



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA – FAV
Curso de Medicina Veterinária

**AMPUTAÇÃO DE MEMBRO POSTERIOR ESQUERDO EM
AXOLOTE-DE-XOCHIMILCO (*Ambystoma mexicanum*) POR
CIRURGIA A LASER: RELATO DE CASO**

Tatiany Ferreira Facundo
Orientadora: Prof.^a: Tânia Ribeiro Junqueira Borges

BRASÍLIA – DF
MAIO/2022



TATIANY FERREIRA FACUNDO

**AMPUTAÇÃO DE MEMBRO POSTERIOR ESQUERDO EM
AXOLOTE-DE-XOCHIMILCO (*Ambystoma mexicanum*) POR
CIRURGIA A LASER: RELATO DE CASO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação em Medicina Veterinária apresentado junto à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília.

Orientadora: Profa. Tânia Ribeiro Junqueira Borges

BRASÍLIA – DF
MAIO/2022

Facundo, Tatianny Ferreira

Amputação de membro posterior esquerdo em axolote-de-Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*) por cirurgia a laser: relato de caso / Tatianny Ferreira Facundo. Orientação de Prof. Tânia Ribeiro Junqueira Borges. – Brasília, 2022.

33 p.: il.

Trabalho de conclusão de curso de graduação – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2022.

Cessão de Direitos

Nome do Autor: Tatianny Ferreira Facundo

Amputação de membro posterior esquerdo em axolote-de-Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*) por cirurgia a laser: relato de caso

Ano: 2022

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Tatianny Ferreira Facundo

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome do autor: FACUNDO, Tatiany Ferreira

Amputação de membro posterior esquerdo em axolote-de-Xochimilco
(*Ambystoma mexicanum*) por cirurgia a laser: relato de caso

Trabalho de conclusão do curso de
graduação em Medicina Veterinária
apresentado junto à Faculdade de Agronomia
e Medicina Veterinária da Universidade de
Brasília

Aprovado em

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Julgamento: _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Julgamento: _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Julgamento: _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

A todos os animais, que são o motivo primeiro da minha jornada. Que eu nunca esqueça que todos os esforços são por eles.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me mostrar desde cedo e tão claramente qual caminho eu deveria trilhar. Agradeço a Ele também por me colocar em uma família ímpar, que me apoia, confia, ama, ensina e carrega nos braços sempre que os pés falham.

Gratidão pelos meus amigos, a nossa “78”, por fazerem dessa experiência universitária a melhor que eu poderia ter, que foi além de qualquer expectativa minha.

Agradeço a Ceci, porque ela sabe melhor do que qualquer um todos os meus fracassos, tentativas e vitórias.

Agradeço a todos os meus professores e orientadores, por todo o ensinamento, paciência e compreensão.

Por fim, agradeço a todos os animais que tive e/ou que pude fazer parte da vida, pois eles me ensinaram e ensinam que o amor não pede nada em troca e me mostram incessantemente que o único momento que existe é o aqui e o agora.

SUMÁRIO

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Características gerais do axolote-de-Xochimilco (<i>Ambystoma mexicanum</i>).....	3
2.2. Cirurgia a laser	6
3. RELATO DE CASO.....	10
4. DISCUSSÃO	17
5. CONCLUSÃO.....	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

AMPUTAÇÃO DE MEMBRO POSTERIOR ESQUERDO EM AXOLOTE-DE-XOCHIMILCO (*Ambystoma mexicanum*) POR CIRURGIA A LASER: RELATO DE CASO

