

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

**Determinação do defeito crítico em ulna de *Gallus gallus domesticus***

**Mariana Zacouteguy Boos**

**Porto Alegre**

**2017**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

**Determinação do defeito crítico em ulna de *Gallus gallus domesticus***

**Autor:** Mariana Zacouteguy Boos

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Ciências Veterinárias na área de Morfologia, Cirurgia e Patologia Animal.

**Orientador:** Prof. Dr. Marcelo Meller Alievi

**Porto Alegre**

**2017**

### CIP - Catalogação na Publicação

Boos, Mariana Zacouteguy

Determinação do defeito crítico em ulna de Gallus gallus domesticus / Mariana Zacouteguy Boos. -- 2017. 44 f.

Orientador: Marcelo Meller Alievi.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Porto Alegre, BR-RS, 2017.

1. Ortopedia. 2. Fraturas. 3. Aves. 4. Não-união. 5. Consolidação. I. Meller Alievi, Marcelo , orient. II. Título.

Mariana Zacouteguy Boos

**Determinação do defeito crítico em ulna de *Gallus gallus domesticus***

Aprovada em

APROVADO POR:

---

Prof. Dr. Marcelo Meller Alievi (UFRGS)  
Orientador e Presidente da Comissão

---

Profª. Dra. Ana Cristina Pacheco de Araújo (UFRGS)  
Membro da Comissão

---

Prof. Dr. João Eduardo Wallau Schossler (UFSM)  
Membro da Comissão

---

Prof. Dr. Márcio Poletto Ferreira (UFRGS)  
Membro da Comissão

## AGRADECIMENTO

Agradeço á minha família, Arthur, Themis e Flávia que sempre me apoiaram e me deram suporte em todos os momentos da minha vida. Sem vocês nada teria sentido.

Agradecimento especial a minha irmã, Flávia, que ajudou imensamente durante o processo dessa dissertação. Quem tem irmão tem tudo! hehehe

À minha vó, Corina, que sempre sofreu comigo ou ficou tão feliz quanto eu em minhas conquistas, e sempre faz eu acreditar que tudo vai dar certo. Obrigada por todas as velas que já acendeste, desde o vestibular até a prova de doutorado.

Ao resto da família trapo, tias, tios, primos que sempre torceram por mim.

Aos meus amigos de toda vida Raca, Tici, Rê e Daniel pela imensa amizade, paciência pelas ausências e pelos mates, sempre muito bom contar com vocês em todas as etapas da minha vida.

À toda família Sotvet professor Alievi, Lucas, Ale, Ned, Manu, Vê, Aires, Titi, Ruivo, Bernardo e Kauê pela amizade, companheirismo, risadas, por tudo que aprendemos juntos e por toda colaboração nesse projeto.

Ao meu orientador professor Marcelo Alievi pela orientação, principalmente nessa etapa final.

Aos funcionários do raio x Jaques e Charlene que sempre ajudaram com muita boa vontade nos exames do experimento.

Ao professor Emerson Antônio Contesini pelo empréstimo do aparelho de bisturi ultrassônico, o qual foi essencial para a execução desse experimento.

Ao setor de patologia pelas amostras analisadas.

Aos funcionários do bloco de ensino pela ajuda durante os procedimentos cirúrgicos, mas principalmente agradeço ao funcionário Marquinhos por toda a ajuda durante todo o experimento ajudando a manter limpo e organizado a sala onde os animais permaneceram.

Aos animais que fizeram parte desse experimento.

Ao CNPq pela bolsa de mestrado.

## RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi determinar um defeito crítico em ulna de galinhas domésticas (*Gallus gallus domesticus*) como modelo de não-união, visando contribuir com o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a substitutos ósseos naturais ou sintéticos em aves. Foram utilizadas 25 galinhas adultas separadas aleatoriamente em cinco grupos. No grupo 0 foi realizada osteotomia diafisária transversa da ulna e nos grupos I, II, III e IV foi realizada ostectomia de uma, duas, três e quatro vezes o diâmetro ósseo, respectivamente. O defeito foi estabilizado com um pino intramedular de Kirschner (1,5mm). As aves foram avaliadas clinicamente e radiografadas a cada 10 dias até 60 dias de pós-operatório. A taxa de consolidação do defeito ósseo foi 100% para o grupo 0, 80% para o grupo I, 20% para os grupos II e III e 0% para o grupo IV. Foi observado migração do pino intramedular em 24% das aves. Conclui-se que o defeito crítico em ulna de galinhas domésticas é representado pelo defeito de quatro vezes o diâmetro ósseo.

**Palavras-chave: ortopedia, fratura, aves, não-união, consolidação.**

## ABSTRACT

The objective of the present study was to determine the critical defect in domestic hens' ulna (*Gallus gallus domesticus*) as a nonunion model, aiming to contribute to the development of research related to natural or synthetic bone substitutes in birds. Twenty-five adult hens were randomly assigned to five groups. In group 0, transverse diaphyseal osteotomy of the ulna was performed and in groups I, II, III and IV, osteotomy of one, two, three and four times the bone diameter, respectively. The defect was stabilized with an intramedullary Kirschner pin (1.5mm). The birds were clinically evaluated and radiographed every 10 days up to 60 postoperative days. The rate of bone defect consolidation was 100% for group 0, 80% for group I, 20% for groups II and III and 0% for group IV. Migration of the intramedullary pin was observed in 24% of the birds. It is concluded that the critical defect in ulna of domestic chickens should represent that of four times the bone diameter.

**Key-words: orthopedics, fractures, birds, nonunion, consolidation.**

## LISTA DE FIGURAS

**FIGURA 1** – Procedimento cirúrgico em ulna de galinha. A) determinação do diâmetro ósseo com especímetro. B) Osteotomia com bisturi ultrassônico. C) Pino intramedular no canal medular da ulna. D) Segmento ósseo de uma vez o diâmetro removido.....24

**FIGURA 2** – Imagem radiográfica médio-lateral de cada grupo dos feitos ósseos em ulna de galinha aos 60 dias de pós-operatório organizado em linha. A) G0. B) GI. C) GII. D) GIII. E) GIV.....29

**FIGURA 3** – Avaliação radiográfica e porcentagem da consolidação em defeitos ósseos de diferentes dimensões em ulna de *Gallus gallus domesticus*.....30

**FIGURA 4** – Imagem radiográfica médio-lateral de defeitos ósseos de duas vezes o diâmetro (GII), em ulna de galinha, em diferentes períodos pós-operatórios. A) 10 dias. B) 20 dias. C) 30 dias. D) 40 dias. E) 50 dias. F) 60 dias.....32



## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1** – Escore para avaliação radiográfica proposto por Ehrhart *et al.* (2005) e adaptado para avaliação da consolidação em defeitos ósseos em ulna de *Gallus gallus domesticus*.....25
- TABELA 2** – Representação da média, desvio padrão do escore e significância por tempo dentro de cada grupo do escore da avaliação radiográfica (máximo 6) baseado na tabela proposta por Ehrhart *et al.* (2005) e adaptada para este trabalho.....31

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

g	gramas
FAVET	Faculdade de Veterinária
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
CEUA	Comissão de Ética no Uso de Animais
kg	quilograma
m	metro
PO	pós-operatório
AST	aspartato aminotransferase
G0	grupo 0
GI	grupo I
GII	grupo II
GIII	grupo III
GIV	grupo IV
CO <sub>2</sub>	dióxido de carbono
mg	miligrama
IM	intramuscular
%	porcentagem
NaCl	cloreto de sódio
mm	milímetro
SID	uma vez ao dia
VO	via oral
CONCEA	Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal
CFMV	Conselho Federal de Medicina Veterinária
HE	hematoxilina eosina
cm	centímetro

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo geral .....	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
4. JUSTIFICATIVA .....	17
5. HIPÓTESE .....	18
6. ARTIGO.....	19
7. DISCUSSÃO .....	37
8. CONCLUSÕES .....	41
REFERÊNCIAS .....	42

## INTRODUÇÃO

Com a crescente urbanização, a clínica de animais silvestres vem ganhando cada vez mais importância, tendo em vista os frequentes acidentes provocados pela ação antrópica. Dentre os eventos traumáticos, as lesões mais comuns são as fraturas (MCCARTNEY, 1994). Antes de planejar a conduta e o tratamento mais adequado é importante identificar qual o tipo de ave que será tratada: de companhia, cativo ou selvagem. As aves selvagens necessitam de recuperação completa, funcional e anatômica para serem plenamente reabilitadas (GOUVEA *et al.*, 2010 apud QUEIRÓS *et al.*, 2002). O manejo cirúrgico das fraturas em aves, principalmente nas selvagens, é desafiador, visto que frequentemente ocorrem fraturas expostas e/ou cominutivas (BENNETT & KUZMA, 1992) e a recuperação imperfeita na ave de vida livre pode condená-la ao cativeiro ou até mesmo à eutanásia.

As fraturas cominutivas em aves são frequentes (LEOTTE *et al.*, 2004) e podem estar associadas a falhas ósseas (BOLSON *et al.*, 2005). Para o tratamento das falhas ósseas provocadas por fraturas cominutivas de ossos longos é possível optar pela substituição de um segmento ou o preenchimento da falha utilizando-se enxerto ou implante como adjuvantes no tratamento (HENRY & WADSWORTH, 1981). As opções de estabilização e tratamento para essas falhas são escassas em aves (TUNIO *et al.*, 2015).

Os defeitos ósseos são comuns em cirurgia ortopédica, seu tamanho crítico é definido como a menor falha óssea que não consolida espontaneamente durante o tempo de vida do animal em um osso e espécie específicos (PARK *et al.*, 2008; HUH *et al.*, 2005). Algumas espécies de animais, principalmente mamíferos, são utilizadas como modelo de não-união, mas os estudos relacionados a aves são escassos. O defeito adequado para avaliar materiais de enxertia ou implantes deve ser de tamanho crítico e os modelos de animais utilizados devem ser adultos devido a alta capacidade dos animais jovens para consolidação óssea (ANDERSON *et al.*, 1999).

