

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

**Determinação do defeito crítico em ulna de
codorna-doméstica (*Coturnix coturnix japonica*)**

Bruna Zafalon da Silva

Porto Alegre

2019

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

**Determinação do defeito crítico em ulna de
codorna-doméstica (*Coturnix coturnix japonica*)**

Autor: Bruna Zafalon da Silva

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

2019

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de
Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES)-001

CIP - Catalogação na Publicação

Zafalon-Silva, Bruna
Determinação do defeito crítico em ulna de
codorna-doméstica (*Coturnix coturnix japonica*) / Bruna
Zafalon-Silva. -- 2019.
49 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, 2019.

1. ortopedia. 2. aves. 3. defeito ósseo. 4.
não-união. 5. silvestres. I. Meller Alievi, Marcelo,
orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Bruna Zafalon-Silva

**DETERMINAÇÃO DO DEFEITO CRÍTICO EM ULNA DE CODORNA-
DOMÉSTICA
(*Coturnix coturnix japonica*)**

Aprovada em

APROVADO POR:

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

Dra. Aline Silva Gouvêa (UFRGS)
Membro da Comissão

Prof. Dr. Bernardo Schmitt (UNIJUÍ)
Membro da Comissão

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

DEDICATÓRIA

*Dedico este estudo a todos animais silvestres que
poderão se beneficiar desta pesquisa.*

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a todos cidadãos brasileiros, que contribuíram de forma direta e indireta para que este estudo fosse realizado dentro de uma instituição federal de ensino.

Agradeço muito, de coração, à minha família (mãe, pai, Ândrio e Renan) por todo amor, apoio, compreensão, financiamento e principalmente por terem oportunizado a mim o privilégio de estudar, sonhar e ir ao mundo atrás dos meus ideais.

Agradeço a todas pessoas que fizeram este trabalho possível, em especial a equipe anestésico-cirúrgica inigualável: Manuel Trujillo, Luciana Teixeira, Ana Vallim, Verônica Mombach, Miúriel Goulart e Mariana Boos. Agradeço também, a Letícia Gutierrez (Titi) e ao César Rozo pelas contribuições científicas no presente estudo, bem como ao Daniel Luz, pela disponibilidade de realizar as radiografias dos animais nos períodos críticos da experimentação.

Ao meu querido orientador Marcelo Alievi, o qual tenho maior admiração, agradeço pela oportunidade de desenvolver este estudo, bem como por todo aprendizado durante a minha passagem pela UFRGS.

Aos meus queridos colegas Laurenn Bittencourt e Breno Exterckötter, agradeço por todo apoio, aprendizado, risadas e pelo companheirismo de trabalho, bem como à toda equipe do Serviço de Ortopedia e Traumatologia Veterinária da UFRGS.

Fica registrado aqui meu muito obrigada a toda equipe do Hospital de Clínicas Veterinárias da UFRGS: professores, técnicos, funcionários, pós-graduandos, residentes e estagiários, por todos ensinamentos, colaboração e auxílio no desenvolvimento das atividades do meu projeto. Em especial agradeço: ao professor Emerson Contesini pelo empréstimo do bisturi piezoelétrico utilizado durante a experimentação, a equipe do bloco de ensino e do setor de radiologia da UFRGS, em especial ao técnico Jaques.

Por fim, agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de estudos concedida ao PPGCV-UFRGS.

A todos, meu muito obrigada!

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo determinar o defeito ósseo crítico em diáfise ulnar de codorna-doméstica (*Coturnix coturnix japonica*). Para o experimento, 36 codornas-domésticas foram distribuídas de forma randomizada, em dois grupos (GI e GII), sendo que no grupo I (GI) não foi utilizada qualquer estabilização da ulna e no grupo II (GII) a ulna foi estabilizada com um pino liso de Kirschner de 0,8 mm de diâmetro. Cada grupo foi subdividido em três subgrupos de 6 animais, onde foram realizados 3 diferentes defeitos ósseos em diáfise de ulna: subgrupo osteotomia (GI-0 e GII-0) e ostectomia de 2 (GI-2 e GII-2) e 4 vezes (GI-4 e GII-4) o diâmetro diafisário ulnar. Para avaliação de não-união e determinação do defeito crítico foram realizados exames radiográficos do membro operado aos 10, 30 e 60 dias de pós-operatório e, a partir desses, foram estabelecidos escores de não-união, avaliação da taxa de consolidação e análise goniométrica da articulação úmero-radio-ulnar e carpo. Na análise estatística foram observadas diferenças entre os grupos GI e GII e entre os diferentes tempos de avaliação pós-operatória ($p < 0,05$) para avaliação dos escores de não-união. Para análise goniométrica, não foram observadas diferenças significativas, inferindo adequação dos métodos. Foram observadas consolidações somente no grupo osteotomia (GI-0 e GII-0) com diferença estatística ($p = 0,01$) aos 60 dias de pós-operatório, sendo as maiores taxas de consolidação (100%) no GII-0. Para os subgrupos GI-2 e GI-4 e GII-2 e GII-4 foi constatada a não-união radiográfica em todos os animais, corroborando o defeito crítico em duas vezes o diâmetro da ulna (média de 6 mm). Assim, conclui-se que o defeito crítico da diáfise de ulna em codornas-domésticas é duas vezes o diâmetro deste osso independentemente da utilização de pino intramedular.

Palavras-chave: ortopedia, fratura, aves, não-união, defeito-ósseo, consolidação, silvestres, aves domésticas.

ABSTRACT

This work was aimed at determine the critical bone size in ulnar Japanese quail (Coturnix coturnix japonica). In the experiment, 36 animals were randomly distributed in two groups (GI and GII), group I (GI) without orthopedic stabilization in the ulna and group II (GII) stabilization with a 0.8 mm Kirschner flat pin of diameter. Each group received 6 quails and 3 different bone defects were produced in ulna diaphysis: subgroup osteotomy (GI-0 and GII-0) and ostectomy of 6 mm (GI-2 and GII-2) and 12 mm (GI-4 and GII -4) the ulnar diaphysis diameter. In evaluation of non-union and determination of the critical size, radiographic evaluations were performed at 10, 30 and 60 postoperative days and established non-union scores, evaluation of healing rate and goniometric analysis of the humeral-ulnar joint and carpal, before and postoperative. In the statistical analysis, differences between the GI and GII groups and between the different times of postoperative evaluation ($p < 0.05$) were observed in the evaluation of the non-union scores. In goniometric analysis, no significant differences were observed. A statistical difference ($p = 0.01$) was observed at the 60th postoperative day only in the osteotomy group (GI-0 and GII-0), with 100% healing in the GII- 0. For the GI-2 and GI-4 and GII-2 and GII-4 subgroups, radiographic non-union was observed in all animals, determining the critical bone size at twice the ulna diameter (mean of 6 mm). Thus, it is concluded that the critical defect of ulna diaphysis in Japanese quails is twice the diameter of this bone regardless of the use of intramedullary pine.

Key words: orthopedics, fracture, birds, non-union, critical size, healing, wild, domestic bird.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Organograma dos grupos amostrais seguidos do número de animais que foram utilizados na experimentação para determinação de defeito ósseo crítico em codornas-domésticas (*Coturnix coturnix japonica*)..... 26
- Figura 2.** Realização de osteotomia com bisturi piezoelétrico em ulna para realização de ostectomia de quatro vezes o diâmetro da ulna (GII-4) em codorna-doméstica (*Coturnix coturnix japonica*) 28
- Figura 3.** A. Implantação retrograda de um pino liso de Kirschner com 0,8 mm em ulna em codorna-doméstica (*Coturnix coturnix japonica*) B. Aspecto final após colocação de implante em exemplar do grupo GII-4 28
- Figura 4.** Goniometria articular. Mensuração dos ângulos articulares de úmero-rádio-ulnar (cotovelo) e articulação do carpo em membro torácico direito de codorna-doméstica do grupo GII-0 31
- Figura 5.** Comparação das taxa de consolidação para os defeitos de osteotomia da ulna para codornas-domésticas (*Coturnix coturnix japonica*) entre os grupos com e sem pino intramedular (GI e GII)..... 32
- Figura 6.** Avaliação radiográfica mediolateral de ulna direita de codornas-domésticas (*Coturnix coturnix japonica*) submetidas a osteotomia da ulna e estabilização com pino intramedular (0,8 mm) (GII-0), aos 60 dias de experimentação. (F) Observação de migração do pino em seta 33
- Figura 7.** Avaliação radiográfica mediolateral de ulna direita de codornas-domésticas submetidas ao tratamento de osteotomia da ulna (GI-0), aos 60 dias de experimentação..... 34
- Figura 8.** Gráficos da análise das variáveis determinantes de defeito crítico em ulna de *Coturnix coturnix japonica*, comparando os grupos GI e GII (sem pino intramedular e com pino intramedular) para os escores: A. Escore final dos avaliadores, B. Qualidade da linha de osteotomia, C. impressão global da consolidação, D. Qualidade óssea; durante os tempos 10, 30 e 60 dias de experimentação 35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Escore para avaliação radiográfica proposto por Ehrhart <i>et al.</i> (2005) e adaptado para avaliação da consolidação em defeitos ósseos em ulna de <i>Gallus gallus domesticus</i> por Boos (2017) e Gutierrez (2017)	30
------------------	---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	Porcentagem
ANOVA	Análise de Variância
<i>BID</i>	Duas vezes ao dia
CEUA	Comissão de Ética no Uso de Animais
CFMV	Conselho Federal de Medicina Veterinária
cm	Centímetro
CO ₂	Dióxido de carbono
CONCEA	Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal
EtCO ₂	Dióxido de carbono expirado - capnografia
FAVET	Faculdade de Veterinária
FC	Frequência cardíaca
FR	Frequência respiratória
g	Gramas
GI	Grupo sem pino intramedular (sem estabilização ortopédica)
GI-0	Grupo sem pino intramedular, osteotomia da ulna
GI-2	Grupo sem pino intramedular, ostectomia duas vezes o diâmetro da ulna
GI-4	Grupo sem pino intramedular, ostectomia quatro vezes o diâmetro da ulna
GII	Grupo com pino intramedular (com estabilização ortopédica)
GII-0	Grupo com pino intramedular, osteotomia da ulna
GII-2	Grupo com pino intramedular, ostectomia duas vezes o diâmetro da ulna
GII-4	Grupo com pino intramedular, ostectomia quatro vezes o diâmetro da ulna
IM	Intramuscular
kg	Quilograma
m	Metros
mg	Miligrama
mm	Milímetro
MPA	Medicação pré-anestésica
NaCl	Cloreto de sódio
n°	Número
Ø	Diâmetro

°	Grau
°C	Graus Celsius
PIM	Pino intramedular
PO	Pós-operatório
<i>SID</i>	Uma vez ao dia
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
VO	Via oral

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	14
2.OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos	15
3. HIPÓTESES	16
4. JUSTIFICATIVA	17
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
5.1 Ortopedia de aves	18
5.2 Tipos de fraturas e escolha de método de estabilização	18
5.3 Fraturas de ulna e uso de pinos intramedulares	19
5.4 Defeito ósseo crítico e animais utilizados como modelo de não-união	20
5.5 Avaliação goniométrica articular	21
6. ARTIGO	22
Resumo	23
Abstract	24
Introdução	24
Materiais e métodos	25
Resultados e discussão	31
Conclusão	38
Referências	38
7. DISCUSSÃO	41
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXO A - Carta de aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais	

1. INTRODUÇÃO

Em medicina de aves, afecções ortopédicas são rotineiras, ocorrendo tanto em aves de estimação e cativeiro (zoológicos, criadouros ou produção) quanto em aves de vida livre, sendo estas, na sua grande maioria, acometidas por traumas ocasionados por interações antrópicas de ação direta ou indireta.