RESUMO

O axolote-de-Xochimilco é uma salamandra nativa do México que nos dias de hoje se encontra em risco de extinção, por isso, encontra-se quase inexistente em seu habitat natural. Ela é mantida quase exclusivamente em cativeiro em razão de sua peculiar capacidade de regeneração, muito estudada pela medicina humana, e por conta de sua aparência cativante, que a torna atraente como pet. Uma vez que o *Ambystoma mexicanum* é encontrado em cativeiro, torna-se essencial conhecimento mais aprofundado sobre sua biologia, fisiologia e técnicas aplicáveis para tratá-lo no campo da medicina veterinária. Tratamentos a laser estão em expansão na medicina veterinária e encontram cada dia mais aplicabilidade, bem como proporcionam diversos benefícios ao paciente sendo utilizado como tratamento principal ou coadjuvante. O presente relato descreve amputação em membro pélvico esquerdo em espécime de axolote que sofreu fratura ocasionada por indivíduo co-específico que vive no mesmo ambiente. O procedimento cirúrgico foi desempenhado com sucesso através da utilização de laser cirúrgico de alta potência de diodo. O paciente apresentou excelente recuperação e realizou regeneração do membro sem nenhuma intercorrência.

Palavras-chave: medicina veterinária; laser cirúrgico; amputação; regeneração; salamandra.

**AMPUTATION OF LEFT PELVIC LIMB IN XOCHIMILCO'S AXOLOTL
(*Ambystoma mexicanum*) BY LASER SURGERY: CASE REPORT**

ABSTRACT

The Xochimilco's axolotl is a native salamander from Mexico that is, nowadays, in risk of extinction, reason for which it is rarely found in its natural environment. It is almost exclusively bred in captivity because of its capacity for regeneration, which is very investigated in the human medicine, and also because of its captivating appearance, reason that makes it very attractive as a pet. Once *Ambystoma mexicanum* is held in captivity, there is a need for a deeper knowledge about its biology, physiology and also applicable techniques to treat this animal in the field of veterinary medicine. Laser treatment is expanding in veterinary medicine and each day it finds wider applicability, besides providing several benefits when used either as a main or adjuvant treatment. The present report describes the amputation of the left pelvic limb in an axolotl that suffered a lesion from a conspecific with whom it lived with. The surgery was successfully performed with a high potency diode surgical laser. The patient presented excellent recovery and regenerated its limb without any complication.

Keywords: veterinary medicine; surgical laser; amputation; regeneration; salamander.

1. INTRODUÇÃO

O axolote (*Ambystoma mexicanum*) é uma salamandra neotênica endêmica da Cidade do México que tem por habitat águas com pouca correnteza com temperaturas que variam de 10-18°C e são carnívoros (GONZALEZ & ZAMORA, 2014).

Sua criação não é permitida no Brasil, no entanto há registros de sua comercialização ilegal para serem criados como pets (MAXIMO et al., 2021). Em consequência disso, começa a ocorrer demanda de atendimento veterinário especializado para a espécie.

Na literatura há poucos relatos acerca de doenças e de realização de procedimentos veterinários em axolotes (OLASCOAGA-ELIZARRARAS et al., 2021), e o maior número de trabalhos encontrados durante as pesquisas para o presente trabalho foram referentes à sua capacidade regenerativa, que é amplamente investigada pela medicina humana em experimentos laboratoriais (ZAMORA et al., 2011).

Essa sua característica o permite regenerar membros, o que é muito importante para a espécie, uma vez que, especialmente quando filhotes e em ambientes superlotados, esses animais sofrem muitas lesões de co-específicos por canibalismo ou competição por alimento. Essa interação agressiva pode causar lesão (KULBISKY et al., 1999; VOSS et al, 2009; THOMPSON et al., 2014), e esse é um dos motivos pelo qual o animal é levado a clínicas veterinárias à procura de atendimento médico especializado.

A utilização do laser na medicina veterinária ainda é recente e encontra-se em expansão devido às suas inúmeras vantagens tanto quando usado como terapia bem como quando usado cirurgicamente. Há diversas vantagens do seu uso com relação às cirurgias convencionais, como menor tempo transoperatório e hemostasia eficiente (ROCHA, 2013). A pesquisa bibliográfica realizada não evidenciou trabalhos referentes à utilização do laser cirúrgico em *A. mexicanum*.