O objetivo desse trabalho é determinar o defeito crítico em ulna de *Gallus gallus domesticus* para elaborar modelo de não-união e possibilitar a contribuição com pesquisas relacionadas a substitutos ósseos naturais ou sintéticos em aves, visto que são

recorrentes as lesões cominutivas ou com falhas ósseas neste grupo de animais e o seu tratamento permanece um desafio para o médico veterinário.

## **OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Determinar o defeito ósseo crítico em ulna de *Gallus gallus domesticus*.

### **2.2 Objetivos específicos**

Avaliar taxa e tempo de consolidação óssea em osteotomia e ostectomia de 1, 2, 3 e 4 vezes o diâmetro da ulna.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No atendimento a aves grande parte das afecções necessitam de resolução cirúrgica, sendo as osteossínteses as mais comuns (MCCARTNEY, 1994). Os membros torácicos (asas) e os membros pélvicos são frequentemente acometidos por fraturas (WILLIAMS *et al.*, 1987). Bolson *et al.* (2005) destacaram que as fraturas em aves de vida livre podem ser ocasionadas principalmente por acidentes com obstáculos impostos pelo homem, como os fios elétricos ou telefônicos, telas, grades, vidros ou outras barreiras físicas que impedem o voo livre sem riscos.

As fraturas em ossos da asa são frequentes em aves, devido a importância desse membro para o voo é importante realizar a restauração adequada para assegurar retorno a função. A restauração imperfeita ou insuficiente poderá condenar a ave ao cativeiro, condição inaceitável para algumas espécies de vida livre (BELLANGEON & PATAT, 1984). O esqueleto das aves tem algumas peculiaridades que o diferem dos mamíferos. Os ossos são leves, cortical fina, canal medular largo (WEST *et al.*, 1996), providos de medula óssea ou ocos, e alguns apresentam comunicação com sacos aéreos e, conseqüentemente, com o sistema respiratório (BOLSON *et al.*, 2008).

Outra característica importante é a escassez de tecidos moles envolvendo os ossos longos o que pode prejudicar a consolidação das fraturas (OROSZ, 2002). Além disso, a cortical fina e o canal medular largo, favorecem a ocorrência de fraturas diafisárias e cominutivas (DALMOLIN *et al.*, 2007). Quando ocorre no úmero resultam ainda em grande deslocamento dos fragmentos pela inserção do músculo peitoral no fragmento proximal (WANDER *et al.*, 2000). Devido a tais características fica difícil estabelecer um método de estabilização de fraturas que seja eficiente em todos os ossos das aves (BOLSON *et al.*, 2008).

Os objetivos da osteossíntese em aves são similares aos dos mamíferos, sendo eles o alinhamento dos fragmentos, recuperação biomecânica da estrutura afetada e estabilização rígida após a redução da fratura (WILLIAMS *et al.*, 1987). Esta estabilização deve ser capaz de proporcionar rápido retorno à função, permitir formação de calo ósseo e rápido desenvolvimento de vasos sanguíneos, minimizando os danos às estruturas adjacentes como nervos, vasos e músculos (MACCOY, 1991). Além disso o

método de ostessíntese deve ser tolerado pela ave e proporcionar curto tempo cirúrgico e anestésico (LEOTTE *et al.*, 2004).

As fraturas cominutivas em aves são frequentes na clínica veterinária (LEOTTE *et al.*, 2004), associadas normalmente a falhas ósseas em função da perda de fragmentos ósseos por necrose ou exposição ao meio externo (HENRY & WADSWORTH, 1981), o que diminui a chance de consolidação com retorno à função (JONES & REDIG, 2001). As opções de estabilização e tratamento de fraturas com defeitos ósseos de aves são poucas (TUNIO *et al.*, 2015) e representam desafio ao cirurgião ortopédico (BOLSON *et al.*, 2005). Para o tratamento das falhas ósseas provocadas por fraturas cominutivas de ossos longos é possível optar pela substituição de um segmento ou o preenchimento da falha utilizando-se enxerto ou implante como adjuvantes no tratamento (HENRY & WADSWORTH, 1981). Em decorrência dessas falhas ósseas, a maior parte das reconstruções ósseas em aves tem consolidação indireta (DALMOLIN *et al.*, 2007). Isso porque, dificilmente se consegue estabilização rígida, que mantenha em mínimo ou zero o intervalo de fratura, que corresponde à distância entre um coto ósseo e outro (BOLSON *et al.*, 2008).

Fraturas de rádio e ulna e carpo-metacarpo podem ser estabilizadas com bandagem "em 8" em pássaros pesando até 100g em que é inviável a utilização de pinos para estabilização. A bandagem pode ser utilizada também em casos de fraturas somente de ulna mas com o rádio preservado, entretanto, para evitar o estresse sobre o rádio pode-se utilizar, quando possível, outra técnica de imobilização na ulna (MACCOY, 1992). Esta bandagem também pode ser utilizada no pós-operatório contribuindo para melhor consolidação (CHRISTEN *et al.*, 2005; BENNERT *et al.*, 2016). Fraturas de rádio e ulna de pombos obtiveram consolidação radiográfica após 5 semanas com a utilização de fixação interna e 8 semanas após fixação externa. Em fratura apenas de rádio a fixação externa foi suficiente, entretanto quando a fratura envolvia o rádio e a ulna a aplicação de um fio de Kirschner na ulna resultou em consolidação em aproximadamente 3 semanas (NEWTON & ZIETLIN, 1977).

Poucos estudos foram desenvolvidos avaliando a consolidação óssea em aves, e, apesar dele acontecer mais rapidamente, há muitas semelhanças com a consolidação dos mamíferos (MARTIN; RITCHIE, 1994). Martin & Ritchie (1994) relataram que em fraturas adequadamente estabilizadas em pombos a estabilização do foco de fratura



ocorre entre duas a três semanas e que a consolidação radiográfica entre três e seis semanas. Da mesma forma, Alievi *et al.* (2002) verificaram a estabilização de fraturas em tibiotarso de pombos antes da consolidação radiográfica, em vista da formação de calo cartilaginoso aos 15 dias. Entretanto, em fraturas com instabilidade e pobremente alinhadas foram observadas poucas mudanças entre 4 e 12 semanas (MARTIN & RITCHIE, 1994).

Os defeitos ósseos são comuns em cirurgia ortopédica, seu tamanho crítico é definido como o menor defeito ósseo que não consolida espontaneamente durante o tempo de vida do animal em um osso e uma espécie específicos (HUH *et al.*, 2005; PARK *et al.*, 2008). O defeito adequado para avaliar materiais de enxertia ou implantes deve ser crítico e os modelos de animais utilizados devem ser adultos devido a alta capacidade dos animais jovens para consolidação óssea (ANDERSON *et al.*, 1999). Alguns modelos de não-união já são consagrados. Huh *et al.* (2005) realizaram estudo para determinar o defeito crítico em mandíbula de cão. Apesar de ser modelo largamente utilizado não havia consenso sobre a dimensão do defeito e o efeito do periosteio sobre ele. Para tal, foram utilizados dois tipos de defeitos um com excisão do periosteio e outro com sua manutenção, e foram criadas falhas ósseas de 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 e 60mm concluindo que o defeito crítico aumenta quando o periosteio é preservado. Outros dois experimentos com defeito ósseo na diáfise de fêmur em cães foram realizados, sendo que em um foi induzida falha de 3cm para testar implante cilíndrico de titânio, semelhante á uma gaiola, como adjuvante no tratamento de defeitos, nesse experimento o grupo controle manteve o defeito e o grupo em que foi empregado o implante consolidou (LINDSEY *et al.*, 2005) e em outro foi induzida uma falha de 5cm para avaliação da utilização de implante ósseo cortical alógeno conservado em mel na sua reconstrução, em que se observou taxa de incorporação de 79,2% (ALIEVI *et al.*, 2007).

Em um estudo para avaliar implantes ósseos corticais alógenos conservados em mel, congelados a  $-70^{\circ}\text{C}$  ou liofilizados em felinos foi confeccionado falha óssea de 3cm na diáfise femoral (FERREIRA *et al.*, 2012). Defeito calvário em ratos também é modelo de não-união amplamente utilizado (PARK *et al.*, 2008). Defeitos experimentais de 15mm como defeito crítico no rádio de coelhos também já foram utilizados em estudos com enxertos (KASTEN *et al.*, 2008). Tunio *et al.* (2015) em um estudo para

avaliar a incorporação de enxerto em ulna de pombo utilizaram falhas ósseas de 1cm como defeito de tamanho crítico.

Em outros experimentos, a falha óssea induzida foi baseada no tamanho do diâmetro ósseo diafisário, como no trabalho de Christou *et al.* (2014) que utilizaram ovinos como modelo de não-união e para tal induziram uma falha de 5cm baseado no diâmetro de 2,2cm da diáfise tibial, determinando que o defeito crítico em tibia de ovino é de duas a duas vezes e meio o diâmetro desse osso. An & Friedman (1999) relataram que rádio de coelhos são descritos como modelo de não-união e que é determinado que o defeito crítico é duas vezes o diâmetro da diáfise radial que mede entre 5 e 6mm. Nas aves ainda não se sabe qual o defeito crítico na maioria das espécies, portanto, são necessários mais estudos para defini-lo. As aves, como modelo de não-união, não são frequentemente utilizadas, em vista disso a literatura referente ao tema é escassa.

## JUSTIFICATIVA

Devido a alta incidência de fraturas cominutivas associadas a perdas ósseas e a falta de estudos relacionados ao defeito ósseo crítico da maioria das aves, a identificação do defeito crítico na ulna de *Gallus gallus domesticus* como modelo de não-união será de suma importância para a realização de pesquisas relacionadas a substitutos ósseos naturais ou sintéticos e para aprimoramento de técnicas cirúrgicas hoje existentes. Além disso, será possível extrapolar essa informação para auxiliar na tomada de decisão relacionada a conduta de tratamento em aves apresentando fraturas graves e com perdas ósseas.

## **HIPÓTESE**

É esperado que o grupo II não demonstre taxa de consolidação elevada e que o grupo III se comporte como defeito ósseo crítico.