Em ortopedia de aves, dentre as fraturas de maior ocorrência, destacam-se as diafisárias de ossos longos como rádio e ulna. Diversos fatores determinam a ocorrência deste tipo de fratura, dentre eles pode-se destacar a energia do impacto no trauma (alta energia), a presença de corticais ósseas finas e a baixa cobertura muscular em membros torácicos das aves. Devido a isto, comumente são observadas fraturas expostas e/ou cominutivas podendo ocorrer a perda de fragmento (s) ósseo (s), o que por sua vez, determina o afastamento interfragmentar ósseo denominado de defeito ósseo (ALIEVI *et al.*, 2008; BOLSON *et al.*, 2008; FERRIGNO *et al.*, 2014).

O tamanho crítico ósseo é definido como o menor defeito ósseo que não consolida espontaneamente durante o tempo de vida do animal (HUH *et al.*, 2005; PARK *et al.*, 2008). O defeito crítico pode variar de espécie para espécie, sendo algumas utilizadas como modelos ortopédicos de não-união, que por sua vez servem como referencial para estudos pré-clínicos que visam o uso de materiais de enxertia ou implantes ortopédicos. Todavia, são escassos os estudos de modelos de não-união em aves (ANDERSON *et al.*, 1999).

O uso de codornas-domésticas como modelos experimentais em cirurgias ortopédicas é pouco descrito na literatura. Devido as suas características de fácil manejo e manutenção em criação (HUSS, 2008), associado as biológicas de baixo peso (150 à 200g) e boa desenvoltura de voo, acredita-se que esta espécie (*Coturnix coturnix japonica*) possua grande potencial como modelo experimental de não-união óssea.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Determinar o defeito crítico em diáfise ulnar de codorna-doméstica (*Coturnix coturnix japonica*) e determinar a relevância do uso de pinos intramedulares (PIM) como métodos de estabilização óssea após osteotomia/ostectomia.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar a taxa de consolidação em ulna após osteotomia e ostectomia de 2 e 4 vezes o diâmetro da ulna.
- Determinar o tamanho do defeito crítico em diáfise ulnar através da avaliação de não-união radiográfica.
- Avaliar se o uso de pinos intramedulares (pinos lisos de Kirschner, 0,8 mm de diâmetro) associados às osteotomias e ostectomias de 2 e 4 vezes o diâmetro da ulna determinam menor taxa de ocorrência de não-união quando comparado com a não utilização de pinos intramedulares.
- Avaliar se a inserção retrógrada de pino intramedular na ulna provoca alterações goniométricas nas articulações úmero-radio-ulnar e carpo.

3. HIPÓTESES

- H1: Os defeitos causados pelas osteotomia/ostectomias da ulna (subgrupos) apresentarão diferenças estatísticas entre os dois grupos (com pino e sem pino intramedular);
- H2: Haverá diferença estatística entre o GI e GII, sendo o defeito crítico menor no grupo sem implante ortopédico (GI);
- H3: O uso de pinos intramedulares dará maior estabilidade após osteotomia e ostectomias, levando a maior taxa de consolidação em GII;
- H4: O grupo amostral com PIM (GII) terá redução da amplitude articular após o procedimento cirúrgico, devido à possibilidade de lesões iatrogênicas causadas pela inserção retrógrada de pino liso de Kirschner (0,8mm de diâmetro);
- H0 (nula): Não haverá diferença entre os grupos (GI e GII) e tratamentos, após 60 dias de pós-operatório.

4. JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento deste trabalho é de grande relevância para definir uma nova espécie modelo de não-união em ortopedia, afim de inferir a utilização destes dados obtidos como referencial teórico para estudos pré-clínicos utilizando biomateriais osteocondutores, osteoindutores e osteogênicos na veterinária e/ou medicina, assim, aprimorando as técnicas cirúrgicas ortopédicas já existentes que utilizam enxertos ósseos. Além disso, será possível extrapolar as informações obtidas, como embasamento teórico, na tomada de decisão relacionada à conduta clínico-cirúrgica no tratamento de fraturas em aves domésticas e silvestres, principalmente para aves de baixo peso (entre 100 e 200g), apresentando fraturas diafisárias e/ou com defeitos ósseos de diferentes tamanhos.

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 Ortopedia de aves

O esqueleto apendicular das aves apresenta algumas peculiaridades que o diferem dos mamíferos, como a presença de ossos pneumáticos, leves, com corticais finas e canal medular largo (ALIEVI *et al.*, 2008; WEST *et al.*, 1996). Outra característica anatômica relevante é a escassez de tecidos moles envolvendo os ossos longos, o que pode favorecer a ocorrência de fraturas diafisárias e/ou expostas, determinando assim prejuízos na consolidação (DALMOLIN *et al.*, 2007; OROSZ, 2002).

Ao que tange a ortopedia e o retorno da função dos membros traumatizados, embora exista de fato conhecimento acumulado na literatura científica sobre animais silvestres, muitos dados ou relatos não são extensivos o suficiente para extrapolar às diversas espécies de aves, com diferentes características anatômicas e fisiológicas. Diversas técnicas conservadoras e cirúrgicas são relatadas para o tratamento de fraturas, sendo a escolha da técnica de osteossíntese adequada desafiadora, devido aos aspectos biológicos, mecânicos e, principalmente, clínicos de cada espécie (HELMER & REDIG, 2006).

O processo de consolidação óssea e remodelamento, causados tanto pelos métodos cirúrgicos quanto pelos métodos conservadores, podem resultar em alterações morfológicas e biomecânicas negativas na desenvoltura do voo. Devido a isto, muitas aves de vida livre que necessitam de plena capacidade de voo para sobrevivência, podem ser encaminhadas à vida em cativeiro ou até mesmo submetidas a eutanásia quando inaptas ao voo (BELLANGEON & PATAT, 1984).

5.2 Tipos de fraturas e escolha de método de estabilização

Os princípios básicos ortopédicos que se aplicam as aves são semelhantes aos princípios para cães e gatos, onde é necessária fixação absoluta ou relativa (dependendo do tipo de fratura), alinhamento anatômico, aposição dos fragmentos fraturados, atividade tecidual óssea e tendo como objetivo o retorno precoce de função do membro. A escolha do método de estabilização deve ser capaz de proporcionar formação de atividade tecidual local, obtendo um rápido desenvolvimento de vasos sanguíneos, minimizando os danos às estruturas adjacentes (tecidos moles), obtendo como consequência a consolidação óssea precoce (MACCOY, 1991; WILLIAMS *et al.*, 1987).

Quando comparado com mamíferos, as principais diferenças osteológicas das aves dão-se na presença de ossos longos com pouco tecido esponjoso e com corticais finas, muitas vezes quebradiças, devido a maior deposição mineral, o que dificulta a estabilização com diversos tipos de implantes. As fraturas cominutivas em aves silvestres são frequentes na clínica (LEOTTE *et al.*, 2003), estando associadas normalmente a falhas ósseas em função da perda de fragmentos ósseos por exposição e/ou necrose óssea (HENRY & WADSWORTH, 1981), o que conseqüentemente leva a um prognóstico desfavorável ao retorno à função dos membros levando a inaptidão de voo (JONES & REDIG, 2001).

As opções de estabilização e tratamento de fraturas com defeitos ósseos de aves são restritas (BOOS, 2017; TUNIO *et al.*, 2015; WANDER *et al.*, 2000) e representam desafio no planejamento cirúrgico ortopédico (BOLSON *et al.*, 2005). Para o tratamento das falhas ósseas provocadas por fraturas cominutivas de ossos longos é possível optar pelo uso de enxertos e/ou implantes como adjuvantes no tratamento (BOLSON *et al.*, 2008; DALMOLIN *et al.*, 2007; HENRY & WADSWORTH, 1981).

Dentre as técnicas conservadoras para fraturas simples, sem deslocamento de eixo anatômico de ulna/carpo-metacarpo, destaca-se o uso de imobilizações com “bandagem em 8” (MACCOY, 1992). Esta técnica é recomendada na literatura para aves muito pequenas (com peso abaixo de 150g) onde é inviável a utilização de implantes ortopédicos para estabilização e/ou em aves que apresentem o rádio íntegro pós-trauma. O uso desta bandagem pode ser recomendado, temporariamente, no pós-operatório de osteossínteses em membros torácicos em aves, pois reduzem as forças de rotação e cisalhamento que atuam sobre o foco de fratura, contribuindo positivamente no processo de consolidação (BENNERT *et al.*, 2016; CHRISTEN *et al.*, 2005).

5.3 Fraturas de ulna e uso de pinos intramedulares

Fraturas em terço médio de ulna são relativamente comuns em aves com boa desenvoltura de voo. Anatomicamente, a ulna nas aves é maior que rádio, fato este não observado nos mamíferos de forma geral. Ao que tange as forças sobre o foco de fratura, os pinos intramedulares são relativamente bons implantes para neutralização das forças de arqueamento, mantendo boa vascularização óssea. Todavia, estes implantes não são indicados para fraturas que necessitem a neutralização total das forças de compressão e torção. Tendo em vista que as fraturas em asas de aves sofrem pouca carga compressiva, o uso dos pinos intramedulares é indicado para diversas espécies, pois proporcionam

condições para consolidação óssea (primária ou secundária), favorecendo a manutenção do comprimento ósseo (ALIEVI *et al.*, 2008; FERRIGNO *et al.*, 2014; TULLY, 2002).

Os pinos intramedulares podem ser usados como único implante em fraturas no terço médio de úmero e ulna, principalmente em aves pequenas, onde se torna difícil a osteossíntese com implantes maiores e mais pesados, como placas ósseas ou fixadores esqueléticos externos. Em especial, fraturas de ulna que apresentam integridade do rádio, tem um melhor prognóstico, pois apresentam maior estabilidade e neutralização das forças sobre o foco de fratura. Por sua vez, na ulna, os pinos podem ser inseridos de maneira normógrada ou retrógrada, todavia sua implantação pode ocasionar lesões articulares iatrogênicas e como consequência alterações na amplitude articular da articulação úmero-radioulnar e carpo, levando a inaptidão de voo (FERRIGNO *et al.*, 2014; GJELTEMA *et al.*, 2018).

5.4 Defeito ósseo crítico e animais utilizados como modelo de não-união

O defeito ósseo crítico é definido como o menor defeito de um determinado osso e espécie que não consolida espontaneamente durante a sua vida, caracterizado pela ocorrência de não-união (HUH *et al.*, 2005; PARK *et al.*, 2008). A não-união da fratura pode ser causada por vários fatores sistêmicos como subnutrição, alterações endócrinas associadas a hipovitaminoses, uso de anti-inflamatórios não-esteróides, processos infecciosos locais, comprometimento vascular, instabilidade, falha óssea, fatores iatrogênicos e magnitude de lesão (PERUMAL & ROBERTS, 2007).

Para determinação de defeito crítico e uso de modelos experimentais de não-união óssea, são citados na literatura o uso de ovelhas e coelhos como modelos experimentais com o objetivo de desenvolver técnica para uso em investigação de cura de defeitos em ossos longos (FANG *et al.*, 2011; VIATEAU *et al.*, 2004). Segundo Viateau *et al.* (2004), o uso do modelo de defeito crítico metatarsal (III e IV metatarso) em ovelhas é adequado e com baixa morbidade.

Todavia, há poucos estudos na literatura que determinam o defeito crítico ósseo em aves, dentre eles destaca-se o de Tunio (2015), onde foram utilizados pombos-domésticos (*Columba livia*) para avaliar a incorporação de enxerto em ulna, utilizando falhas ósseas de 10 mm como defeito crítico. No estudo de Boos (2017) foram utilizadas galinhas-domésticas (*Gallus gallus domesticus*) como modelos experimentais para determinar o defeito ósseo crítico, sendo ele quatro vezes o diâmetro da ulna, mediante a estabilização com um pino intramedular.