Portanto, o objetivo do presente trabalho é relatar e avaliar a eficácia de uma cirurgia de amputação de membro em um axolote-de-Xochimilco realizado com laser cirúrgico de alta potência detalhando o histórico, protocolo anestésico, procedimento cirúrgico e recuperação do paciente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Características gerais do axolote-de-Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*)

Existem 14 espécies de *Ambystomas* no México (ZAMORA et al., 2011), uma delas, o axolote-de-Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*) é um anfíbio exótico da classe Amphibia e pertencente à família Ambystomatidae. Ele é nativo da Cidade do México e habitava diversos lagos e áreas úmidas pelo vale central mexicano. No entanto, atualmente está na lista vermelha de espécies ameaçadas da *International Union for Conservation of Nature*, (IUCN SSN, 2020), onde consta como *Critically Endangered* (CR), em português criticamente em perigo. Nos dias atuais, é encontrado na natureza apenas em 3 locais, sendo eles os lagos Chalco, Chapultepec e canais do Xochimilco. Esta situação é decorrente de fatores como a perda de habitat devido à urbanização, poluição dos canais e lagos onde vive, bem como a introdução de espécies exóticas como a carpa asiática e a tilápia africana nesses habitats, as quais competem com o axolote por espaço e alimento (IUCN SSN, 2020; OLASCOAGA-ELIZARRARAS, A. et al., 2021).

No tempo presente, ele é mais facilmente encontrado em cativeiro do que em seu habitat natural. O axolote é criado, principalmente, como pet de aquarofilia e como objeto de estudo para laboratórios, principalmente em razão de sua excepcional capacidade regenerativa (FARKAS & MONAGHAN, 2015).

O *A. mexicanum*, assim como os outros anfíbios, é um animal ectotérmico e carnívoro quando adulto (ZAMORA, et al., 2011; FARKAS & MONAGHAN, 2015). Apesar de ectotérmicos, a partir de um ano de idade, esses animais possuem uma temperatura considerada ideal para viver, e esta varia de 10 a 18°C, não devendo ultrapassar 22°C ou baixar para menos de 10°C para não comprometer seu bem-estar (ZAMORA, 2011; FARKAS & MONOGHAN, 2015, TAKAMI & UNE, 2017). Para os ovos e filhotes a temperatura ideal da água não deve ultrapassar os 25°C (ZAMORA, S., 2011).

Em vida livre a alimentação dessa espécie é muito variada, no entanto, hoje em dia, sua alimentação mudou para adequação pelo fato de serem encontrados quase que exclusivamente em cativeiro, porém ainda é possível manter uma dieta variada. A alimentação dos filhotes difere da dos adultos especialmente por causa de seu tamanho reduzido, que requer também alimentos menores. Adultos em cativeiro podem receber alimento industrializado como pellets, ou podem ainda ser oferecidas presas vivas ou desidratadas como grilos, pequenos peixes, minhocas, tenébrios, pedaços de carne, dentre outros. Ainda não há especificação detalhada de todas as necessidades nutricionais dos axolotes (ZAMORA, 2011; GONZALEZ & ZAMORA, 2014), como se vê relatado para animais domésticos. Segundo GONZALEZ & ZAMORA, (2014) o mais adequado é oferecer presas inteiras, uma vez que se assemelham à sua alimentação natural, minimizando, dessa forma a possibilidade de ocorrência de deficiências nutricionais.

O axolote é neotênico (GONZALEZ & ZAMORA, 2014; LEE & GARDINER, 2012), ou seja, ele atinge a maturidade sexual mantendo suas características morfológicas juvenis do estado larval. Essa maturidade nos machos ocorre aproximadamente aos 10 meses de idade, e é mais tardia nas fêmeas acontecendo mais ou menos aos 12 meses (OLASCOAGA-ELIZARRARAZ, et al., 2021; RIQUELME-GUZMÁN, et. al., 2021). Esses animais passam sua vida inteira dentro da água e não costumam sofrer metamorfose naturalmente (FARKAS & MONAGHAN, 2015; VOSS et al., 2009). De acordo com RIQUELME-GUZMÁN et. al. (2021) sua expectativa de vida em cativeiro pode ultrapassar os 20 anos, no entanto, essa informação é controversa, uma vez que autores como GONZALEZ & ZAMORA (2014), afirmam que o animal vive de oito a dez anos em cativeiro, enquanto FARKAS & MONAGHAN (2015), alegam que sua estimativa de vida gira em torno de 10 a 15 anos também em cativeiro.