**ARTIGO**

**Determinação do defeito crítico em ulna de *Gallus gallus domesticus***

Mariana Zacouteguy Boos e Marcelo Meller Alievi

Artigo a ser submetido para revista **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**

## **Determinação do defeito crítico em ulna de *Gallus gallus domesticus***

**[Determination of ulnar critical defect in *Gallus gallus domesticus*]**

M. Z. Boos<sup>1\*</sup> e M. M. Alievi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, RS

\*nanazboos@gmail.com

### **RESUMO**

O objetivo do presente trabalho foi determinar um defeito crítico em ulna de galinhas domésticas (*Gallus gallus domesticus*) como modelo de não-união, visando contribuir com o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a substitutos ósseos naturais ou sintéticos em aves. Foram utilizadas 25 galinhas adultas separadas aleatoriamente em cinco grupos. No grupo 0 foi realizada osteotomia diafisária transversa da ulna e nos grupos I, II, III e IV foi realizada ostectomia de uma, duas, três e quatro vezes o diâmetro ósseo, respectivamente. O defeito foi estabilizado com um pino intramedular de Kirschner (1,5mm). As aves foram avaliadas clinicamente e radiografadas a cada 10 dias até 60 dias de pós-operatório. A taxa de consolidação do defeito ósseo foi 100% para o grupo 0, 80% para o grupo I, 20% para os grupos II e III e 0% para o grupo IV. Foi observado migração do pino intramedular em 24% das aves. Conclui-se que o defeito crítico em ulna de galinhas domésticas é representado pelo defeito de quatro vezes o diâmetro ósseo.

**Palavras-chave: ortopedia, fratura, aves, não-união, consolidação.**

### **ABSTRACT**

The objective of the present study was to determine the critical defect in domestic hens' ulna (*Gallus gallus domesticus*) as a nonunion model, aiming to contribute to the development of research related to natural or synthetic bone substitutes in birds. Twenty-five adult hens were randomly assigned to five groups. In group 0, transverse

diaphyseal osteotomy of the ulna was performed and in groups I, II, III and IV, osteotomy of one, two, three and four times the bone diameter, respectively. The defect was stabilized with an intramedullary Kirschner pin (1.5mm). The birds were clinically evaluated and radiographed every 10 days up to 60 postoperative days. The rate of bone defect consolidation was 100% for group 0, 80% for group I, 20% for groups II and III and 0% for group IV. Migration of the intramedullary pin was observed in 24% of the birds. It is concluded that the critical defect in ulna of domestic chickens should represent that of four times the bone diameter.

**Key-words: orthopedics, fractures, birds, nonunion, consolidation.**

## INTRODUÇÃO

Na clínica de aves é frequente a necessidade de estabilização de fraturas (MCCARTNEY, 1994), sendo mais frequente em asas e membros pélvicos (WILLIAMS *et al.*, 1987). Os objetivos da osteossíntese para aves são similares aos dos mamíferos, os quais buscam alinhamento dos fragmentos ósseos, manutenção da biomecânica da estrutura afetada e estabilização adequada após a redução da fratura (MACCOY, 1991). Devido a necessidade do membro torácico para voo é imprescindível a restauração adequada do osso fraturado para assegurar o retorno a função. Com frequência ocorre união-retardada, má-união ou não-união (TUNIO *et al.*, 2015), inviabilizando muitas vezes o retorno da ave a vida livre (BELLANGEON & PATAT, 1984).

Devido a escassa cobertura muscular dos ossos de aves dispõe a fraturas cominutivas e abertas resultando em perdas ósseas (WANDER *et al.*, 2000). O emprego de enxertos ou implantes auxiliam no tratamento desses defeitos (HENRY & WADSWORTH, 1981), porém há poucos estudos referente ao tema em aves. A recuperação parcial das aves de vida livre muitas vezes as condenam ao cativeiro ou a eutanásia devido a impossibilidade de retorno ao seu habitat (BOLSON & SCHOSSLER, 2008).

Os defeitos ósseos são comuns em cirurgia ortopédica, e o tamanho crítico é definido como o menor diâmetro ósseo que não consolida espontaneamente durante o tempo de vida do animal em um osso e uma espécie específicos (HUH *et al.*, 2005;

PARK *et al.*, 2008). Sendo o defeito crítico fundamental para avaliar materiais de enxertia ou implantes (ANDERSON *et al.*, 1999).

Alguns modelos de não-união são consagrados como em mandíbula de cão, onde foi observado que o defeito crítico aumenta quando há preservação do periósteo (Huh *et al.*, 2005). Em estudo de defeito ósseo na diáfise do fêmur de cães, constatou-se que defeito com 3 cm foi crítico (LINDSEY *et al.*, 2005). Defeitos críticos experimentais de 15mm no rádio de coelhos também já foram utilizados em estudos com enxertos (KASTEN *et al.*, 2008). Tunio *et al.* (2015) em um estudo para avaliar a incorporação de enxerto em ulna de pombo utilizaram falhas ósseas de 1cm como defeito de tamanho crítico. Nas aves ainda não se sabe qual o defeito crítico na maioria das espécies, e essa informação é de suma importância para a realização de pesquisas relacionadas a substitutos ósseos naturais ou sintéticos e para aprimoramento de técnicas cirúrgicas hoje existentes. Além disso, será possível extrapolar essa informação para auxiliar na tomada de decisão relacionada a conduta de tratamento em aves apresentando fraturas graves e com perdas ósseas, portanto são necessários mais estudos para definir o defeito crítico.

O objetivo desse trabalho foi estabelecer o defeito crítico na ulna de *Gallus gallus domesticus*.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Setor de Ensino e Pesquisas Cirúrgicas do Departamento de Medicina Animal da Faculdade de Veterinária (FAVET) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Antes de sua execução, o projeto foi submetido à análise e aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFRGS, sob o número 31439.

Foram utilizadas 25 galinhas da espécie *Gallus gallus domesticus*, poedeiras da linhagem Hissex Brown, com 90 dias de idade, peso entre 1,2kg a 1,8kg, em boas condições de saúde, vacinadas contra Marek e New Castle, adquiridas de estabelecimento comercial especializado na produção de galinhas para produção de ovos<sup>a</sup>. Após recebimento, os animais foram mantidos para adaptação por 15 dias em gaiola coletiva de 2,6mX1,26mX1,2m em sala com temperatura controlada, alimentação e água *ad libitum*, com limpeza e higienização diária.



Os animais foram transferidos 48 horas antes do procedimento cirúrgico para gaiolas menores, 0,75mX1,17mX0,4m para cada duas galinhas, permanecendo neste espaço até o 10º dia de pós-operatório (PO) quando então retornavam a gaiola coletiva. Foi coletado sangue da veia ulnar e realizado hemograma completo, contagem de plaquetas, ácido úrico, albumina e AST. Antes de serem submetidas a cirurgia, foi realizado exame radiográfico do antebraço esquerdo na projeção médio-lateral. Os animais permaneceram em jejum pré-cirúrgico de líquido por uma hora e de sólido por quatro horas.

As galinhas foram distribuídas por randomização em cinco grupos de cinco animais, sendo no Grupo 0 (G0) realizado osteotomia diafisária transversa da ulna, nos Grupos I, II, III e IV (GI, GII, GIII e GIV) realizada ostectomia de uma, duas, três e quatro vezes o diâmetro da ulna, respectivamente.

Os animais foram anestesiados com propofol puro ou em associação com metadona, nalbufina ou fentanil de acordo com protocolo pré-definido em projeto paralelo (31884) previamente avaliado e aprovado pela CEUA-UFRGS. Foi realizado acesso venoso através da veia plantar medial e após a indução com propofol foi efetuada a intubação orotraqueal para fornecimento de oxigênio, sem reinalação de gases. Durante o procedimento cirúrgico os animais foram monitorados quanto a saturação de oxigênio, concentração de CO<sub>2</sub>, frequência cardíaca, pressão arterial e eletrocardiograma. Os animais receberam enrofloxacino (15 mg/kg, IM) no início do procedimento cirúrgico.

Cada ave foi posicionada em decúbito lateral direito para a remoção das penas da região de rádio e ulna esquerdos. A extremidade distal, mantida com penas, foi envolvida por atadura ortopédica. A anti-sepsia da região foi realizada com álcool e clorexidine 2%. A abordagem cirúrgica foi na face dorsal do antebraço através da incisão cutânea e fáscia muscular, seguida de afastamento da musculatura e exposição da diáfise ulnar. O comprimento total da ulna foi mensurado com régua e no centro foi medido o diâmetro ósseo com especímetro. A osteotomia ou ostectomia foi executada com bisturi ultrassônico sob irrigação constante de NaCl 0,9% estéril em temperatura ambiente. A osteotomia no G0 e ostectomias nos demais grupos foram realizadas tendo como referência o centro da ulna. O comprimento da secção óssea variou de acordo com cada grupo conforme descrito anteriormente, no GI (uma vez o diâmetro), no GII (duas

vezes o diâmetro), no GIII (três vezes o diâmetro) e no GIV (quatro vezes o diâmetro). Após a osteotomia ou ostectomia, foi inserido um pino de Kirschner (1,5mm) de forma retrógrada na ulna com auxílio de um introdutor manual de Jacobs (fig. 1A-D). A fáscia muscular e a pele foram suturadas com mononáilon 3-0 em padrão isolado simples.