5.5 Avaliação goniométrica articular

A goniometria articular é a medição dos ângulos presentes nas articulações dos animais, sendo determinada numericamente (graus) como a medida do intervalo de movimento em uma articulação. Em medicina e veterinária esta medida é frequentemente usada para auxiliar no diagnóstico e manejo de distúrbios musculoesqueléticos, bem como monitorar o progresso de reabilitação física após tratamentos ortopédicos (GJELTEMA *et al.*, 2018).

Existem diferentes métodos para a obtenção das medidas goniométricas, não sendo estabelecido um padrão ouro para aves. Dentre os métodos destacam-se a avaliação radiográfica, uso de goniômetro universal de plástico, a eletrogoniometria e medição de articulações usando marcos em fotografias. Diversos estudos avaliando técnicas de goniometria foram realizados em cães, gatos, cavalos, corujas, ovelhas e alpacas, afim de determinar os ângulos fisiológicos para estas espécies e quais técnicas são mais adequadas para cada espécie (GJELTEMA *et al.*, 2018; JAEGGER *et al.*, 2002; WALTERS *et al.*, 2016).

Estudos descreveram que, lesões em asas de aves silvestres, são particularmente preocupantes, principalmente nos grupos de aves que necessitam da desenvoltura do voo para sobrevivência em vida livre ou para desempenho esportivo em ambientes cativos. Ao que tange as lesões em membros de aves e consequências sobre a amplitude articular (goniometria), muitas destas lesões (fraturas, luxações, contraturas) levam a limitações na flexão, extensão, pronação e supinação da asa, que por sua vez determinam déficits de voo (BEAUFRERE *et al.*, 2012; GJELTEMA *et al.*, 2018; HELMER, 2006).

6. ARTIGO

Determinação do defeito crítico em ulna de codorna-doméstica
(Coturnix coturnix japonica)

Zafalon-Silva, B.

Artigo a ser submetido para revista

Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia

1 **Determinação do defeito crítico em ulna de codorna-doméstica**

2 (*Coturnix coturnix japonica*)

3
4 **[Ulnar Critical-Size Defect in Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*)]**

5
6 B. Zafalon-Silva^{1*}

7
8 ¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, RS

9 *E-mail de correspondência: brunazs@gmail.com

10
11 **RESUMO**

12
13 O presente estudo teve como objetivo determinar o defeito ósseo crítico em diáfise ulnar
14 de codorna-doméstica. Para o experimento foram utilizados 36 indivíduos da espécie
15 *Coturnix coturnix japonica*, distribuídos de forma randomizada em dois grupos (GI e
16 GII), sendo que no grupo I (GI) não foi utilizada estabilização ortopédica na ulna e no
17 grupo II (GII) a mesma foi estabilizada com um pino liso de Kirschner de 0,8 mm de
18 diâmetro. Cada grupo foi subdividido em três subgrupos de 6 animais onde foram
19 realizadas falhas ósseas diafisárias ulnares de três diferentes dimensões: osteotomia (GI-
20 0 e GII-0) e ostectomia de 2 (GI-2 e GII-2) e 4 vezes (GI-4 e GII-4) o diâmetro ósseo
21 ulnar diafisário. Para avaliação de não-união e determinação do defeito crítico foram
22 realizadas avaliações radiográficas do membro operado aos 10, 30 e 60 dias de pós-
23 operatório e, a partir desses exames, estabelecidos escores de defeito crítico, avaliação da
24 taxa de consolidação e análise goniométrica da articulação úmero-radio-ulnar e carpo. Na
25 análise estatística foram observadas diferenças entre os grupos GI e GII e entre os
26 diferentes tempos de avaliação pós-operatória ($p < 0,05$) na avaliação dos escores finais de
27 não-união. Na análise goniométrica do cotovelo e do carpo não foram observadas
28 diferenças significativas entre os grupos. Foram observadas consolidações ósseas
29 somente no grupo osteotomia (GI-0 e GII-0) com diferença estatística ($p = 0,01$) aos 60
30 dias de pós-operatório, sendo as maiores taxas de consolidação (100%) no GII-0. Para os
31 subgrupos GI-2 e GI-4 e GII-2 e GII-4 foi constatada a não-união radiográfica em todos
32 os animais, corroborando o defeito crítico em duas vezes o diâmetro da ulna (média de 6
33 mm). Assim, conclui-se que o defeito crítico da diáfise de ulna em codornas-domésticas
34 é duas vezes o diâmetro deste osso.

35 **Palavras-chave:** ortopedia, fratura, aves, não-união, defeito-ósseo, consolidação,
36 silvestres, aves domésticas.

37

ABSTRACT

38

39 This paper was aimed at determine the critical bone size in ulnar Japanese Quail (*Coturnix*
40 *coturnix japonica*). In the experiment, 36 animals were randomly distributed in two
41 groups (GI and GII), group I (GI) without orthopedic stabilization in the ulna and group
42 II (GII) stabilization with a 0.8 mm Kirschner flat pin of diameter. Each group received
43 6 quails and 3 different bone defects were produced in ulna diaphysis: subgroup
44 osteotomy (GI-0 and GII-0) and ostectomy of 6 mm (GI-2 and GII-2) and 12 mm (GI-4
45 and GII -4) the ulnar diaphysis diameter. In evaluation of non-union and determination
46 of the critical size, radiographic evaluations were performed at 10, 30 and 60
47 postoperative days and established non-union scores, evaluation of healing rate and
48 goniometric analysis of the humeral-ulnar joint and carpal, before and postoperative. In
49 the statistical analysis, differences between the GI and GII groups and between the
50 different times of postoperative evaluation ($p < 0.05$) were observed in the evaluation of
51 the non-union scores. In goniometric analysis, no significant differences were observed.
52 A statistical difference ($p = 0.01$) was observed at the 60th postoperative day only in the
53 osteotomy group (GI-0 and GII-0), with 100% healing in the GII- 0. For the GI-2 and GI-
54 4 and GII-2 and GII-4 subgroups, radiographic non-union was observed in all animals,
55 determining the critical bone size at twice the ulna diameter (mean of 6 mm). Thus, it is
56 concluded that the critical defect of ulna diaphysis in Japanese quails is twice the diameter
57 of this bone regardless of the use of intramedullary pine.

58

59 **Key words:** orthopedics, fracture, birds, non-union, critical size, healing, wild, domestic
60 bird.

61

62

INTRODUÇÃO

63

64 Em ortopedia de aves, dentre as fraturas de maior ocorrência, destacam-se as
65 diafisárias de ossos longos como rádio e ulna. Diversos fatores determinam a ocorrência
66 deste tipo de fratura, dentre eles pode-se destacar a energia do impacto no trauma (alta
67 energia), a presença de corticais ósseas finas e quebradiças com baixa cobertura muscular

68 em membros torácicos das aves. Devido a isto, comumente são observadas fraturas
69 expostas e/ou cominutivas podendo ocorrer a perda de fragmento (s) ósseo (s), o que por
70 sua vez, determina o afastamento interfragmentar ósseo denominado de defeito ósseo
71 (ALIEVI *et al.*, 2008; BOLSON *et al.*, 2008; FERRIGNO *et al.*, 2014).

72 O tamanho crítico ósseo é definido como o menor defeito ósseo que não consolida
73 espontaneamente durante o tempo de vida do animal (HUH *et al.*, 2005; PARK *et al.*,
74 2008). O defeito crítico pode variar de espécie para espécie, sendo algumas utilizadas
75 como modelos ortopédicos de não-união, que por sua vez servem como referencial para
76 estudos pré-clínicos que visam o uso de materiais de enxertia ou implantes ortopédicos.
77 Todavia, são escassos os estudos de modelos de não-união em aves (ANDERSON *et al.*,
78 1999).

79 O uso de codornas-domésticas como modelos experimentais em cirurgias
80 ortopédicas é pouco descrito na literatura. Devido as suas características biológicas, por
81 ser uma espécie de fácil manejo e manutenção em criação (HUSS, 2008) acredita-se que
82 esta espécie (*Coturnix coturnix japonica*) possua grande potencial como modelo
83 experimental de não-união em ortopedia. Partindo deste contexto, o presente estudo teve
84 como objetivo a determinação do defeito crítico diafisário ulnar para espécie *Coturnix*
85 *coturnix japonica*, através da avaliação de ocorrência de não-união radiográfica, bem
86 como a determinação de relevância do uso de pinos intramedulares (PIM) como métodos
87 de estabilização óssea após osteotomia/ostectomia.

88

89

MATERIAIS E MÉTODOS

90

Animais e manutenção

92 O experimento foi previamente aprovado pela Comissão de Ética no Uso de
93 Animais da UFRGS (aprovação nº 34528). Foram utilizadas 36 codornas-domésticas
94 (*Coturnix coturnix japonica*), fêmeas, adultas em início de fase reprodutiva (60 dias de
95 vida), com peso médio 160g, obtidas de criadouro comercial. Os animais foram
96 inicialmente aclimatados durante 30 dias em gaiolas coletivas (3,7m²). Durante todo o
97 experimento os animais foram mantidos em ambiente com temperatura controlada (20-
98 28°C), recebendo água e ração comercial para codornas de postura *ad libitum*. A
99 higienização dos comedouros, bebedouros e dos recintos foi feita diariamente e a troca
100 da cama de maravalha a cada 10 dias.

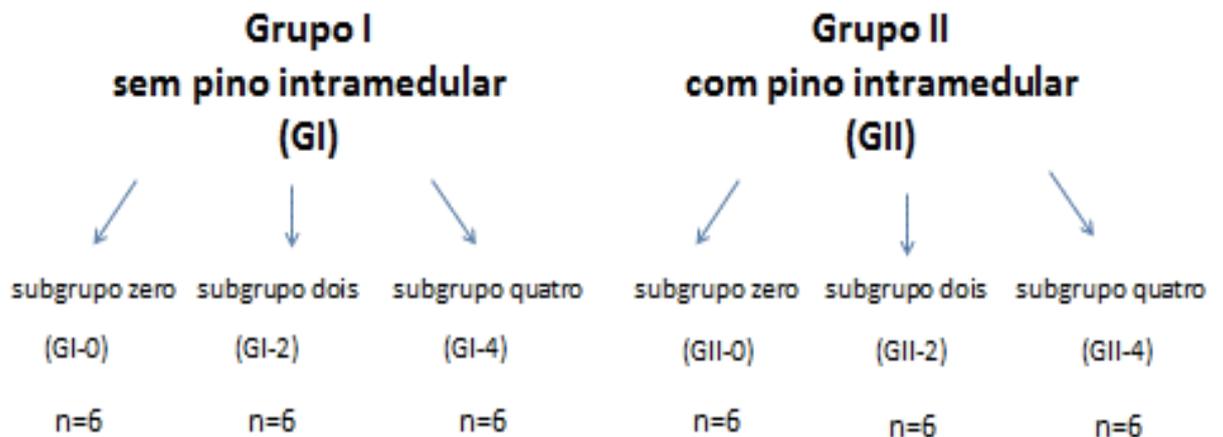
101 Após o período de aclimação os animais foram submetidos a avaliação clínica
 102 individual pré-operatória, seguida de hemograma completo e radiografia de região de
 103 rádio e ulna direita nas projeções mediolateral e caudocranial.

104

105 **Delineamento amostral**

106 Para o experimento as 36 codornas foram distribuídas de forma randomizada,
 107 através de sorteio, em dois grandes grupos (18 animais), sendo que no grupo I (GI) não
 108 foi utilizada qualquer estabilização da ulna e no grupo II (GII) a ulna foi estabilizada com
 109 um pino liso de Kirschner de 0,8 mm de diâmetro. Cada grupo foi subdividido em três
 110 subgrupos de 6 animais onde foram realizadas falhas ósseas diafisárias ulnares de três
 111 diferentes dimensões, osteotomia e ostectomias de 2 e 4 vezes o diâmetro ósseo ulnar
 112 diafisário, conforme Figura 1.