O *A. mexicanum* possui quatro patas, que se desenvolvem em torno de sua terceira semana de vida (GONZALEZ & ZAMORA, 2014), seus membros anteriores são formados pelo úmero, rádio e ulna, oito ossos do carpo, quatro metacarpos e quatro dígitos. O número de falanges não é o mesmo para todos os

dígitos uma vez que os dígitos I, II e IV possuem duas falanges cada enquanto o dígito III possui três falanges. Seus membros posteriores são formados anatomicamente pelo fêmur, tíbia e fíbula, oito ossos do tarso, cinco metatarsos e cinco dígitos. Os dígitos I, II e V possuem duas falanges, o dígito III possui três falanges, já no dígito IV as falanges podem variar entre três e quatro (NYE et al., 2003). Seu esqueleto tem partes ossificadas e outras cartilagosas, e suas articulações são cartilagosas como a dos mamíferos (FARKAS & MONAGHAN, 2015; GONZALEZ & ZAMORA, 2014). No entanto, há diferenças entre as articulações dos mamíferos e dos axolotes, nos primeiros elas são estruturas com um líquido sinovial acelular, ao passo que no *A. mexicanum* há articulações como a do joelho em que há um tecido fibrocelular, enquanto outras, como a articulação do cotovelo, é acelular (LEE & GARDINER, 2012).

Essa espécie possui costelas rudimentares ao longo do corpo, têm em média 50 vértebras, no entanto esse número não é fixo, uma vez que as vértebras caudais podem variar de 30 a 35 (GONZALEZ & ZAMORA, 2014; ZAMORA, 2011). A cauda representa metade do seu tamanho, é achatada lateralmente e ele possui uma nadadeira dorsal que se estende da metade de seu corpo até a ponta da cauda, onde encontra com sua nadadeira ventral (BJÖRKLUND & DUHON, 1999).

A respiração do axolote é branquial, transdérmica e pulmonar (GONZALEZ & ZAMORA, 2014). Suas brânquias cartilagosas estão localizadas dos dois lados da cabeça e cada uma delas possui três ramificações plumosas. Seu pulmão é rudimentar, alongado e está localizado dorsalmente e paralelo à medula espinhal (FARKAS & MONAGHAN, 2015).

Animais dessa espécie possuem uma epiderme altamente vascularizada, para facilitar as trocas gasosas (FARKAS & MONAGHAN, 2015), contam ainda com um estrato córneo não queratinizado, diferentemente dos anfíbios que passam por metamorfose, além disso essa epiderme é coberta por um muco escorregadio que auxilia a pele a ser uma barreira física contra traumas e patógenos (ZAMORA, 2011; FARKAS & MONAGHAN, 2015).

As afecções mais identificadas na espécie são dermatológicas, digestivas e respiratórias, as quais podem ser infecciosas ou decorrerem de manejo errôneo, má qualidade de água, de alimentação, estresse dos animais, dentre outros fatores (GONZALEZ & ZAMORA, 2014).

A qualidade de água é extremamente importante para manter os animais saudáveis e os principais parâmetros que avaliam sua qualidade são: Ph, nitrito, nitrato, amônia, oxigênio dissolvido, concentração de cloro, dureza e temperatura. Esses parâmetros físico-químicos podem ser avaliados de maneira simples com o auxílio de kits comerciais (GONZALEZ & ZAMORA, 2014).

2.2. Cirurgia a laser

Laser, um acrônimo em inglês para *Light Amplification by Estimulated Emission of Radiation*, é uma amplificação de luz que ocorre através de emissão estimulada de radiação. A luz emitida por ele tem 3 características importantes: a monocromaticidade, a colimação e a coerência (WINKLER, 2019; SCROLLAVEZZA, 2010; BERGER & EEG, 2006). A monocromaticidade significa que o feixe de luz emitido tem somente um comprimento de onda. As propriedades de coerência e colimação fazem com que a luz não se disperse, o que permite que um feixe de luz atinja uma restrita área de tecido com maior precisão, potência e densidade de energia (WINKLER, 2019; BARD & GOLDBERG, 2014; FESSEHA, 2020).