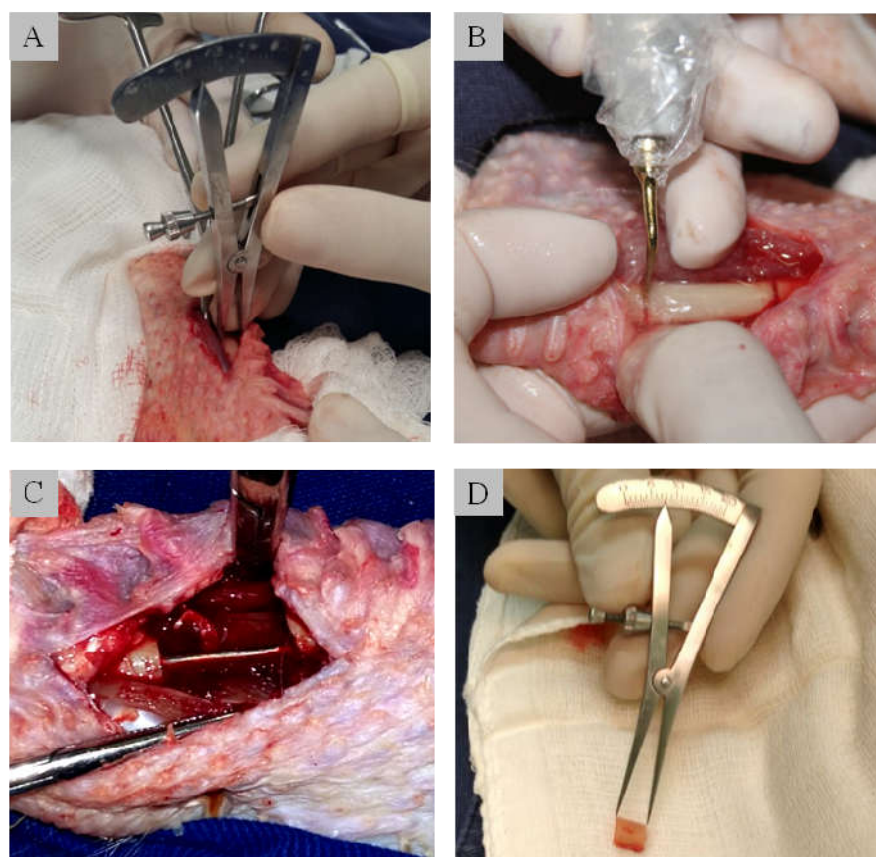


Figura 1 - Procedimento cirúrgico em ulna de galinha. A) determinação do diâmetro ósseo com especímetro. B) Osteotomia com bisturi ultrassônico. C) Pino intramedular no canal medular da ulna. D) Segmento ósseo de uma vez o diâmetro removido.

No pós-operatório imediato foi aplicada bandagem “em 8” na asa operada. Como medicações analgésicas e anti-inflamatórias foram utilizados meloxicam (0,5mg/kg/SID/IM/3dias), cloridrato de tramadol (15mg/kg/BID/IM/3dias) e dipirona (25mg/kg/BID/VO/3dias). A antibioticoterapia foi com enrofloxacina (15mg/kg/SID/VO/7dias).

A ferida cirúrgica foi higienizada diariamente com NaCl 0,9%. A bandagem foi trocada a cada 24 horas durante 10 dias, quando então as suturas foram removidas. Após, a bandagem foi mantida até completar 20 dias de pós-cirúrgico.

Imediatamente após o procedimento cirúrgico foram realizados exames radiográficos do antebraço operado e depois a cada 10 dias até completar 60 dias de pós-operatório. Os exames foram feitos sempre no mesmo aparelho de raio-x com carga padrão e utilizando contenção física dos animais.

Todos os exames radiográficos pós-cirúrgicos foram avaliados através da tabela proposta por Ehrhart *et al.* (2005) e adaptado para este trabalho, onde dois avaliadores estabeleceram escore de pontuação para estes exames (tab. 1). Além disso, foi realizada mensuração da porcentagem de animais que apresentaram união ou não-união óssea nos diferentes tempos de avaliação, sendo considerada união radiográfica quando havia continuidade cortical completa e os calos apresentaram-se em remodelamento ativo.

Tabela 1 – Escore para avaliação radiográfica proposto por Ehrhart *et al.* (2005) e adaptado para avaliação da consolidação em defeitos ósseos em ulna de *Gallus gallus domesticus*.

<b>Crítérios para o escore</b>	<b>Pontos</b>
<b>LINHA DE FRATURA</b>	
Perda do detalhe da linha de osteotomia/ostectomia.	2
Linha de osteotomia/ostectomia ainda visível.	1
Linha de osteotomia/ostectomia larga.	0
<b>QUALIDADE DO OSSO</b>	
Marcante formação de novo osso, com calo formando ponte óssea.	2
Formação de novo osso, mas com ponte óssea pobre.	1
Sem produção de novo osso.	0
<b>IMPRESSÃO GLOBAL DA CONSOLIDAÇÃO</b>	
União radiográfica.	2
Evidência radiográfica de calo, mas sem união	1
Mínima ou sem evidência radiográfica de união.	0

Após 60 dias da cirurgia, 10 animais, sendo dois de cada grupo (escolhidos por sorteio) foram submetidos a eutanásia com tiopental (50mg/kg/IV) e cloreto de potássio respeitando as diretrizes da prática de eutanásia do CONCEA e do CFMV. Após a eutanásia, as asas esquerdas foram retiradas e dissecadas. Quando presente, o pino foi removido e, em seguida, a ulna foi mantida no formol tamponado a 10% por 48h, e logo após, descalcificadas no ácido nítrico a 8% por aproximadamente seis horas.

Posteriormente, as amostras foram processadas rotineiramente para histologia, coradas pela técnica de Hematoxilina e Eosina (HE) e analisadas de maneira descritiva através da microscópica óptica.

Os dados obtidos foram digitados no programa Excel e posteriormente exportados para o programa SPSS v. 20.0 para análise estatística. Foram descritas as variáveis quantitativas pela média e o intervalo de 95% de confiança. Para avaliar a diferença entre os grupos e entre os tempos foi utilizado o modelo de Equações de Estimativas Generalizadas (*Generalized Estimating Equation, GEE*) com o teste de Bonferroni para as comparações múltiplas. Foi considerado um nível de significância de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve intercorrências durante os procedimentos cirúrgicos e anestésicos. O comprimento da ulna variou de 7,5 a 8cm e o diâmetro de 0,7 a 0,85cm. No grupo 0 foi realizado a osteotomia transversa no centro da diáfise ulnar. No GI a média do defeito provocado foi de 0,77cm (mínimo 0,7cm e máximo 0,85cm) representando 10,26% do comprimento ósseo, no GII foi de 1,45cm (mínimo 1,4cm e máximo 1,5cm) e 19,33% do comprimento ósseo, no GIII foi de 2,25cm (mínimo 2,1cm e máximo 2,4 cm) e 30% do comprimento ósseo e no GIV todos mediram 3,2cm e 42,66% do comprimento ósseo.

Não houve complicações pós-operatórias relacionadas a incisão cirúrgica, local de inserção do pino ou referente à mobilidade da asa, entretanto, houve aumento de volume na articulação úmero-rádio-ulnar em um animal do GIV aos 50 dias de PO, fato aparentemente não relacionado com a soltura do pino que ocorreu 40 dias antes. Este animal foi submetido à eutanásia, sendo identificado maior quantidade de líquido sinovial na referida articulação. Em outro animal do GIV foi observado aumento de volume de consistência macia na face ventral da asa na região da falha óssea entre o 10º e o 40º dia de PO, não havendo reação óssea no defeito configurando não-união e o pino se manteve adequado na ulna até os 60 dias. Esse animal foi submetido à eutanásia e foi observada acentuada inflamação no foco de osteotomia. As complicações descritas não foram observadas em outros grupos, sendo plausível associá-las ao maior tamanho da falha óssea resultando em maior mobilidade e, portanto, morbidade.

O pino migrou em seis animais (24%), sendo três do GII, um do GIII e dois do GIV. No GII dois pinos migraram entre 20 e 30 dias e um pino entre 10 e 20 dias de PO, no GIII o pino migrou entre 20 e 30 dias e no GIV um migrou até o décimo dia e outro entre 30 e 40 dias de PO. O maior número de migração de pino ocorreu até o 30º dia de PO, um único implante soltou entre 30º e 40º dias de PO, não foram observados novos casos até os 60º dias. Em um estudo de Alievi *et al.* (2008), utilizando a associação de pinos metálicos e polimetilmetacrilato intramedulares após osteotomia diafisária de úmero em pombos domésticos, foi observado migração de pinos até 15º dia PO. Esse fato é particularmente importante para as aves que serão reintroduzidas visto que com isso não haverá possibilidade de novas avaliações ou reintervenções. Desta forma, nestes casos seja interessante a remoção do pino intramedular antes da soltura da ave.

Devido aos ossos das aves possuírem canal medular largo (ALIEVI *et al.*, 2008) e uma pequena densidade óssea nas metáfises (WEST *et al.*, 1996) a ancoragem dos implantes ortopédicos não é satisfatória (WEST *et al.*, 1996; FERRAZ *et al.*, 2008;), além disso, a queda do implante ocorreu nos grupos onde o defeito ósseo foi maior com consequente maior instabilidade. Todos esses fatos inter-relacionados provavelmente contribuíram para a migração dos pinos em um número relativamente grande de animais.

Os pinos intramedulares neutralizam força de arqueamento, mas não resistem a forças rotacionais ou axiais (FOSSUM, 2005). Em ortopedia aviária a instabilidade rotacional é complicação grave que deve ser evitada, o que frequentemente ocorre em aves devido ao canal medular largo dos ossos pneumáticos (ALTMAN, 1987). Nesse estudo, apesar da migração dos pinos, acredita-se que as forças de rotação foram minimizadas pela estabilidade conferida pelo rádio íntegro e pela utilização da bandagem em “8” por 20 dias.

Aos 60 dias no G0 houve consolidação radiográfica em 5 indivíduos (100%), no GI em quatro indivíduos (80%), no GII e GIII em um indivíduo (20%) e no GIV nenhum indivíduo (0%). A média e desvio padrão de tempo para consolidação radiográfica no G0 foi de  $26 \pm 5,4$  dias e no GI de  $32,5 \pm 5,0$  dias. No GII a consolidação ocorreu no 40º e no GIII no 30º dia. Os grupos 0 e I consolidaram em um período de tempo similar ao relatado por Martin & Ritchie (1994) em fraturas bem alinhadas e

estabilizadas em pombos, e por ALIEVI *et al.* (2002) em fraturas tibiotársicas de pombos tratadas com fixação esquelética externa de forma fechada. Em outro estudo experimental foram testados dois tipos de fixação esquelética externa (tipo I e tipo II) em fraturas tibiotársicas de galinhas e a média e desvio padrão da consolidação óssea foram de  $40,37 \pm 11,8$  dias para o grupo I e de  $35,12 \pm 8,72$  dias para o grupo II, não havendo diferença significativa entre os dois grupos (CONTI, 2005). Gouvêa *et al.* (2010) ao utilizarem diferentes configurações de microplacas de titânio em fraturas tibiotársicas em pombos observaram que a consolidação óssea ocorreu em média entre 26 e 30 dias, sem influencia do tipo de microplacas.