113



114 Figura 1. Organograma dos grupos amostrais seguidos do número de animais que foram
 115 utilizados na experimentação para determinação de defeito ósseo crítico em
 116 codornas-domésticas (*Coturnix coturnix japonica*).

117

118 **Procedimentos anestésicos e pré-operatórios**

119 Para o procedimento cirúrgico os animais foram mantidos em jejum sólido e
 120 hídrico de 30 minutos antes da aplicação da medicação pré-anestésica (MPA). Na MPA
 121 foi utilizada xilazina (7 mg/kg), quetamina (23 mg/kg) e tramadol (30mg/kg) por via
 122 intramuscular e, após aproximadamente 10 minutos, foi realizada venóclise metatarsal
 123 medial e intubação orotraqueal, adaptada mediante uso de sonda uretral n°8 para
 124 ventilação com oxigênio.

125 Como manutenção anestésica as codornas receberam infusão contínua de fentanil
126 na dose de 0,3 microgramas/kg/minuto, via bomba de infusão até a implementação de
127 bandagem em “8” ao fim do procedimento cirúrgico.

128 Ao longo de todo o procedimento cirúrgico, os reflexos avaliados foram:
129 palpebral, membrana nictitante, pinçamento digital e arrancamento de pena. A total
130 ausência desses reflexos foi considerado como plano anestésico adequado. Frequência
131 cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), temperatura cloacal, oximetria, ritmo
132 cardíaco por eletrocardiograma e EtCO₂ foram avaliados continuamente e registrados a
133 cada 5 minutos com o uso de monitor multiparamétrico.

134

135 **Procedimento cirúrgico**

136 Com o animal em plano anestésico-cirúrgico adequado e em decúbito lateral
137 esquerdo, as penas de toda circunferência da região umeral e radioulnar direitas foram
138 delicadamente removidas e a área foi submetida a antissepsia com álcool e clorexidine
139 2%. Após a colocação dos campos estéreis, foi realizado acesso craniodorsal a região
140 diafisária ulnar através de incisão de pele, divulsão do subcutâneo, afastamento do
141 músculo flexor ulnar do carpo e das inserções dos bulbos das remiges secundárias
142 aderidas ao perióstio.

143 Após o acesso, foi mensurado o comprimento total da ulna com auxílio de régua
144 metálica estéril e do diâmetro diafisário com auxílio de especímetro de Castroviejo. Para
145 realização das osteotomias/ostectomias foi utilizado bisturi piezoelétrico com ponteira
146 reta diamantada estéril, sob irrigação constante com NaCl 0,9% estéril em temperatura
147 ambiente. Foram realizadas osteotomias e ostectomias de duas e quatro vezes o diâmetro
148 da ulna, em ambos grupos amostrais (GI e GII), tendo como referência o centro da ulna
149 para realização dos cortes (Figura 2).

150



151

152

153

154

155

156

Figura 2. Realização de osteotomia com bisturi piezoelétrico em ulna para realização de ostectomia de quatro vezes o diâmetro da ulna (GII-4) em codorna-doméstica (*Coturnix coturnix japonica*). Foto: Marcelo Meller Alievi

157

158

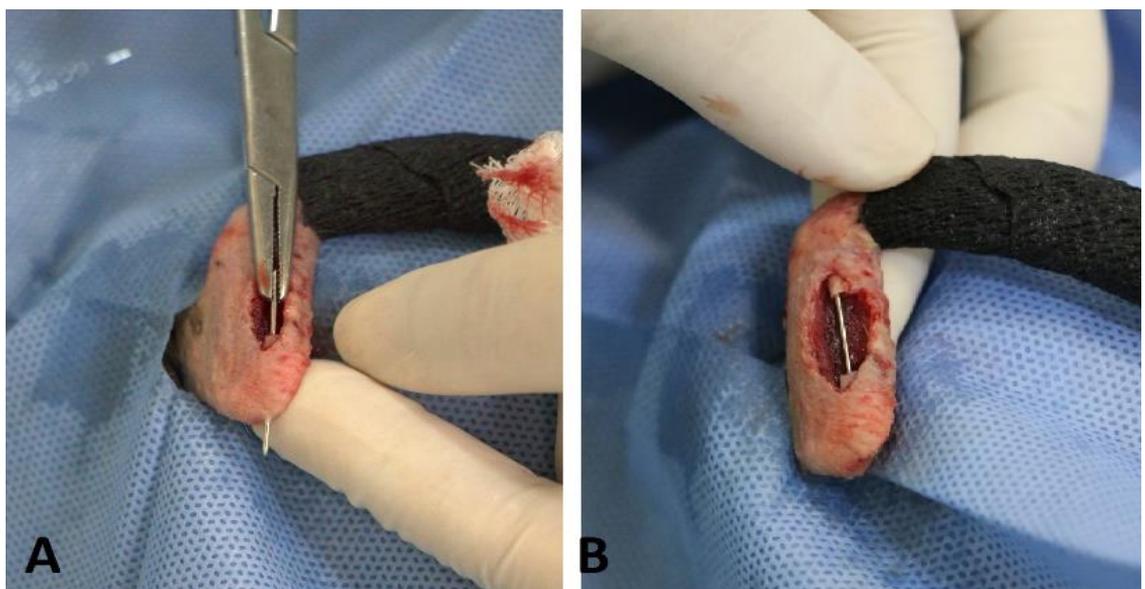
159

160

161

162

Para o grupo GI não foi implementado nenhum tipo de fixação dos fragmentos. No GII foi realizada inserção de um pino liso de Kirschner com 0,8 mm de diâmetro e com aproximadamente 2,8 cm de comprimento, via retrógrada pela tuberosidade do olécrano (Figura 3 A e B). Após, em ambos grupos foi realizada a lavagem de região com NaCl 0,9% estéril e, em seguida, foi realizada a rafia da fáscia muscular e pele com mononáilon nº 4-0 em padrão isolado simples.



163

164

165

Figura 3. A. Implantação retrógrada de um pino liso de Kirschner com 0,8 mm em ulna em codorna-doméstica (*Coturnix coturnix japonica*) B. Aspecto final após colocação de implante em exemplar do grupo GII-4. Foto: Marcelo Meller Alievi

166 **Manejo pós-operatório**

167 No pós-operatório imediato, o membro operado foi radiografado nas projeções
168 mediolateral e caudocranial e após a asa foi mantida com imobilização temporária
169 mediante o uso de bandagem elástica em “8” por 10 dias. Como protocolo terapêutico foi
170 utilizado tramadol (30 mg.kg⁻¹, VO, *bid* por 5 dias), dipirona (25 mg.kg⁻¹, VO, *bid* por 5
171 dias), meloxicam (1 mg.kg⁻¹, IM, *sid*, por 3 dias) e enrofloxacino (15 mg.kg⁻¹, VO, *bid*
172 por 5 dias).

173 Durante os dez primeiros dias de pós-operatório, os animais foram mantidos em
174 gaiolas de 1,74m², sendo o número máximo de 5 animais por gaiola e após foram
175 realocadas na gaiola coletiva supracitada.

176

177 **Acompanhamento de evolução clínica**

178 Foram realizados exames radiográficos, mediante contenção física, nas projeções
179 mediolateral e caudocranial da ulna direita aos 10, 30 e 60 dias de pós-operatório, sendo
180 todos realizados com mesmo regime radiográfico.

181 Para análise das imagens radiográficas foi utilizada a tabela proposta por Ehrhart
182 *et al.* (2005) e adaptada por Boos (2017) e Gutierrez (2017) para *Gallus gallus*
183 *domesticus*, onde três avaliadores estabeleceram escore de pontuação final, obtendo-se
184 valor médio para fins de análise estatística nas variáveis (Tabela 1): qualidade da linha de
185 osteotomia, impressão global da consolidação óssea, qualidade óssea, fixação do pino
186 intramedular (somente considerada em GII) e escore final (somatório de todos os pontos
187 obtidos nas variáveis).

188

189 Tabela 1. Escore para avaliação radiográfica proposto por Ehrhart *et al.* (2005) e
 190 adaptado para avaliação da consolidação em defeitos ósseos em ulna de *Gallus gallus*
 191 *domesticus* por Boos (2017) e Gutierrez (2017).

CRITÉRIOS PARA ESCORE DE NÃO-UNIÃO	PONTOS
QUALIDADE DA LINHA DA OSTEOTOMIA	
Perda do detalhe da linha de osteotomia	2
Linha de osteotomia ainda visível	1
Linha de osteotomia larga	0
QUALIDADE ÓSSEA DO DEFEITO CRÍTICO	
Preenchimento ósseo completo	2
Formação de calo ósseo, sem união	1
Sem reação óssea	0
IMPRESSÃO GLOBAL DA CONSOLIDAÇÃO	
União radiográfica	2
Evidência radiográfica de calo, mas sem união	1
Mínima ou nenhuma evidência radiográfica de união	0
ASPECTO E FIXAÇÃO DO PINO INTRAMEDULAR (PIM)	
Implantes metálicos com aparência normal	2
Lise ao redor do PIM	1
Migração do PIM	0

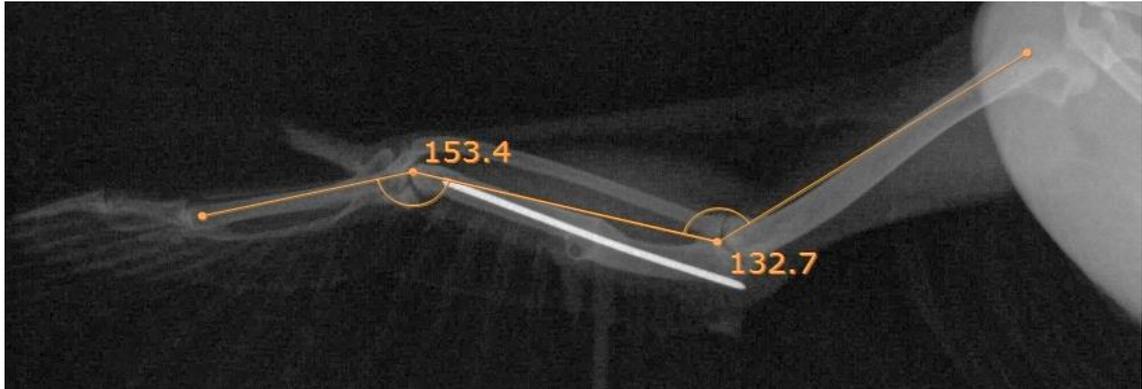
192 Além disso, foi contabilizado a porcentagem de animais que apresentaram união
 193 ou não-união óssea nos diferentes tempos de avaliação, sendo considerada união
 194 radiográfica a presença de continuidade cortical completa.

195

196 **Avaliação goniométrica articular**

197 Para avaliação foram utilizadas as radiografias mediolaterais, pré (dia 0) e pós-
 198 operatórias (dias 60), onde os animais foram contidos fisicamente e posicionados com a
 199 articulação úmero-rádio-ulnar em extensão e a do carpo em abdução de ombro em 90°.

200 As imagens radiográficas digitais obtidas foram analisadas no programa Sante
 201 DICOM Viewer Pro®, onde foram realizadas as medições dos ângulos articulares úmero-
 202 rádio-ulnar (cotovelo) e do carpo direito, sendo comparadas o pré e pós-operatório entre
 203 os grupos GI e GII. Para realizar a medição goniométrica, foram traçados os eixos
 204 articulares, tendo como referência o centro das articulações do cotovelo e do carpo
 205 (Figura 4).



