base metodológica a densitometria radiográfica, no fornecimento de dados quantitativos e qualitativos de avaliação da densidade mineral óssea no acompanhamento da consolidação do foco de fratura.

REFERÊNCIAS

AL-HITI, J.; THOMAS, B. J.; AL-TIKRITY, S. A.; ETTINGER, K. V.; FREMLIN, J. H.; DABEK, J. T. Spinal calcium. Its in vivo measurement in man. **International Journal of Radiation Applications and Isotopes**, v.27, p.97, 1976.

CROVACE, A.; BELLO, A.; MASTRONARDI, M. Studio dell'iperparatiroidismo secondario alimentare del gatto mediante la densitometria ossea bifotonica computerizzata. *Documenti Veterinari*, v.13, n.10, p.61-4, 1992.

DE SOUZA, A. C. A. Métodos de medida de massa óssea. Sociedade Brasileira de densitometria clínica. Curso oficial de habilitação em densitometria, versão 2.2, p. 107-124, 2001.

EKMAN, B.; LJUNGQUIST, K. G.; STEIN, U. Roentgenologic – photometric method for bone mineral determination. *Acta Radiol. Diag.*, v.10, p.305, 1970.

FARROW, C. S. Exercise in diagnostic radiology. *Can Vet J*, v.23, p.253-254, 1982.

GARTON, M. J.; et al. Can radiologist detect osteopenia on plain radiographs? *Clinical Radiology*, v. 49, p. 118-122, 1994.

LOUZADA, M. J. Q. Otimização da técnica de densitometria óptica em imagens radiográficas de peças ósseas. Estudo “in vitro”. Tese de doutorado, DEB/FEE, UNICAMP, Campinas. 191 p., 1994.

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. **Revista brasileira de Engenharia / Caderno de Engenharia Biomédica**, v.14, n.1, p.47-64, 1998.

LOUZADA, M. J. Q.; PELÁ, C. A.; BELANGERO, W. D.; SANTOS-PINTO, R. Metodologia para avaliação de densidade em imagens radiográficas. **Revista brasileira de Engenharia / Caderno de Engenharia Biomédica**, v.14, n.2, p.37-47, 1998.

LOUZADA, M. J. Q.; NOGUEIRA, G. P.; GARCIA JÚNIOR, I. R.; CARVALHO, C. A.; DE PAULA, G. A. Densitometria óptica radiográfica em análise de densidade óssea de mandíbulas de coelhos castrados. UNIMEP- Universidade Metodista de Piracicaba, v.13, n.1, 2001.

LOUZADA, M. J. Q. Densitometria Radiográfica. Tese de Livre Docência, FOA, UNESP, Araçatuba. 69 p., 2009.

MORAES, P. C.; PADILHA-FILHO, J. G.; CANOLA, J. C.; SANTOS, L. A.; MACORIS, D. G.; ALESSI, A. C.; CASTRO, M. B.; DÓRIA-NETO, F. A. Biocompatibilidade do cimento de fosfato de cálcio implantado no rádio de coelhos. *Acta Cir Bras* [serial online] 2004 Jul-Ag;19(4).

O`CALLAGHAN, M. W. Abrief look at new technologies and their potential application to equine diagnosis. **Veterinary Clinics of North America**, v.7, n.2, p.467-479, 1991.

PELISSONE, L. G. R. Influência do cetoprofeno na consolidação óssea de ulnas osteotomizadas de coelhos: estudo qualitativo e quantitativo através de programas computacionais. **Acta Cirurgica Brasileira**, v18, n.5, 2003. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-86502003000500011 >. Acesso em: 18 ago 2009.

RAHAL, S. C.; GARIB, M. I.; MATSUBARA, F. M.; VULCANO, L. C.; LOUZADA, M. J. Q. Imobilização de fraturas femorais em gatos usando pino intramedular conectado ou não ao fixador esquelético externo. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.34, n.6, p.1841-1847, 2004.

RAHAL, S. C.; MORTARI, A. C.; CAPORALI, E. H. G.; VULCANO, L. C.; DOS 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, Santa Maria**, v.32, n.3, p.421-425, 2002.

REICH, N. E.; SEIDLMANN, F. E.; TUBBS, R. R.; MACLINTYRE, W. J.; MEANY, T. F.; ALFIDI, R. J.; PEPE, R. G. Determination bone mineral content using CT scanning. **Amer. J. Roentgenol.**, v.127, p.593, 1976.

ROBSON, G. F.; BALIERO, J. C. C.; STERMAN, F. A.; PINTO, A. C. B.; MIGLINO, M. A.; ZATZ, M.; AUADA, C. R. F. Estudo longitudinal da densidade mineral óssea em cães jovens da raça Golden Retriever: Correlações com idade e peso corpóreo. **Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci**, São Paulo, v.43, n.5, p.681-687, 2006.

TURNER, C. H.; EICH, M. Ultrasonic Velocity as a predictor of strength in bovine cancellous bone. **Calcif. Tissue Int.**, v.49, p.116-19, 1991.

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 Quarto de Milha através da densitometria óptica radiográfica. **A Hora Veterinária**, ano 17, n.100, 1997.

WENTWORTH, R. A.; KALLFELZ, F. A. A.; HILTZ, F. L.; SCHRYVER, H.; SHEFFTY, B.; KROOK, L. P. In vivo stimation of boné mineral content. A research and diagnostic technique for veterinary medicine. **Amer. J. Vet. Res.**, v.32, p.985, 1971.