O GI mesmo com falha óssea média de 0,77cm não foi diferente do G0 em relação ao tempo de consolidação, desse modo acredita-se que, em aves, a consolidação óssea de falhas de até uma vez o diâmetro do osso acontece de forma semelhante a osteotomia transversa. Na fig.2 encontra-se as radiografias dos indivíduos de cada grupo aos 60 dias.

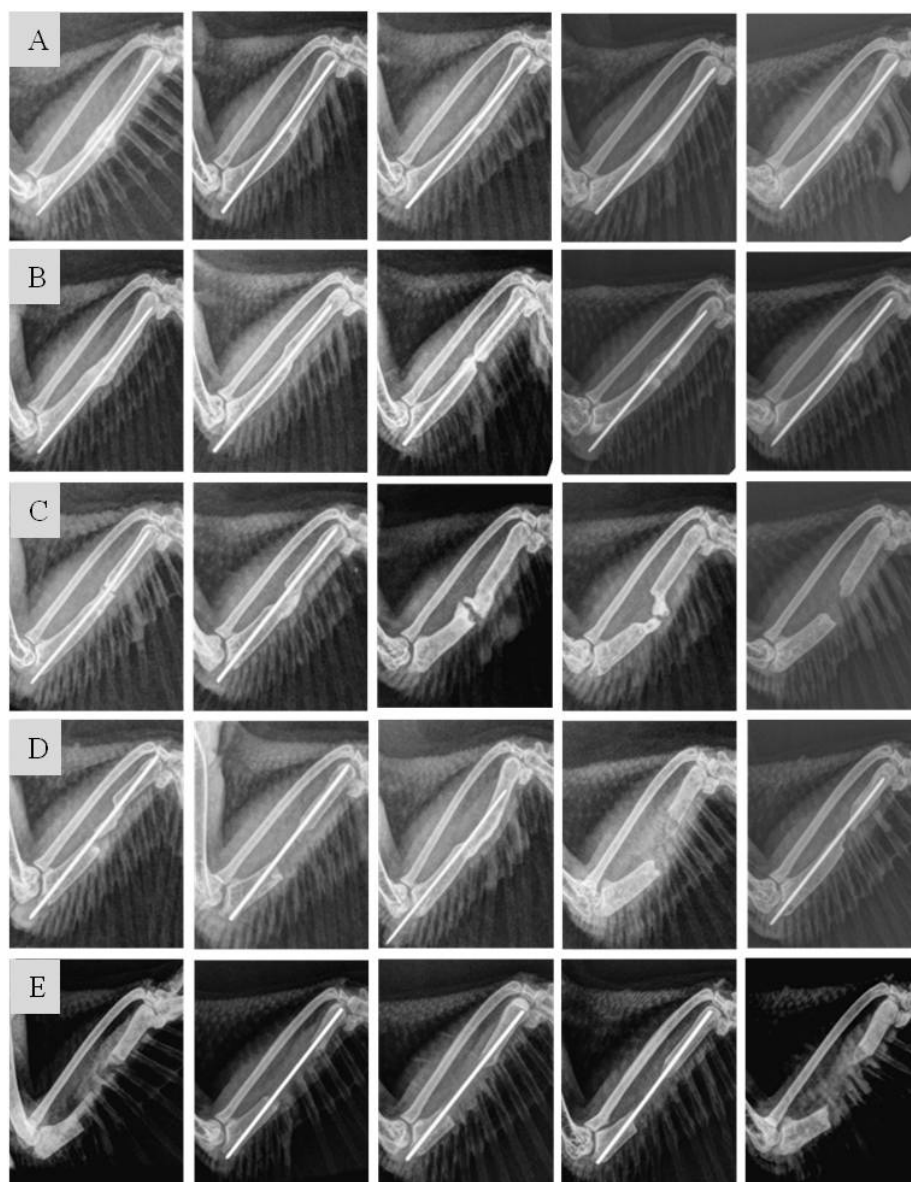


Figura 2 - Imagem radiográfica médio-lateral de cada ave dos diferentes grupos dos defeitos ósseos em ulna de galinhas aos 60 dias de pós-operatório organizado por linha. A) G0. B) GI. C) GII. D) GIII. E) GIV.

Na fig.3 encontra-se a porcentagem de consolidação radiográfica nos diferentes períodos de avaliação nos diferentes grupos.

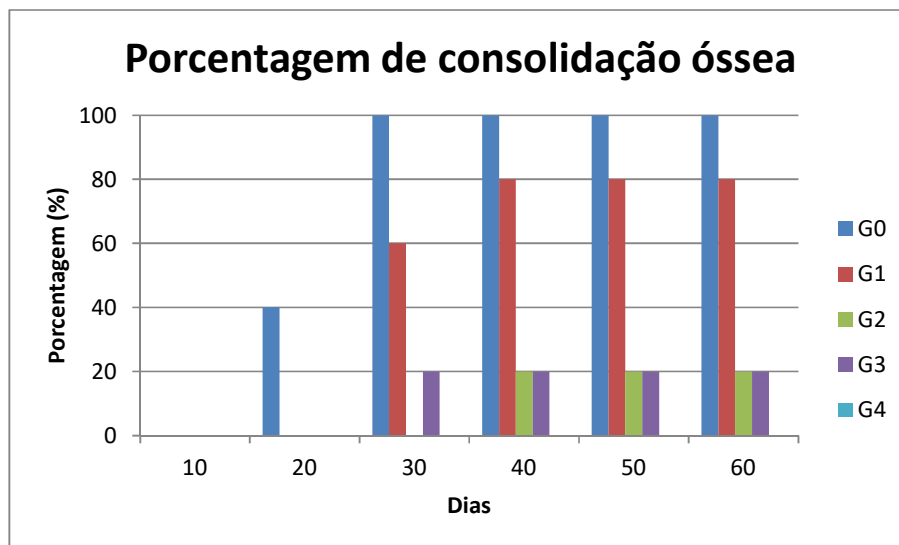


Figura 3 - Avaliação radiográfica e porcentagem da consolidação em defeitos ósseos de diferentes dimensões em ulna de *Gallus gallus domesticus*.

Bolson *et al.* (2004) utilizaram pino intramedular para estabilização de fratura umeral em um araçari-castanho (*Pteroglossus castanotis*) obtendo êxito na recuperação total ao voo e consolidação em tempo adequado. Assim como o estudo relatado, houve consolidação adequada nos animais dos grupos 0 e I, mesmo utilizando estabilização pouco rígida. Isso demonstra que falhas ósseas do tamanho de uma vez o diâmetro ósseo em galinhas tem capacidade osteogênica preservada, apresentando uma taxa de consolidação de 80%.

A taxa de consolidação óssea depende do deslocamento dos fragmentos ósseos, da gravidade da lesão vascular, da presença de infecções e da mobilidade da fratura (MARTIN; RITCHIE, 1994). A taxa de consolidação nesse estudo diminuiu conforme se aumentou o defeito produzido na ulna, visto que o aumento da falha óssea, além de diminuir o potencial osteogênico, acompanha maior instabilidade no foco da ostectomia.

Comparando os diferentes grupos em diferentes tempos foi possível observar que houve diferença estatística significativa ( $P$  grupo  $<0,001$ ) entre os grupos de diferentes tamanhos de defeitos ósseos, ou seja, os grupos evoluíram de forma diferente ao longo do tempo ( $P$  interação  $<0,001$ ), entretanto, aos 60 dias não foram observadas diferenças significativas entre os grupos 0 e I e entre os grupos II, III e IV. Na tab.2 está



demonstrado a média e desvio padrão do escore e a significância entre os grupos dentro de cada tempo.

Tabela 2 - Representação da média e desvio padrão do escore e significância por tempo dentro de cada grupo da avaliação radiográfica (máximo 6) baseado na tabela proposta por Ehrhart *et al.* (2005) e adaptada para este trabalho.

Grupo	Tempo (dias)					
	10	20	30	40	50	60
0	1,6±0,8 <sup>a</sup>	4,8±1,3 <sup>a</sup>	6,0±0,0 <sup>a</sup>	6,0±0,0 <sup>a</sup>	6,0±0,0 <sup>a</sup>	6,0±0,0 <sup>a</sup>
I	0,4±0,8 <sup>ab</sup>	2,6±1,1 <sup>b</sup>	4,6±2,1 <sup>ab</sup>	5,2±1,7 <sup>ab</sup>	5,2±1,7 <sup>ab</sup>	5,8±0,4 <sup>a</sup>
II	0,6±0,5 <sup>ab</sup>	1,8±1,3 <sup>b</sup>	2,6±1,5 <sup>b</sup>	3,4±2,3 <sup>bc</sup>	3,8±1,9 <sup>b</sup>	3,6±1,8 <sup>b</sup>
III	0,2±0,4 <sup>b</sup>	1,0±1,2 <sup>bc</sup>	2,6±2,0 <sup>b</sup>	3,0±1,8 <sup>bc</sup>	3,0±1,8 <sup>bc</sup>	3,0±1,8 <sup>b</sup>
IV	0,0±0,0 <sup>b</sup>	0,0±0,0 <sup>c</sup>	0,2±0,4 <sup>c</sup>	1,0±0,7 <sup>c</sup>	1,2±0,4 <sup>c</sup>	1,6±0,5 <sup>b</sup>

As médias seguidas por letra minúscula iguais em cada coluna não diferem estatisticamente através do teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ).