206

207 Figura 4. Goniometria articular. Mensuração dos ângulos (°) articulares de úmero-rádio-
 208 ulnar (cotovelo) e articulação do carpo em membro torácico direito de codorna-
 209 doméstica do grupo GII-0.

210

211 **Análise estatística**

212 Foi realizada análise de normalidade das variáveis pela prova de Shapiro Wilk e
 213 após, foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) para as variáveis independentes
 214 grupo (I e II) e tratamentos (osteotomia, ostectomia de duas e quatro vezes o diâmetro da
 215 ulna) e análise das variáveis dependentes: qualidade da linha de osteotomia, qualidade
 216 óssea, impressão global da consolidação, escore final, fixação de pino para os tempos 10,
 217 30 e 60 dias, sendo considerada a média dos três avaliadores. Ainda foi realizada análise
 218 estatística dos valores obtidos nas goniometrias de cotovelo e carpo no pré e pós-
 219 operatório (0 e 60 dias), entre grupos e subgrupos. Após a realização da ANOVA, as
 220 médias foram comparadas pelo teste post-hoc de Tukey com nível de significância de p
 221 $<0,05$, sendo utilizados o software SAS Studio®.

222

223 **Destinação dos animais**

224 Após o término da experimentação foi realizada a doação de todos animais hígidos
 225 a populares interessados, tanto para criação de codornas poedeiras quanto como pets. As
 226 codornas foram doadas somente após o período de carência das medicações administradas
 227 durante o experimento e que pudessem inviabilizar o consumo de ovos, sendo respeitado
 228 um período de carência mínimo de 60 dias.

229

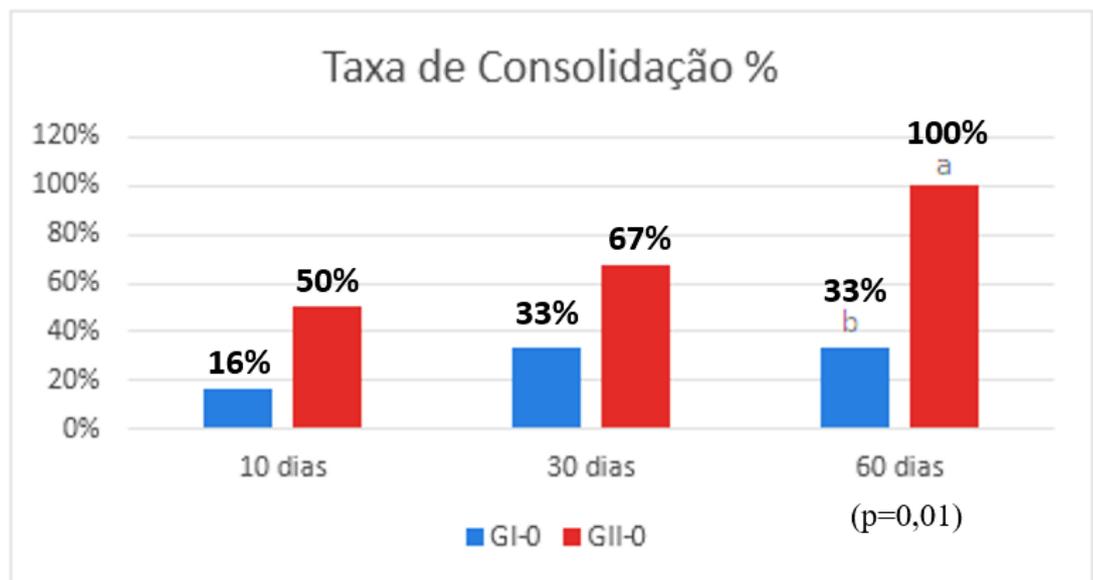
230 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

231

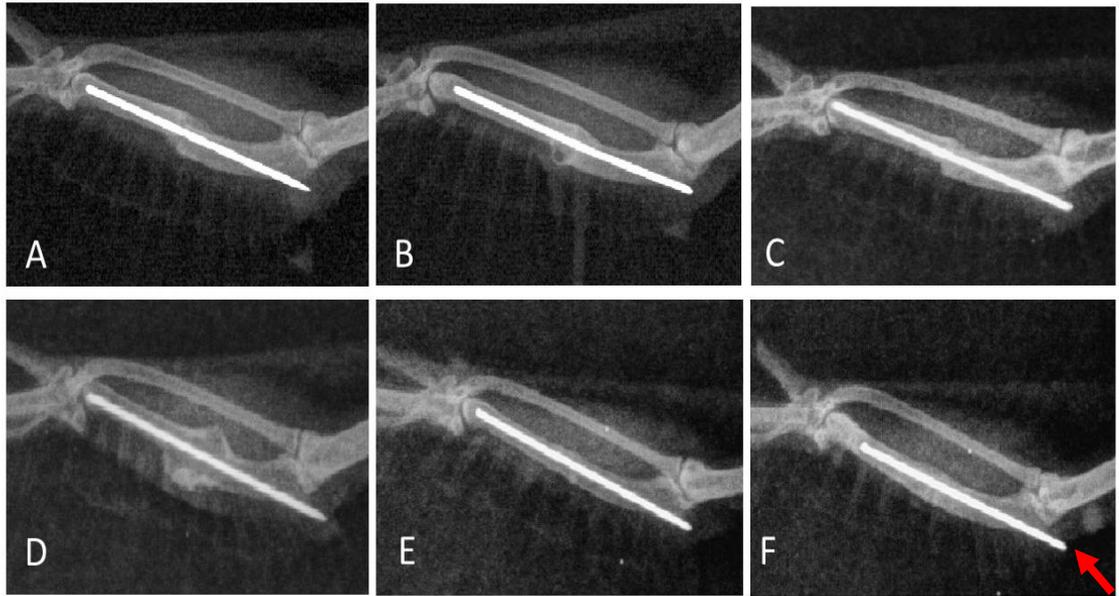
232 O peso médio dos animais foi 167 ± 13 g, não havendo diferença significativa
 233 entre GI e GII ($p>0,05$). Nas morfometrias da ulna direita, para as variáveis diâmetro e

234 comprimento, não houve diferença significativa entre os grupos de tratamento, sendo os
 235 valores médios e seus desvios padrões respectivamente: $3,0 \pm 0,2$ mm para diâmetro e
 236 $32,3 \pm 0,9$ mm para comprimento da ulna. Para o tamanho dos defeitos de duas e quatro
 237 vezes o diâmetro ósseo foi obtida a média de 18,75% (6 mm) e 37,50% (12 mm) do total
 238 de comprimento da ulna, respectivamente, não havendo diferença entre os grupos GI e
 239 GII. Essas informações demonstram que as codornas possuem uma uniformidade de
 240 tamanho e peso, permitindo uma homogeneização dos grupos e, com isso, maior
 241 confiabilidade e repetibilidade dos resultados obtidos.

242 Com relação a taxa de consolidação dos defeitos promovidos, só foi verificada
 243 união nos animais dos subgrupos onde foi realizada somente a osteotomia (GI-0 e GII-0),
 244 não havendo consolidação nos demais subgrupos (GI-2, GI-4, GII-2 e GII-4). A taxa de
 245 consolidação radiográfica nos animais pode ser observada na Figura 5, sendo observada
 246 diferença estatística entre os subgrupos somente aos 60 dias pós-operatório ($p=0,01$). Essa
 247 diferença é justificada pela inserção do pino intramedular no GII-0, o que deve ter
 248 proporcionado maior estabilidade e, conseqüentemente, um ambiente adequado para a
 249 consolidação óssea com redução na taxa de não-união (Figura 6). Acredita-se que isso
 250 associado a integridade do rádio produziram um fator mecânico importante na
 251 estabilidade do foco de osteotomia o que gerou maior taxa de consolidação no GII em
 252 relação ao GI.



253 Figura 5. Comparação das taxas de consolidação para os defeitos de osteotomia da
 254 ulna para codornas-domésticas (*Coturnix coturnix japonica*) entre os grupos com e sem
 255 pino intramedular (GI e GII).



256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

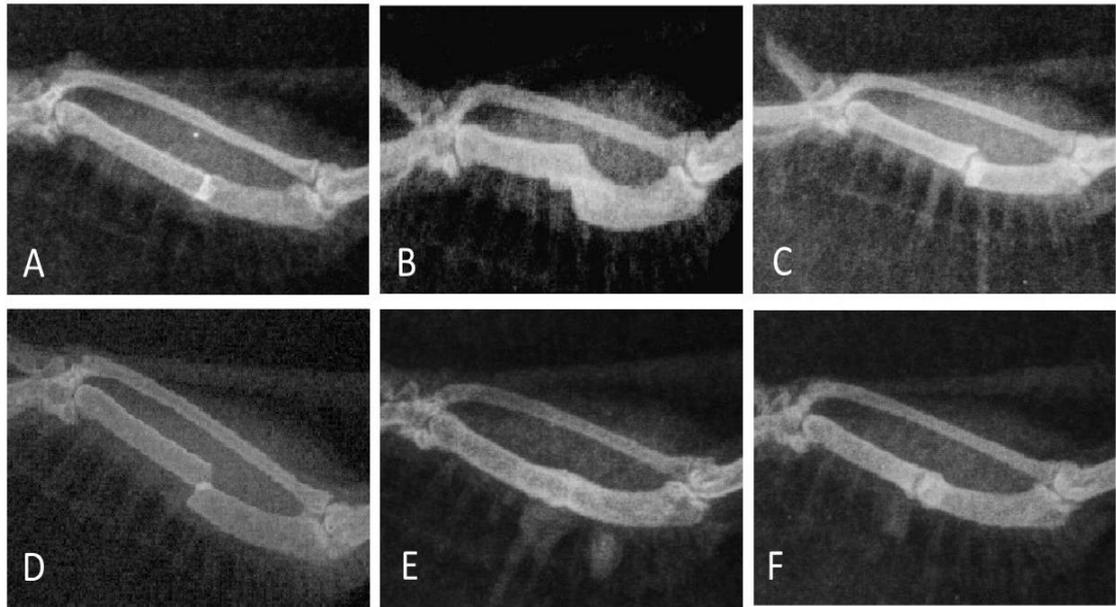
270

271

272

Figura 6. Avaliação radiográfica mediolateral de ulna direita de codornas-domésticas (*Coturnix coturnix japonica*) submetidas a osteotomia da ulna e estabilização com pino intramedular (0,8 mm) (GII-0), aos 60 dias de experimentação. (F) Observação de migração parcial do pino (seta).

Poucos estudos foram desenvolvidos avaliando a consolidação óssea em aves, não sendo conhecido o tempo de consolidação para espécie *Coturnix coturnix japonica*. Apesar da consolidação em aves ocorrer rapidamente, há muitas semelhanças fisiológicas no processo de consolidação dos mamíferos (MARTIN & RITCHIE, 1994). Segundo estes autores, a taxa de consolidação óssea é dependente de diversos fatores, como estabilidade do foco de fratura, deslocamento dos fragmentos ósseos (contato), gravidade da lesão vascular, dentre outros fatores como a presença de infecções. Acredita-se que para o grupo GI-0 (Figura 7), o deslocamento dos fragmentos proximal e distal à osteotomia (exemplificados na Figura 7 B, C e D) foi determinante para a diminuição na taxa de consolidação, visto que o menor contato ósseo afeta negativamente a consolidação da osteotomia (FERRAZ *et al.*, 2008; JOHNSON, 2008).



273

274 Figura 7. Avaliação radiográfica mediolateral de ulna direita de codornas-domésticas
 275 submetidas a osteotomia da ulna (GI-0), aos 60 dias de experimentação.