Essa semelhança do GII com GIII e GIV aos 60 dias, diferente do que foi observado aos 50 dias, pode ser atribuído a reabsorção óssea observada entre as radiografias de 50 e 60 dias de dois animais do GII (fig. 4). Segundo Tully (2002) a instabilidade mecânica pode resultar em persistência de calo cartilaginoso no foco da fratura. Sendo assim é plausível associar a queda de implante de forma precoce nesses dois animais com um aumento na instabilidade do foco da osteotomia interferindo na atividade óssea. É possível inferir que se houvesse a manutenção do implante a taxa de consolidação do GII fosse mais alta diferindo dos grupos III e IV aos 60 dias. Além disso, um animal do GII apresentou características radiográficas compatíveis com união retardada apresentando linha de osteotomia ainda visível de aparência lanosa ou frágil (PIERMATTEI & FLO, 2009). Outra possibilidade que justifique a semelhança entre GII, GIII e GIV em 60 dias seria restrição nos itens considerados na tabela utilizada para avaliação radiográfica idealmente desenvolvida para avaliação de enxertos e implantes ósseos e não para avaliação de defeito crítico. Acreditamos que seja necessária o desenvolvimento de escala específica para avaliar tal modelo, acrescentando mais aspectos com maior amplitude de escores em cada parâmetro. Dessa forma, os grupos estariam melhor caracterizados e seria possível identificar de forma mais clara as possíveis diferenças entre eles.

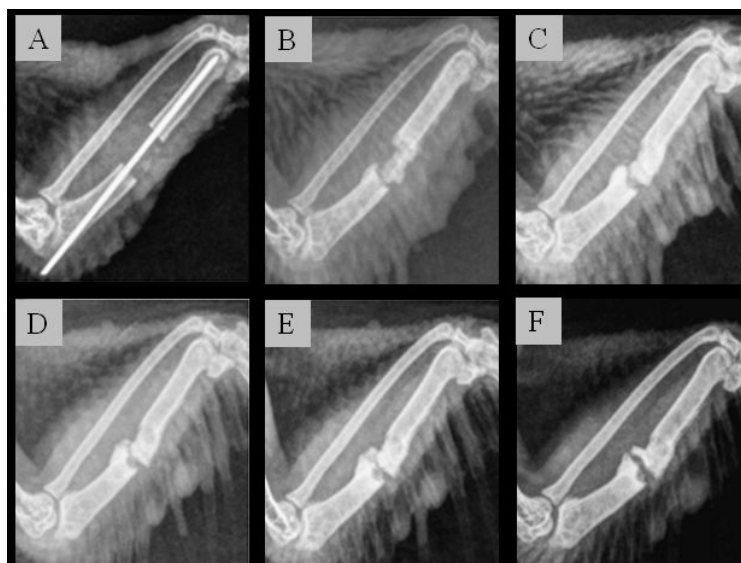


Figura 4 - Imagem radiográfica médio-lateral de defeitos ósseos de duas vezes o diâmetro (GII) em ulna de galinha, em diferentes períodos pós-operatórios. A) 10 dias. B) 20 dias. C) 30 dias. D) 40 dias. E) 50 dias. F) 60 dias.

No estudo de Huh *et al.* (2005) o tamanho do defeito crítico foi relacionado com a preservação ou não do periósteo e com a forma de estabilização. Eles relataram que a discrepância de resultados obtidos entre o tamanho do defeito crítico em mandíbula de cães estava relacionada ao tipo de estabilização utilizada, ou seja, o grau de estabilidade dos fragmentos também é relevante na produção de defeito crítico. Podemos considerar que a forma de estabilização utilizada nesse estudo, pino intramedular único, o que confere estabilização pouco rígida, pode ter interferido na consolidação em alguns animais que apresentaram reação óssea, dessa forma acredita-se que seria observado maior taxa de consolidação óssea em alguns indivíduos caso a estabilização fosse rígida.

Na avaliação histológica o G0 alcançou consolidação óssea completa. O GI teve sua maior representatividade através da análise da amostra que apresentou consolidação completa com característica semelhante ao grupo 0, porém, com discreta quantidade de tecido cartilaginoso. A outra amostra do GI, a única desse grupo a qual não houve consolidação óssea, apresentou acentuada proliferação de tecido conjuntivo, cartilaginoso e discreta proliferação de matriz óssea, observando-se discreta quantidade de osteoclasto. Uma amostra do GII observou-se união fibrosa caracterizando-se por proliferação de tecido conjuntivo fibroso, matriz óssea e tecido cartilaginoso, com discreta quantidade de osteoclasto. Na outra amostra do GII houve acentuada

proliferação de tecido conjuntivo fibroso, discreta quantidade de matriz óssea e fibras musculares em regeneração (necrose). No GIII uma das amostras também foi observado união fibrosa caracterizando-se por proliferação de tecido conjuntivo fibroso e moderada de tecido cartilaginoso e matriz óssea, a outra amostra do GIII caracterizou-se por acentuada proliferação de tecido fibroso e cartilaginoso, discreta quantidade de matriz óssea e alguns osteoclastos. As duas amostras do GIV caracterizaram-se por acentuada proliferação de tecido conjuntivo fibroso, acentuada quantidade de células inflamatórias.

Defeitos ósseos, que quando não são tratados adequadamente, são preenchidos com tecido conjuntivo fibroso mesmo quando observa-se limitada regeneração óssea nas margens do defeito (SIROLA, K., 1960), configurando consolidação óssea incompleta resultando em não união (HUH *et al.*, 2005). Na avaliação histopatológica no GII um animal apresentou união fibrosa e outro do mesmo grupo observou-se características radiográficas semelhantes a esse, em uma amostra do GIII também foi observado união fibrosa, o que configura não união. Além disso a análise histopatológica apontou tecido cartilaginoso nas amostras em que não houve ponte óssea, assim como relata Tully (2002) que ocorre persistência de tecido cartilaginoso na presença de instabilidade, acredita-se que esse resultado esteja relacionado com a instabilidade consequente das falhas ósseas. Apesar de GII e GIII não alcançarem consolidação até os 60 dias alguns deles apresentaram intensa proliferação óssea com preenchimento acentuado do defeito ósseo.

No estudo de Huh *et al.* (2005) no grupo com defeito mandibular de 10mm sem periosteio, quatro animais (25%) apresentaram união óssea, em vista disso o defeito considerado crítico foi de 15mm em que não houve união óssea em nenhum animal. No presente trabalho houve equivalência em relação a frequência de consolidação (20%) entre os animais do grupo II e III, essa similaridade pode ter sido provocada pela maior frequência de migração de pinos no grupo II o que possivelmente levou a maior instabilidade no foco e, assim, equivalência de resultados entre os dois grupos. Em pombos com fraturas adequadamente estabilizadas o período de consolidação estimado é de três a seis semanas (MARTIN & RITCHIE, 1994), entretanto há poucas informações em literatura sobre consolidação de defeitos ósseos de diferentes dimensões em aves, em vista disso foi determinado o acompanhamento radiográfico dos animais por 60 dias, tempo considerado como suficiente para que o processo de

consolidação pudesse acontecer. No entanto, segundo Martin e Ritchie (1994) fraturas instáveis e pobremente alinhadas apresentaram poucas mudanças entre 4 e 12 semanas, é possível que um período maior de acompanhamento fosse necessário.

Estudos correlacionam tamanho do diâmetro ósseo com o defeito crítico em algumas espécies. Em coelhos o defeito crítico na diáfise do rádio é de duas vezes o seu diâmetro (AN & FRIEDMAN, 1999), na diáfise tibial de ovelha é de duas a duas vezes e meio o diâmetro (CHRISTOU *et al.*, 2014), na diáfise femoral de cães é duas vezes e meio o diâmetro (LINDSEY *et al.*, 2006). No presente trabalho, não é possível afirmar que o defeito ósseo de duas vezes o diâmetro pode ser considerado crítico, visto que houve a consolidação em um animal (20%). Isso pode ter acontecido pela maior capacidade osteogênica nas aves devido se tratar de animais adultos jovens.

No tempo utilizado nesse estudo de 60 dias o GIV apresentou características radiográficas clássicas de não-união, acredita-se que caso a avaliação fosse em maior tempo o processo iria se manter inalterado.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que o defeito crítico, de acordo com o tipo de estabilização empregada nesse estudo, que pode ser utilizado como modelo para estudos de enxertos e adjuvantes é o de quatro vezes o diâmetro do osso.

## REFERÊNCIAS

- ALIEVI, M.M. *et al.* Redução fechada e fixação esquelética externa tipo I para tratamento de fraturas de tibiotarso em pombos domésticos (*Columba livia*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, n.3, p.259–266, 2002.
- ALIEVI, M.M.. *et al.* Osteossíntese de úmero em pombos domésticos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.4, p.843-850, 2008.
- ALTMAN, R.B. Disorders of the skeletal system. In: **Diseases of cage and aviary birds**, ed. M.L. Petrak. Philadelphia: Lea and Febiger, p. 382-394, 1987.
- AN, Y.H.; FRIEDMAN, R.J. Animal Models of Bone Defect Repair. In: **Animal in orthopedic research**. Florida: CRC Press, cap.13, p.241-254. 1999.
- ANDERSON, M.L.C. *et al.* Critical size defect in the goat's Os Ilium - A model to evaluate bone grafts and substitutes. **Clinical Orthopedics and Related Research**. n.364, p.231–239, 1999.

- BELLANGEON, M.; PATAT, E.J.L. Osteossíntese das asas dos pássaros. **A hora Veterinária**, v.4, n.21, p.13-19, 1984.
- BOLSON, J.; SCHOSSLER, J.E.W. Osteossíntese em aves: revisão da literatura. **Arquivo de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, v.11, n.1, p.55–62, 2008.
- BOLSON, J. *et al.* **Osteossíntese umeral em araçari castanho (*Pteroglossus castanoti*) com uso de pino de aço intramedular: relato de caso.** In: Simpósio Gaúcho sobre Animais Selvagens. Anais. Santa Maria: Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2004.
- CHRISTOU, C. *et al.* Ovine model for critical-size tibial segmental defects. **Comparative Medicine**, v.64, n.5, p.377–385, 2014.
- CONTI, J.B. De. **Osteossíntese de tibiotarso em galinhas (*Plimouth rock-white*): modelo experimental para uso em aves selvagens.** Dissertação (Mestrado em cirurgia) - Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal de Santa Maria, p.48. 2005.
- EHRHART, N.P. *et al.* The effect of host tissue irradiation on large-segment allograft incorporation. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, n.435, p.43-51, 2005.
- FERRAZ, V.C.M. *et al.* Avaliação radiográfica e de função de vôo após fixação de osteotomias distais do úmero em pombas (*Columba livia*), com modelo de fixador externo articulado. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.28, n.8, p.351–357, 2008.
- FOSSUM, T.W. Fundamentos de Cirurgia Ortopédica e Manejo de Fraturas. In: FOSSUM, T.W. **Cirurgia de pequenos animais**. São Paulo: Roca, cap.31, p.982-985, 2005.
- GOUVÊA, A.S. *et al.* Titanium microplates for treatment of tibiotarsus fractures in pigeons. **Ciência Rural**, Santa Maria, online, 2010.
- HENRY, W.B.; WADSWORTH, P.L. Diaphyseal allografts in the repair of long bones fractures. **Journal of the American Animal Hospital Association**, v.17, n.4, p.525-534, 1981.
- HUH, J.Y. *et al.* Critical size defect in the canine mandible. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology**, v.100, n.3, p.296–301, 2005.
- JONES, R., REDING, P.T. Autogenous callus for repair of a humeral cortical defect in a Red-tailed Hawk (*Buteo jamaicensis*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v.15, n.4, p.302-309, 2011.
- KASTEN, P. *et al.* The effect of platelet-rich plasma on healing in critical-size long-bone defects. **Biomaterials**, v.29, n.29, p.3983–3992, 2008.
- LINDSEY, R.W. *et al.* The Efficacy of cylindrical titanium mesh cage for the reconstruction of a critical size canine segmental femoral diaphyseal defect. **Journal of Orthopedic Research**. July, p.1438-1453, 2006.
- MACCOY, D.M. General Principles of Avian Surgery. **Compendium on Continuing Education for Practicing Veterinarian**, v.13, n.6, p.989-992, 1991.
- MACCARTNEY, W. T. Orthopaedic injuries in pigeons. **Veterinary Record**, v.134, n.19, p.305-307, 1994.

MARTIN, D.; RITCHIE, W. Orthopedic surgical techniques. **Avian medicine: principles and application**, p. 1139–1169, 1994.

PARK, J.W. *et al.* Evaluation of bone healing with eggshell-derived bone graft substitutes in rat calvaria: a pilot study. **Journal of Biomedical Materials Research - Part a**, v.87, n.1, p.203–214, 2008.

PIERMATTEI, D.L.; FLO, G.L. Manual de ortopedia e tratamento das fraturas dos pequenos animais. 4. ed. São Paulo: Manole, cap. 4, p. 189-199, 2009

SIROLA, K. Regeneration of defects in the calvaria. An experimental study. **Annales Medicinæ Experimentalis Et Biologiae Fenniae**, v.38, p.1-87, 1960.

TULLY, T. N. Basic avian bone growth and healing. **Veterinary Clinics of North America - Exotic Animal Practice**. v. 5, n. 1, p. 23–30, 2002.

TUNIO, A. *et al.* Histologic evaluation of critical size defect healing with natural and synthetic bone grafts in the pigeon ( *columba livia* ) ulna. **Journal of Avian Medicine and Surgery**. v. 29, n. 2, p. 106–113, 2015.

WANDER, K. W. *et al.* Fracture healing after stabilization with intramedullary xenograft cortical bone pins: a study in pigeons. **Veterinary Surgery**. v. 29, n. 3, p. 237–244, 2000.

WEST, P.G. *et al.* Histomorphometric and angiographic analysis of bone healing in the humerus of pigeons. **American Journal of Veterinary Research**, v.57, p.1010-1015, 1996.

WILLIAMS, R.K. *et al.* A comparative study of treatment methods for long bone fractures. **Companion Animal Practice**, v.1, n.4, p. 48-55, 1987.

## DISCUSSÃO

As galinhas da linhagem Hissex Brown desse estudo apresentaram-se como bom modelo experimental para o estudo proposto, possuindo homogeneidade de peso, tamanho e comportamento, fatos importantes e fundamentais para a definição do defeito crítico proposto. Além disso, as aves de maneira geral apresentam consolidação óssea mais rápida quando comparada aos mamíferos (NEWTON & ZEITLIN, 1977), sendo este um fator importante para a realização de projetos em menor tempo e com menores custos. As características anatômicas são semelhantes as de outras aves, mas com função pouco diferente em relação ao voo, além disso por serem domesticadas permitem fácil manipulação. Outra questão é que como não utilizam as asas para o voo, é possível realizar estudos utilizando ambas as asas sem prejuízos a movimentação.

Segundo Anderson *et al.* (1999) defeito adequado para ser usado como modelo de não-união deve ser defeito crítico, os modelos animais devem ser adultos devido a alta capacidade dos animais jovens para consolidação. Nesse experimento foram utilizadas galinhas adultas jovens devido a disponibilidade comercial e custo mais acessível. Todos os animais utilizados apresentaram oviposição durante todas as etapas do projeto, demonstrando a sua maturidade sexual e, além disso, demanda por cálcio para a formação da casca dos ovos. Apesar disso, todos os animais do grupo osteotomia e dos com menores falhas ósseas apresentaram consolidação adequada do defeito, demonstrando que essa demanda por cálcio parece não afetar a consolidação óssea em animais hípidos e bem alimentados.

Martin e Ritch (1994) relataram que para exposição da ulna utiliza-se o acesso dorsal, e que deve-se cuidar o espaço entre rádio e ulna que abriga nervo e a artéria ulnar, caso se empregue um pino intramedular para estabilização, este deve ser inserido de forma retrógrada através do foco de fratura em direção ao olécrano. Nesse estudo não houve complicações pós-operatórias relacionadas a incisão cirúrgica, local de inserção do pino nem referente à mobilidade da asa. O acesso cirúrgico foi realizado dorsal ao antebraço propiciando boa exposição da diáfise ulnar possibilitando a realização do defeito sem dificuldades, e a inserção do pino de forma retrógrada ocorreu sem complicações.

Segundo Bennert (2016) o uso da bandagem "em 8" não contribuiu significativamente para consolidação óssea precoce, mas relata que é possível reduzir o

risco de osteomielite com sua utilização. O tempo de permanência da bandagem recomendado por esse autor é de 10 dias. Neste trabalho a bandagem permaneceu por 20 dias sem prejuízos aparentes, entretanto, deve-se levar em consideração que como as galinhas não voam, contraturas ou atrofias musculares não teriam impacto negativo na qualidade de vida.

Em estudo utilizando a associação de pinos metálicos e polimetilmetacrilato intramedulares após osteotomia diafisária de úmero em pombos domésticos foi observado migração dos pinos no grupo controle (sem acrílico) até o 15º dia de PO (ALIEVI *et al.*, 2008). Nesse estudo, a migração de pino em alguns casos foi observada até o 40º dia de PO. Deve ser levado em consideração que no presente trabalho estava sendo desenvolvido modelo de não-união, ou seja, havia grande defeito e mobilidade óssea, o que certamente favoreceu esta migração. Independentemente, o ideal seria sempre remover este tipo de implante metálico após a plena consolidação óssea e em animais aptos a soltura, pois com isso, evitaríamos o risco de intercorrências tardias relacionadas a migração. Além disso, a presença de canal medular largo (ALIEVI *et al.*, 2008) e a pequena densidade óssea nas metáfises (WEST *et al.*, 1996) faz com que a ancoragem dos implantes ortopédicos não seja satisfatória (FERRAZ *et al.*, 2008; WEST *et al.*, 1996), o que favorece a migração.

Os pinos intramedulares neutralizam força de arqueamento, mas não resistem a forças rotacionais ou axiais (FOSSUM, 2005), em ortopedia aviária a instabilidade rotacional é complicação grave que deve ser evitada (ALTMAN, 1987). Nesse estudo não foi observado esse tipo de complicação, em razão da estabilidade adicional proporcionada pelo rádio intacto. No entanto, devido ao seu pequeno diâmetro ósseo, a estabilidade poderia ser insuficiente caso não fosse empregado o pino intramedular na ulna, podendo resultar em fratura de rádio.

A média e desvio padrão de tempo de  $26 \pm 5,4$  dias e  $32,5 \pm 5,0$  dias o qual os grupos 0 e I consolidaram, respectivamente, foi semelhante ao que outros autores já relataram em aves. Em um estudo utilizando fixação esquelética externa de forma fechada em tibiotarso de pombos o tempo médio e desvio padrão para a consolidação radiográfica foram de  $24,8 \pm 4,89$  dias (ALIEVI *et al.*, 2002). Em um estudo experimental foi testado dois métodos de fixação externa (tipo I e tipo II) em fraturas tibiotársicas em galinhas em que a média e desvio padrão da consolidação óssea foram



de  $40,37 \pm 11,8$  dias para o grupo I e de  $35,12 \pm 8,72$  dias para o grupo II, não ou diferença estatística significativa entre os dois grupos (CONTI, 2005). GOUVEA *et al.* (2010) ao utilizarem microplacas de titânio em fraturas de tibiotarso em pombos observaram a média e desvio padrão de consolidação óssea nos três grupos estudados de  $26,6 \pm 6,4$  dias no grupo I,  $32,9 \pm 9,9$  dias no grupo II e  $30,8 \pm 6,7$  dias no grupo III, não havendo diferença estatística significativa entre os três grupos.

Em um relato de caso, Bolson *et al.* (2004), utilizaram um pino intramedular para estabilização de fratura umeral em um araçari-castanho (*Pteroglossus castanotis*) obtendo consolidação em tempo adequado e retorno pleno ao voo. Os animais do grupo 0 e I desse estudo, mesmo utilizando estabilização pouco rígida, consolidaram em tempo adequado observando-se através do GI potencial osteogênico para consolidação de defeitos ósseos até uma vez o diâmetro do osso.