276

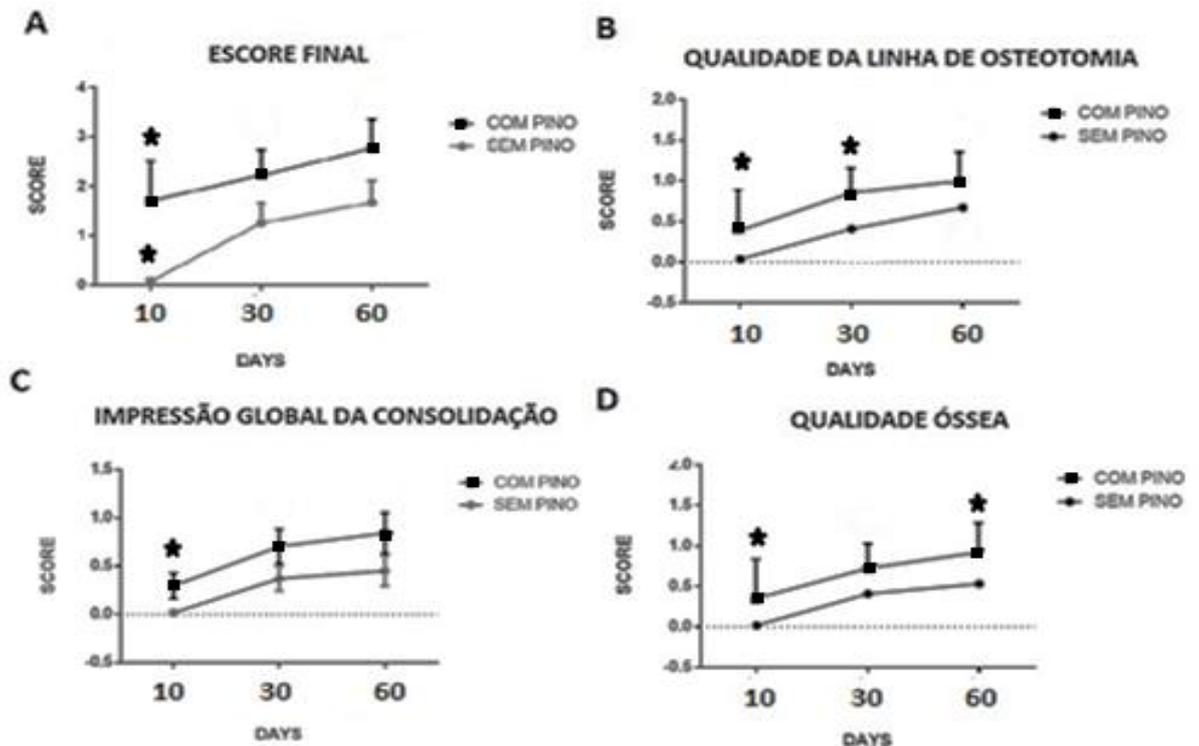
277 Dentre os fatores biológicos que determinam a consolidação óssea destacam-se o
 278 aporte sanguíneo e a baixa lesão dos tecidos moles adjacentes. Tendo isto em vista, o uso
 279 do bisturi piezoelétrico no presente estudo contribuiu positivamente neste sentido, visto
 280 que conforme Otake *et al.* (2018) ele minimiza o trauma cirúrgico na realização da
 281 osteotomia, promove linha de corte ósseo precisa, com baixo trauma e sangramento
 282 tecidual. Além disso, produziu lesões uniformes e similares em todos os animais,
 283 permitindo comparação adequada entre os grupos.

284 As codornas-domésticas apresentam boa desenvoltura do voo, gerando
 285 mobilidade de membros torácicos (NORD *et al.*, 2007). Essa movimentação pode ter
 286 afetado negativamente a taxa de consolidação, principalmente nos animais do grupo sem
 287 pino intramedular e após a retirada das imobilizações (bandagem em 8), visto que deve
 288 ter havido instabilidade no foco da osteotomia e, com isso, levado a não-união.

289 Apesar dos pinos intramedulares serem implantes recomendados na redução de
 290 algumas fraturas em aves, eles não anulam as forças de rotação sobre o foco de fratura
 291 (BOLSON, 2008), logo, foi optado pela utilização da imobilização em “8” nos primeiros
 292 10 dias de pós-operatório para minimizar essas forças na fase crítica do processo de
 293 consolidação (Figura 6). Optou-se em não prolongar a permanência da imobilização
 294 visando evitar as suas complicações como atrofia muscular e restrição articular.

295 Martin & Ritchie (1994) relataram que em fraturas adequadamente estabilizadas
 296 em pombos-domésticos a imobilidade do foco de fratura ocorre entre duas a três semanas
 297 e a consolidação radiográfica entre três e seis semanas. Da mesma forma, Alievi *et*
 298 *al.*(2002) verificaram a estabilização clínica de fraturas em tibiotarso de pombos-
 299 domésticos antes da própria consolidação radiográfica, a partir da formação de calo
 300 cartilaginoso aos 15 dias. Entretanto, no estudo de Martin & Ritchie (1994), foram
 301 observadas poucas mudanças na consolidação entre 4 e 12 semanas em fraturas com
 302 instabilidade e/ou pobremente alinhadas, podendo ser ou não observados calos ósseos
 303 exuberantes. Muitas vezes como consequência desta instabilidade no foco de fratura, são
 304 relatadas as chamadas uniões-retardadas ou ainda as não-uniões, como observado nos
 305 animais do grupo GI-0 (Figura 7 A, C, D, E e F) aos 60 dias de PO.

306 A Figura 8 demonstra os resultados obtidos nas diferentes variáveis mensuradas
 307 utilizando a tabela de Ehrhart *et al.* (2005) e adaptada por Boos (2017) e Gutierrez (2017).
 308 A utilização da tabela facilitou a análise das imagens radiográficas e permitiu identificar
 309 as diferenças entre os grupos e momentos de avaliação através de escores.



310 Figura 8. Gráficos da análise das variáveis determinantes de defeito crítico em ulna de
 311 *Coturnix coturnix japonica*, comparando os grupos GI e GII (sem pino
 312 intramedular e com pino intramedular) para os escores nos tempos 10, 30 e 60
 313 dias: A. Escore final B. Qualidade da linha de osteotomia C. impressão global da
 314 consolidação D. Qualidade óssea. (*) Asterisco identifica diferença
 315 estatisticamente significativa.

316 Para o GI (sem pino intramedular), quando comparados os defeitos osteotomia e
317 ostectomia de duas e quatro vezes o diâmetro da ulna, foram encontradas diferenças
318 estatísticas ($p < 0,05$) nas análises de escore final, onde o defeito GI-0 apresentou diferença
319 estatística quando comparados com os valores encontrados para GI-2 e GI-4 no tempo de
320 60 dias PO. O escore final configura a pontuação final total que o animal obteve em todas
321 variáveis avaliadas (qualidade da linha de osteotomia, qualidade óssea e impressão global
322 da consolidação), sendo as maiores pontuações obtidas em animais que apresentaram
323 união radiográfica. Logo, acredita-se que esta diferença estatística, seja estritamente
324 ligada as taxas de consolidação e maiores pontuações nas variáveis que compõe o escore
325 final, corroborando assim as diferenças entre GI-0 e os grupos GI-2 e 4.

326 Para o GII (grupo com pino intramedular), quando comparados os defeitos ósseos
327 de osteotomia, ostectomias de duas e quatro vezes o diâmetro da ulna, foram encontradas
328 diferenças estatísticas ($p < 0,05$) para o escore final, assim como GI, GII-0 apresentou
329 diferença estatísticas quando comparados com os valores encontrados para GII-2 e GII-4
330 nos tempos de 10, 30 e 60 dias PO. Para as variáveis qualidade da linha de osteotomia,
331 houve diferença estatística entre o defeito GII-0 e os defeitos GII-2 GII-4 em 10, 30 e 60
332 dias de PO, bem como para qualidade óssea e impressão global da consolidação.
333 Corroborar-se que estes fatos tenham sido observados devido a maior estabilidade do
334 grupo com PIM obter a maior taxa de consolidação (100%) em um menor tempo, levando
335 assim a um alto escore em todas as avaliações radiográficas pós-operatórias. Por fim, para
336 variável fixação do pino intramedular, avaliada somente em GII, onde não foram
337 observadas diferenças entre os subgrupos e tempos de PO ($p > 0,05$), demonstrando que o
338 método de fixação utilizado se manteve estável ao longo de todo período de avaliação e,
339 dessa forma, não afetou a evolução do processo de reparo do defeito.

340 Durante o experimento foram observadas poucas complicações no pós-operatório
341 totalizando 4/36 animais (11,2%). Dentre as complicações, cita-se a ocorrência de uma
342 fratura em diáfise de rádio aos 30 dias de PO, duas migrações do PIM em diferentes
343 tempos de PO e uma luxação de rádio distal aos 20 dias de PO. Acredita-se que diversos
344 fatores interferem no sucesso cirúrgico, sendo eles biológicos e mecânicos. Para estes
345 animais que apresentavam defeito de quatro vezes o diâmetro da ulna (GI-4 e GII-4),
346 acredita-se que esses defeitos geraram maior instabilidade e ocorrência de complicações
347 pós-operatórias. Entretanto, acredita-se que a fratura de rádio em GI-4 e a luxação distal
348 de rádio observada no animal do grupo GII-2, tenham sido provocadas por algum evento
349 traumático externo e facilitadas pelo pequeno diâmetro desse osso e corticais finas.

350 Neste contexto, tendo em vista o bem-estar animal e as normas do CONCEA, foi
351 realizada eutanásia no animal que apresentou fratura do rádio (GI-4), sendo esta realizada
352 conforme os protocolos definidos para aves pelo CONCEA e CFMV.

353 Correlacionado a migração do PIM, dois indivíduos (um do grupo GII-0 e outro
354 no grupo GII-4) apresentaram aos 10 dias de PO, deslocamento discreto do PIM em
355 direção proximal de ulna (olécrano), sendo exemplificada na Figura 7.F. Para o animal
356 de GII-4, foi observada migração total do PIM aos 20 dias de PO. Provavelmente esta
357 migração tenha relação direta com o tamanho do defeito ósseo produzido, ocasionando
358 maior instabilidade e levando assim a migração. Segundo ALIEVI *et al.* (2008), FERRAZ
359 *et al.* (2008) e WEST *et al.* (1996) as aves possuem o canal medular largo e com pouco
360 osso esponjoso, o que dificulta a ancoragem dos implantes ortopédicos como pinos
361 intramedulares, podendo levar a maior probabilidade de ocorrência de migrações dos
362 implantes. Embora a migração tenha ocorrido, este fato foi observado somente em dois
363 indivíduos do experimento (2/18), taxa considerada baixa e, provavelmente evitada em
364 outros animais do experimento pelo preenchimento de aproximadamente 80-90% do
365 canal medular, o que aumenta a estabilidade da fratura e fixação do pino. Boss (2017),
366 em experimento com galinhas-domésticas, citou migração dos pinos intramedulares em
367 aproximadamente 24% dos animais, sendo esta taxa 2 vezes mais alta do que a observada
368 no presente estudo. Essa maior frequência referida por Boss (2017) pode ser justificada
369 pois os pinos preenchiam cerca de 40-50% do canal medular, o que favoreceu a ocorrência
370 da referida complicação.

371 Na análise goniométrica não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre os grupos
372 e entre os tratamentos. Os valores obtidos para a amplitude articular úmero-rádio-ulnar
373 foi de $140,9 \pm 7,9$ graus e no carpo foi de $157 \pm 10,3$ graus. Esta ausência de diferença
374 estatística pode ser atribuída ao pequeno tempo de permanência com a bandagem em “8”,
375 que evitou os efeitos deletérios como restrição da mobilidade articular e atrofia
376 musculares (BENNERT, 2016), e a inserção cuidadosa do pino de forma retrógrada na
377 região proximal da ulna. Isso demonstrando que a técnica foi aplicada de maneira
378 adequada e que preservou a saúde articular, como o observado nos trabalhos de Gutierrez
379 (2017) e Tunio *et al.* (2015).