Segundo Martin e Ritch (1994) a taxa de consolidação óssea varia conforme a gravidade das lesões, como deslocamento de fragmentos ósseos, lesão vascular, presença de infecção e mobilidade no foco de fratura. A taxa de consolidação nesse estudo diminuiu conforme o aumento do defeito produzido na ulna, visto que o aumento da falha óssea, além de diminuir o potencial osteogênico, acompanha maior instabilidade no foco da ostectomia.

O GII em 60 dias não demonstrou diferença estatística significativa comparado aos grupos III e IV. Segundo Tully (2002) a instabilidade mecânica pode resultar em persistência de calo cartilaginoso no foco da fratura. O GII foi o grupo com maior queda de implante, fator que pode ser relacionado a maior instabilidade no foco de fratura interferindo na atividade óssea, é possível que se houvesse manutenção do implante ou se outro tipo de estabilização fosse empregada a taxa de consolidação do GII fosse mais alta diferindo dos grupos III e IV aos 60 dias.

Segundo Huh *et al.* (2005) o tamanho do defeito crítico pode ser influenciado pelo método de fixação da falha óssea, pois observaram que quando se opta por métodos mais estáveis o defeito crítico pode ser maior comparado a métodos que não proporcionam estabilidade adequada. Podemos considerar que a forma de estabilização utilizada nesse estudo pode ter interferido na consolidação de alguns animais que apresentaram reação óssea razoável, mas não formaram ponte óssea.

Christou *et al.* (2014) observaram histologicamente em seu estudo com defeito ósseo em tíbia de ovelha que na superfície das extremidades ósseas da osteotomia havia tecido conjuntivo fibroso. Nesse experimento as amostras histologicamente avaliadas que não obtiveram consolidação óssea também apresentaram acentuada proliferação de tecido conjuntivo nas bordas das extremidades ósseas e em duas amostras interligando os cotos ósseos.

Huh *et al.* (2005) observaram consolidação óssea em defeito mandibular de 10mm em 25% dos cães de seu estudo, no entanto consideraram o defeito de 15mm como crítico por não obter nenhuma consolidação. O GII e GIII apresentaram 25% de consolidação aos 60 dias, entretanto, é possível que a manutenção dos implantes e/ou o aumento do período de observação aumentassem essa porcentagem.

Outros autores também correlacionaram diâmetro ósseo com defeito crítico em diferentes ossos de outras espécies como em rádio de coelhos (AN & FRIEDMAN, 1999), tíbia de ovelhas (CHRISTOU *et al.*, 2014) e fêmur de cães (LINDSEY *et al.*, 2006). Todos consideram que, em média, o defeito crítico possuía de uma a duas vezes e meio o diâmetro ósseo. Nesse estudo em um período de 60 dias o defeito de duas vezes o diâmetro não demonstrou sinais determinantes de não-união sugerindo uma maior capacidade osteogênica das aves comparada a outras espécies.

No período de 60 dias observados nesse estudo o GIV apresentou características radiográficas clássicas de não-união, as quais podemos considerar que a irreversibilidade do processo mesmo que os animais fossem acompanhados por mais tempo. De acordo com as características radiográficas e histológicas apresentadas por GII e GIII não podemos classificar como não-união as falhas que não consolidaram nesse período. As aves desse experimento mostraram capacidade osteogênica para consolidar defeitos de até uma vez o diâmetro em um período de 60 dias.

## **CONCLUSÕES**

Conclui-se que o defeito crítico, de acordo com o tipo de estabilização empregada nesse estudo é o de quatro vezes o diâmetro do osso.

Defeitos de até uma vez o diâmetro do osso possuem potencial osteogênico para consolidação sem adjuvantes no tratamento de defeitos ósseos.

## REFERÊNCIAS

- ALIEVI, M.M. *et al.* Redução fechada e fixação esquelética externa tipo I para tratamento de fraturas de tibiotarso em pombos domésticos (*Columba livia*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.54, n.3, p.259–266, 2002.
- ALIEVI, M. M. *et al.* Implante ósseo cortical alógeno conservado em mel na reconstrução de falha óssea diafisária em fêmur de cães: avaliação clínica e radiográfica. **Ciência rural**. v.37, n.2, p.450–457, 2007.
- ALIEVI, M.M.. *et al.* Osteossíntese de úmero em pombos domésticos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.60, n.4, p.843-850, 2008.
- ALTMAN, R.B. Disorders of the skeletal system. In: **Diseases of Cage and Aviary Birds**, ed. M.L. Petrak. Philadelphia: Lea and Febiger. p.382-394, 1987.
- AN, Y.H.; FRIEDMAN, R.J. Animal Models of Bone Defect Repair. In: **Animal in orthopedic research**. Florida: CRC Press, cap.13, p.241-254. 1999.
- ANDERSON, M.L.C. *et al.* Critical size defect in the goat's os Ilium - A model to evaluate bone grafts and substitutes. **Clinical Orthopedics and Related Research**. n.364, p.231–239, 1999.
- BELLANGEON, M.; PATAT, E.J.L. Osteossíntese das asas dos pássaros. **A hora Veterinária**. v.4, n.21, p. 13-19, 1984.
- BENNET, R.A., KUZMA, A.B. Fracture management in birds. **Journal Zoo Wildlife Medicine**. v.23, n.1, p.5-38, 1992.
- BENNERT, B.M. *et al.* Evaluation of two miniplate systems and figure-of-eight bandages for stabilization of experimentally induced ulnar and radial fractures in pigeons (*Columba livia*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 30, n. 2, p. 111–121, 2016.
- BOLSON, J.; SCHOSSLER, J.E.W. Osteossíntese em aves: revisão da literatura. **Arquivo de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, v.11, n.1, p.55–62, 2008.
- BOLSON, J. *et al.* Pino ósseo homólogo conservado em glicerina a 98% e hemicerclagem com fio poliglactina 910 na osteossíntese umeral de pombos domésticos. **Ciência Rural**. v.38, n.7, p.1925-1931, 2008.
- BOLSON, J. *et al.* Osteossíntese umeral em pombos (*Columba livia*) com a utilização de pino intramedular estabilizado externamente por barra acrílica. **In: Congresso Brasileiro da ANCLIVEPA**, 26, 2005, Salvador, BA. Anais. Salvador: ANCLIVEPA, 2005.
- BOLSON, J. *et al.* Osteossíntese umeral em araçari castanho (*Pteroglossus castanoti*) com uso de pino de aço intramedular: relato de caso. In: **Simpósio Gaúcho sobre Animais Selvagens**. Anais. Santa Maria: Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2004.
- CHRISTOU, C. *et al.* Ovine model for critical-size tibial segmental defects. **Comparative Medicine**, 2014. v. 64, n. 5, p. 377–385.
- CONTI, J.B. De. **Osteossíntese de tibiotarso em galinhas (*Plimouth rock-white*): modelo experimental para uso em aves selvagens**. Dissertação (Mestrado em

cirurgia) - Programa de Pós- graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal de Santa Maria, p.48. 2005.

DALMOLIN, F. *et al.* Modificações do fixador externo para osteossíntese umeral em pombos domésticos. **Ciência rural**. v.37, n.2, p.443–449, 2007.

FERREIRA, M. P. **Comparação de enxerto ósseo cortical autógeno e implante ósseo cortical alógeno liofilizado , congelado a -70°C ou conservado no mel na substituição de segmento diafisário do fêmur de gatos domésticos comparação de enxerto ósseo cortical autógeno e implant.** Dissertação (Mestrado em cirurgia) - Programa de Pós- graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p.139. 2008.

FERRAZ, V.C.M. *et al.* Avaliação radiográfica e de função de vôo após fixação de osteotomias distais do úmero em pombas (*Columba livia*), com modelo de fixador externo articulado. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.28, n.8, p.351–357, 2008.

HUH, J. Y. *et al.* Critical size defect in the canine mandible. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology**, 2005. v. 100, n. 3, p. 296–301.

KASTEN, P. *et al.* The effect of platelet-rich plasma on healing in critical-size long-bone defects. **Biomaterials**, 2008. v. 29, n. 29, p. 3983–3992.

MACCOY, D.M. General principles of avian surgery. **Compendium on Continuing Education for Practicing Veterinarian**, v.13, n.6, p.989-992, 1991.

MACCOY, D.M. Treatment of fractures in avian species. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v.22, n.1, p.225-238, 1992.

MARTIN, D.; RITCHIE, W. Orthopedic surgical techniques. **Avian medicine: principles and application**, p. 1139–1169, 1994.

NEWTON C.D., ZEITLIN, S. Avian fracture healing. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, 170:620–625, 1977.

OROSZ, S.E. Clinical considerations of the thoracic limb. **Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice**, v. 5, n.1, 2002.

PARK, J.W. *et al.* Evaluation of bone healing with eggshell-derived bone graft substitutes in rat calvaria: a pilot study. **Journal of Biomedical Materials Research - Part a**, v.87, n.1, p.203–214, 2008.

PIERMATTEI, D.L.; FLO, G.L. Manual de ortopedia e tratamento das fraturas dos pequenos animais. 4. ed. São Paulo: Manole, cap.4, p.189-199, 2009.

SIROLA, K. Regeneration of defects in the calvaria. An experimental study. **Annales Medicinæ Experimentalis Et Biologiae Fenniae**, v.38, p.1-87, 1960.

WANDER, K.W. *et al.* Fracture healing after stabilization with intramedullary xenograft cortical bone pins: a study in pigeons. **Veterinary Surgery**, v.29, n.3, p.237–244, 2000.

WILLIAMS, R.K. *et al.* A comparative study of treatment methods for long bone fractures. **Companion Animal Practice**, v.1, n.4, p. 48-55, 1987.

WEST, P.G. *et al.* Histomorphometric and angiographic analysis of bone healing in the

humerus of pigeons. **American Journal of Veterinary Research**, v.57, p.1010-1015, 1996.