380 Nos grupos em que ocorreram as não-uniões (GI-2 e 4 e GII-2 e 4), pode-se
381 observar o arredondamento das extremidades na linha de osteotomia e ausência de contato
382 entre fragmentos (proximal e distal), determinando assim o fim do período de atividade
383 tecidual óssea. Essa atividade pode ser avaliada nos escores de não-união nas variáveis

384 qualidade da linha de osteotomia e impressão global da consolidação. Nestes casos o
 385 remodelamento ocorre porque os osteoclastos agem sobre as extremidades ósseas
 386 (TULLY, 2002), gerando assim arredondamento dos bordos e a ocorrência de não-união.

387 Ainda, acredita-se que nos grupos de duas e quatro vezes o diâmetro, com não-
 388 união radiográfica (GI e GII), tenha se desenvolvido tecido fibroso nas extremidades
 389 ósseas da osteotomia resultando na ocorrência de não-união radiográfica. Conforme o
 390 observado por Boos (2017) na determinação do defeito crítico de quatro vezes o diâmetro
 391 da ulna de galinhas-domésticas foi observada acentuada proliferação de tecido conjuntivo
 392 fibroso e acentuada quantidade de células inflamatórias nas linhas de osteotomias. No
 393 estudo de Christou *et al.* (2014), em suas análises histológicas na determinação do defeito
 394 crítico em tíbia de ovelhas, foi observada a ocorrência de conjuntivo fibroso na borda das
 395 osteotomias.

396 CONCLUSÃO

397
 398 Conclui-se que o defeito crítico em diáfise ulnar de *Coturnix coturnix japonica*
 399 definido no período de 60 dias de pós-operatório, é de duas vezes o diâmetro da ulna, com
 400 ou sem a utilização do pino intramedular como método de estabilização ortopédica.

402 REFERÊNCIAS

- 403
 404 ALIEVI, M.M. *et al.* Redução fechada e fixação esquelética externa tipo I para tratamento
 405 de fraturas de tibiotarso em pombos domésticos (*Columba livia*). **Arquivo Brasileiro de**
 406 **Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.54, n.3, p.259–266, 2002.
 407 ALIEVI, M.M. *et al.* Osteossíntese de úmero em pombos domésticos (*Columba livia*)
 408 associando-se pinos metálicos e polimetilmetacrilato intramedulares após osteotomia
 409 diafisária. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.4, p.843-
 410 850. 2008.
 411 ANDERSON, M.L.C. *et al.* Critical size defect in the goat's of ilium - A model to evaluate
 412 bone grafts and substitutes. **Clinical Orthopedics and Related Research**. n.364, p.231–
 413 239, 1999.
 414 BENNERT, B.M. *et al.* Evaluation of two miniplate systems and figure-of-eight bandages
 415 for stabilization of experimentally induced ulnar and radial fractures in pigeons (*Columba*
 416 *livia*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 30, n. 2, p. 111– 121, 2016.

- 417 BOLSON, J.; SCHOSSLER, J.E.W. Osteossíntese em aves: revisão da literatura.
418 **Arquivo de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, v.11, n.1, p.55–62, 2008.
- 419 BOOS, M.Z. Determinação do defeito crítico em ulna de *Gallus gallus domesticus*.
420 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de
421 Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Porto Alegre, 44p.,
422 2017.
- 423 CFMV. Guia Brasileiro de Boas Práticas em Eutanásia em Animais. Brasília, v.1, p.62,
424 2012
- 425 CHRISTOU, C. *et al.* Ovine model for critical-size tibial segmental defects.
426 **Comparative Medicine**, v. 64, n. 5, p. 377–385, 2014.
- 427 EHRHART, N.P. *et al.* The effect of host tissue irradiation on large-segment allograft
428 incorporation. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, n.435, p.43-51, 2005.
- 429 FERRAZ, V.C.M. *et al.* Avaliação radiográfica e de função de voo após fixação de
430 osteotomias distais do úmero em pombas (*Columba livia*), com modelo de fixador externo
431 articulado. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.28, n.8, p.351–357, 2008.
- 432 FERRIGNO, C.R.A. *et al.* Ortopedia. In: CUBAS, Z.S.; SILVA, J.C.R.; CATÃO-DIAS,
433 J.L. (2ª Eds.). **Tratado de animais selvagens: medicina veterinária**. São Paulo: Roca,
434 v.2, 2014.
- 435 GUTIERREZ, L. Cimento ósseo de hidroxiapatita deficiente em cálcio associado a
436 proteína morfogenética óssea para tratamento de defeito crítico em ulna de *Gallus*
437 *domesticus*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
438 Faculdade de Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Porto
439 Alegre, 66p., 2017.
- 440 HUH, J.Y. *et al.* Critical size defect in the canine mandible. **Oral Surgery, Oral**
441 **Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology**, v.100, n.3, p.296–
442 301, 2005.
- 443 HUSS, D. *et al.* Japanese quail (*Coturnix japonica*) as a laboratory animal model.
444 **Laboratory Animal (NY)**. v.37, n.11, p. 513-519, 2008.
- 445 JOHNSON A.L. Fundamentos da cirurgia ortopédica e manejo de fraturas. In: Fossum
446 T.W. **Cirurgia de pequenos animais**. Rio de Janeiro: Elsevier, v.3, p. 930- 1014. 2008.
- 447 MARTIN, D.; RITCHIE, W. Orthopedic surgical techniques. **Avian medicine:**
448 **principles and application**, p. 1139–1169, 1994.

- 449 NORDI, W.M. *et al.* Diagnóstico de bem-estar de codornas japonesas utilizando a
450 liberdade sanitária em dois sistemas de criação. Curitiba: Labea Publicações, UFPR, 6p.
451 2007.
- 452 OTAKE, Y. NAKAMURA, M., HENMI, A, TAKAHASHI, T., SASANO, Y.
453 Experimental Comparison of the Performance of Cutting Bone and Soft Tissue
454 between Piezosurgery and Conventional Rotary Instruments. **Nature**, v. 8, An: 17154.
455 2018
- 456 PARK, J.W. *et al.* Evaluation of bone healing with eggshell-derived bone graft substitutes
457 in rat calvaria: a pilot study. **Journal of Biomedical Materials Research - Part a**, v.87,
458 n.1, p.203–214, 2008.
- 459 TULLY, T.N. Basic avian bone growth and healing. **Veterinary Clinics of North**
460 **America - Exotic Animal Practice**. v. 5, n. 1, p. 23–30, 2002.
- 461 TUNIO, A. *et al.* Histologic evaluation of critical size defect healing with natural and
462 synthetic bone grafts in the pigeon (*Columba livia*) ulna. **Journal of Avian Medicine**
463 **and Surgery**. v. 29, n. 2, p. 106–113, 2015.
- 464 WEST, P.G. *et al.* Histomorphometric and angiographic analysis of bone healing in the
465 humerus of pigeons. **American Journal of Veterinary Research**, v.57, p.1010-1015,
466 1996.

7. DISCUSSÃO

Dentre os aspectos relevantes da utilização da codorna-doméstica como modelo experimental, destacam-se as facilidades de manipulação e manejo dos animais em cativeiro, bem como a homogeneidade amostral. No presente estudo, as codornas apresentam morfometrias homogêneas, embasando assim o argumento da sua utilização como um modelo experimental adequado para ensaios em ortopedia de aves. Além disso, quando comparado a manutenção das codornas em cativeiro, em relação a outros modelos de aves já utilizados (galinha ou pombo-doméstico) existe a redução do espaço físico ideal de biotério, redução do consumo de insumos e facilidade na aquisição, visto tratar-se de espécie também utilizada comercialmente.

Baseado nos resultados da taxa de consolidação e dos escores obtidos através das análises radiográficas, o presente trabalho determinou o defeito crítico com valores diferentes dos encontrados na literatura para aves. No estudo de Boos (2017), o defeito crítico definido foi de quatro vezes o diâmetro da ulna em galinhas domésticas, mediante o uso de pinos intramedulares, sendo este valor o dobro do obtido para codornas-domésticas. Acredita-se que estas diferenças tenham sido observadas devido a caracteres interespecíficos diferenciados (etológicos, metabólicos e anatômicos), apesar das duas espécies pertencerem a mesma classe taxonômica (aves).

Estudos que determinam o defeito crítico em ossos longos de aves são escassos na literatura (TUNIO *et al.*, 2015). Cita-se a utilização de aves como modelos para substitutivos ósseos, porém não são descritos novos modelos de não-união para aves. Dentre os estudos com enxertos, destaca-se o de Sanaei (2011) e Tunio *et al.* (2015), onde foram utilizados pombos-domésticos para avaliar a incorporação de enxerto em ulna, em defeitos ósseos de 10 mm, estabelecido como defeito crítico. Ainda para o trabalho de Gutierrez (2017), em galinhas-domésticas para ensaios com cimento ósseo e proteína morfogênica, o defeito ósseo estabelecido na experimentação foi de 20 mm (2,5 vezes o diâmetro ósseo).

Outros experimentos que correlacionam tamanho do diâmetro ósseo com o defeito crítico em diferentes espécies, cita-se o trabalho de Christou *et al.* (2014), onde foram utilizados ovinos como modelo de não-união em diáfise de tíbia e o defeito definido foi duas vezes e meia o diâmetro deste osso. Em coelhos o defeito crítico na diáfise do rádio foi definido em duas vezes o seu diâmetro (AN & FRIEDMAN, 1999), e em cães o defeito na diáfise femoral foi definido como duas vezes e meio o diâmetro do fêmur (LINDSEY

et al., 2006). Apesar do tamanho do defeito crítico ósseo observado nesses estudos supracitados serem semelhantes ao observado para codornas-domésticas, há diferenças anatômicas e estruturais ósseas entre a classe mammalia e das aves, que por sua vez devem ser levadas em consideração nos estudos de ortopedia (MATIN & RITCHIE, 1994). Quando comparados os ossos longos destes dois grupos taxonômicos (aves e mamíferos), são observadas diferenças biomecânicas ósseas e de cargas aplicadas sobre os ossos longos, variando conforme sua evolução das classes, bem como suas adaptações (derivações) para locomoção. As aves, na sua grande maioria, apresentam adaptações ósseas ao voo (ALIEVI *et al.*, 2008; FERRAZ *et al.*, 2008; WEST *et al.*, 1996), que por sua vez podem determinar diferenças interespecíficas no tamanho dos defeitos críticos ósseos.

Dentre as limitações do presente estudo, cita-se a não realização do grupo amostral de uma vez o diâmetro da ulna para o ensaio de determinação do defeito crítico da ulna de codornas. Devido ao modelo experimental ser de baixo peso (<200g) e a ulna apresentar um diâmetro médio de 3 mm, seria difícil a realização de ostectomias de 3 mm, mesmo com a utilização do bisturi piezoelétrico. Logo, optou-se por realizar ostectomias de duas e quatro vezes o diâmetro da ulna, embasado nos valores referenciados na literatura para aves (BOOS, 2017; GUTIERREZ, 2017; TUNIO *et al.*, 2015).

Ao que tange aos tempos estabelecidos como análise e determinação do defeito crítico, o tempo de 60 dias mostrou-se adequado para os objetivos do estudo, sendo observadas características radiográficas clássicas de não-união e que demonstravam que não haveria mudança no padrão de reparo já estabelecido aos 60 dias.

Por fim, a determinação de novo modelo de não-união é de grande relevância para o embasamento teórico em pesquisas relacionadas a substitutos ósseos naturais ou sintéticos e para o aprimoramento de técnicas cirúrgicas já existentes. Segundo Schmitz e Hollinger (1986), um defeito ósseo experimental deve ser caracterizado como um defeito com tamanho em que não ocorra reparo espontâneo, pois só nesta situação o potencial osteogênico do implante, enxerto ou medicamento pode ser considerado real.

A partir dos dados obtidos no presente estudo, pode-se extrapolar informações relevantes para rotina clínica cirúrgica de aves, como a maior taxa de consolidação óssea obtida no grupo onde houve estabilização da osteotomia com pino intramedular (PIM) (GII-0), logo, corroborando a sua importância em animais que apresentem fraturas transversas de diáfise ulnar, bem como a utilização da espécie *Coturnix coturnix japonica*

como modelo experimental para ensaios com biomateriais, baseado no defeito crítico descrito nesse estudo.

Na clínica de aves silvestres e domésticas, estudos como estes apontam dados relevantes para embasamento teórico para tomada de decisão relacionada à conduta clínica no tratamento de fraturas em aves, onde é indicado o uso de enxertos ósseos em defeitos ósseos acima de 6 mm para codornas-domésticas, representando uma perda maior de 18% da diáfise da ulna, associado a técnica de estabilização com pino intramedular. Dentre os fatores que determinam a inaptidão ao voo após o trauma estão as lesões ósseas e de tecidos moles da asa, que por sua vez podem determinar a condenação do animal a uma vida de cativeiro, bem como a realização do procedimento de eutanásia.

Como danos primários no trauma cita-se as lesões ligamentares, de tendões, músculos e patagios, bem como fraturas ósseas ou luxações podem levar a danos deletérios em amplitude de movimento nas articulações associadas e funcionalidade. Como danos secundários relacionados a resolução do tratamento ortopédico de lesões nas asas (conservador ou cirúrgico), cita-se a formação de fibrose, contraturas musculares, formação de calos ósseos, sinostose, doença articular degenerativa e anquilose, que levam a limitações na flexão e extensão da asa, ocasionando déficits de voo (BEAUFRERE *et al.*, 2012; GJELTEMA *et al.*, 2018; HELMER, 2006). Todavia, no presente estudo, a associação de técnicas mediante o uso de PIM e de bandagem em “8” durante 10 dias não produziram efeitos deletérios na amplitude articular (goniometria articular) de cotovelo e articulação do carpo, corroborando assim adequação do método para aves.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a espécie *Coturnix coturnix japonica* demonstrou-se um bom modelo experimental para ortopedia de aves, sendo o defeito crítico em diáfise ulnar de duas vezes o diâmetro da ulna, definido no período de 60 dias pós-operatório. Ainda, conclui-se que o método de estabilização mediante o uso do pino intramedular proporciona maiores taxas de consolidação, porém não determinando um menor tamanho de defeito crítico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 (*Columba livia*) associando-se pinos metálicos e polimetilmetacrilato intramedulares após osteotomia diafisária. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.4, p.843-850. 2008.
- 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 of ilium - A model to evaluate bone grafts and substitutes. **Clinical Orthopedics and Related Research**. n.364, p.231–239, 1999.
- BEAUFREERE H, *et al.* Successful treatment of a radioulnar synostosis in a Mississippi kite (*Ictinia mississippiensis*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 26, n.2, p. 94–100, 2012.
- BELLANGEON, M.; PATAT, E.J.L. Osteossíntese das asas dos pássaros. **A hora Veterinária**. v.4, n.21, p.13-19, 1984.
- 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. *et al.* Análise clínica, radiológica, macroscópica e histológica do úmero de codornas domésticas (*Coturnix japonica*), submetido ao implante da poliuretana derivada do polímero de mamona (*Ricinus communis*). **Ciência Rural**, v.35 n. 5, p. 1123-1130, 2005.
- 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.
- BONIN G, Lauer SK, Guzman DS, *et al.* Radiographic evaluation of perching-joint angles in cockatiels (*Nymphicus hollandicus*), Hispaniolan Amazon parrots (*Amazona ventralis*), and barred owls (*Strix varia*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**. v. 2, n.23, p. 91–100, 2009.
- BOOS, M.Z. Determinação do defeito crítico em ulna de *Gallus gallus domesticus*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de

- Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Porto Alegre, 44p., 2017.
- CHRISTEN, C. *et al.* Evaluation of a maxillofacial miniplate compact 1.0 for stabilization of the ulna in experimentally induced ulnar and radial fractures in pigeons (*Columba livia*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v.19, n.3, p.185-190, 2005.
- CFMV. Guia Brasileiro de Boas Práticas em Eutanásia em Animais. Brasília, v.1, p.62, 2012
- CHRISTOU, C. *et al.* Ovine model for critical-size tibial segmental defects. **Comparative Medicine**, v. 64, n. 5, p. 377–385, 2014.
- DALMOLIN, F. *et al.* Modificações do fixador externo para osteossíntese umeral em pombos domésticos. **Ciência Rural**, v.37, n.2, p.443-449, 2007.
- 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.
- FANG *et al.* Stablishment of a radial bone critical defect model in a rabbit. **Journal of Clinical Rehabilitative Tissue Engineering Research**. v.15, n.50, p.9385-9388. 2011
- FERRAZ, V.C.M. *et al.* Avaliação radiográfica e de função de voo 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.
- FERRIGNO, C.R.A. *et al.* Ortopedia. In: CUBAS, Z.S.; SILVA, J.C.R.; CATÃO-DIAS, J.L. (2ª Eds.). **Tratado de animais selvagens: medicina veterinária**. São Paulo: Roca, v.2, 2014.
- GJELTEMA *et al.* Evaluation of Goniometry and Electrogoniometry of Carpus and Elbow Joints in the Barred Owl (*Strix varia*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v.32, n.4, p.267-278, 2018
- GUTIERREZ, L. Cimento ósseo de hidroxiapatita deficiente em cálcio associado a proteína morfogenética óssea para tratamento de defeito crítico em ulna de *Gallus domesticus*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Porto Alegre, 66p., 2017.
- HELMER P.; REDIG P.T. Surgical resolutions of orthopedic disorders, p.761-774. In: Harrison G.J. & Lightfoot T.L. (ed.), **Clinical Avian Medicine**. Spix Publishing Inc., Palm Beach. v.2, 2006.

- 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.
- HUSS, D. *et al.* Japanese quail (*Coturnix japonica*) as a laboratory animal model. **Laboratory Animal (NY)**. v.37, n.11, p. 513-519, 2008.
- JAEGGER G, MARCELLIN-LITTLE DJ, LEVINE D. Reliability of goniometry in Labrador retrievers. **American Journal of Veterinary Research**. v.63, n.7, p.979–986, 2002.
- 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.
- JOHNSON A.L. Fundamentos da cirurgia ortopédica e manejo de fraturas. In: Fossum T.W. **Cirurgia de pequenos animais**. Rio de Janeiro: Elsevier, v.3, p. 930- 1014. 2008.
- LEOTTE, A.M. Fixação esquelética tipo I para osteossíntese diafisária de úmero e resposta inflamatória em pombos-domésticos (*Columba livia*). Dissertação (Mestrado em cirurgia) - Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- 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**, 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.
- 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.
- NORDI, W.M. *et al.* Diagnóstico de bem-estar de codornas japonesas utilizando a liberdade sanitária em dois sistemas de criação. Curitiba: Labea Publicações, UFPR, 6p. 2007.
- OTAKE, Y. NAKAMURA, M., HENMI, A, TAKAHASHI, T., SASANO, Y. Experimental Comparison of the Performance of Cutting Bone and Soft Tissue

between Piezosurgery and Conventional Rotary Instruments. **Nature**, v. 8, An: 17154. 2018.

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.

PERUMAL V; ROBERTS C.S. Factors contributing to non-union of fractures. **Current Orthopaedics**, v.21, p. 258–261, 2007.

SANAEI, M. R. *et al.* Heterotopic Implantation of Autologous Bone Marrow in Rock Pigeons (*Columba livia*): Possible Applications in Avian Bone Grafting. **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 25, n. 4, p. 247–253, 2011.

SCHMITZ JP, HOLLINGER JO. The critical size defect as an experimental model for craniomandibulofacial nonunions. **Clinic Orthopaedics**. v. 205, 1986.

STEIN, R. S. *et al.* Estudo comparativo da neoformação óssea utilizando-se o enxerto autógeno e três substitutos: defeitos ósseos em ratos. **Revista Brasileira de Ortopedia**. v.44, n.4, p. 330-335. 2009.

TARABOVÁ, L. *et al.* Influence of long-term hypodynamy on spongy bone tissue in Japanese quails. **Acta Veterinaria Brunensis**. v. 82, p. 225–227, 2013.

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.

VIATEAU, V. *et al.* A technique for creating critical-size defects in the metatarsus of sheep for use in investigation of healing of long-bone defects. **American Journal of Veterinary Research**, v. 65, p. 1653–1657, 2004.

WALTERS AL, SEMEVOLOS SA, BAKER RE. Goniometric evaluation of standing extension and maximum flexion joint angles of llamas and alpacas. **American Journal of Veterinary Research**. v. 77, n.9, p.1000–1004, 2016.

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.

WIMSATT J, DRESSEN P, DENNISON C, TURNER AS. Ultrasound therapy for the prevention and correction of contractures and bone mineral loss associated with wing bandaging in the domestic pigeon (*Columba livia*). **Journal of Zoo and Wildlife Medicine** . v.31, n.2, p.190–195, 2000.

ZIBRIN M. *et al.* Long-term experimental hypodynamy affects the structure of spongy bone and osteoclasts in Japanese quail. **Acta Veterinaria Brunensis**, v.72, p. 143 -149, 2003.

ANEXO A - Carta de aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais



UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA

Comissão De Ética No Uso De Animais



CARTA DE APROVAÇÃO

Comissão De Ética No Uso De Animais analisou o projeto:

Número: 34528

Título: Determinação do defeito crítico em ulna de Coturnix coturnix japonica

Vigência: 01/03/2018 à 31/07/2019

Pesquisadores:

Equipe UFRGS:

MARCELO MELLER ALIEVI - coordenador desde 01/03/2018
MIÚRIEL DE AQUINO GOULART - Aluno de Doutorado desde 01/03/2018
ALESSANDRA VENTURA DA SILVA - Aluno de Doutorado desde 01/03/2018
Mariana Zacouteguy Boos - Aluno de Doutorado desde 01/03/2018
Manuel Eduardo Robayo Trujillo - Aluno de Doutorado desde 01/03/2018
Lucas Antonio Heinen Schuster - Aluno de Doutorado desde 01/03/2018
Bruna Zafalon da Silva - Aluno de Mestrado desde 01/03/2018
Aires Santana Rumpel - Aluno de Mestrado desde 01/03/2018

Comissão De Ética No Uso De Animais aprovou o mesmo , em reunião realizada em 23/04/2018 - Sala 323 do Anexo I do Prédio da Reitoria - Campus Centro - UFRGS, em seus aspectos éticos e metodológicos, para a utilização de 36 codornas Coturnix coturnix japonica , fêmeas, aproximadamente 60 dias de vida/ 150g de massa corporal, provenientes de Avifran Avicultura®, distribuidor regional do Rio Grande do Sul, localizado no município de Caxias do Sul,, de acordo com os preceitos das Diretrizes e Normas Nacionais e Internacionais, especialmente a Lei 11.794 de 08 de novembro de 2008, o Decreto 6899 de 15 de julho de 2009, e as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), que disciplinam a produção, manutenção e/ou utilização de animais do filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem) em atividade de ensino ou pesquisa.

Porto Alegre, Sexta-Feira, 27 de Abril de 2018

ALEXANDRE TAVARES DUARTE DE OLIVEIRA
Vice Coordenador da comissão de ética