Cada laser possui um meio ativo, e esses meios podem ser sólidos, gasosos ou líquidos (BERGER & EEG, 2006), e cada um deles produz um feixe de laser com comprimentos de ondas específicos que podem interagir com o tecido de quatro maneiras: absorção, reflexão, dispersão e transmissão (WINKLER, 2019). A absorção da luz do laser no tecido é o que gera os efeitos esperados tanto terapêutica quanto cirurgicamente e cada tecido absorve somente os comprimentos de ondas específicos do(s) cromóforo(s) que possui (SCROLLAVEZZA, 2010). O cromóforo é o componente do tecido que absorve o comprimento de luz emitido pelo laser. Os principais cromóforos associados ao uso do laser são a água,

melanina, hemoglobina, gordura, proteínas e aminoácidos (WINKLER, 2019; FESSEHA, 2020).

Os primeiros dados da utilização do laser na medicina humana datam da década de 60 (ROCHA, 2013; WINKLER, 2019; FESSEHA, 2020) e na medicina veterinária foi em 1964 (BERGER & EEG, 2006). No entanto, por algum tempo o laser difundiu-se cada vez mais na medicina e o mesmo não ocorreu na medicina veterinária por fatores como tamanho e preços impraticáveis para o ramo (BERGER & EEG, 2006), tornando-o mais restrito a uso em faculdades de veterinária e grandes hospitais de referência (ASLMS, 2014), e apenas a partir da década de 90 e anos 2000, com inovações que propiciaram aparelhos de tamanhos menores, portáteis e seguros, além da publicação de trabalhos utilizando a tecnologia, houve uma maior disseminação do uso do laser na comunidade veterinária (BERGER & EEG, 2006; WINKLER et al., 2019).

Na medicina veterinária, o laser pode ser utilizado de duas formas, a terapêutica ou cirúrgica, as quais são determinadas pela potência do aparelho a ser utilizado (DINIZ, et al., 2021). O laser terapêutico é de baixa potência, não fototérmico, não invasivo, não ablativo, biomodulador e pode ser fotodinâmico (WINKLER et al., 2019). Ele exerce um efeito fotoquímico no corpo permitindo que células danificadas e/ou sob estresse possam trabalhar com capacidade total, pois estimula o metabolismo celular, a formação de capilares, aumenta os níveis de ATP, melhora a circulação sanguínea e a oxigenação tecidual, dentre outros. Em razão desses e outros inúmeros efeitos ele é comumente utilizado para alívio da dor e inflamação, potencialização de reparo de tecidos moles e duros e auxílio em regeneração (WINKLER et al., 2019; DINIZ et al., 2021; FESSEHA, 2020).

Já o laser cirúrgico ou de alta potência é versátil e o efeito mais explorado cirurgicamente é o fototérmico, que é atingido quando determinados comprimentos de onda são absorvidos pelo tecido possibilitando resultados como a coagulação, evitando sangramentos (temperatura entre 45°C e 100°C), vaporização de tecidos (temperatura igual ou maior que 100°C) ocasionando incisões ou ablações, além

também da carbonização se a temperatura ultrapassar os 300°C (WINKLER, 2019; BERGER & EEG, 2006).

Para o laser atingir os efeitos desejados é necessário conhecer as características físicas do tecido alvo para, dessa forma escolher o comprimento de onda, a potência, tempo e modo mais apropriados no laser para realização de um procedimento bem sucedido (SCROLLAVEZZA, 2010; WINKLER, 2019; BERGER & EEG, 2006, FESSEHA, 2020). Seu uso tem várias vantagens quando comparado aos métodos cirúrgicos convencionais, dentre eles uma melhor hemostasia, menor tempo trans cirúrgico, maior precisão cirúrgica, diminui a necessidade do uso de sutura, do tempo de recuperação do paciente, menores chances de contaminação do campo cirúrgico, de inflamação e, por conseguinte dor e edema do local, além disso ainda realiza um efeito biomodulador no tecido (ROCHA, 2013; CALHAU et al., 2019; JUNIOR et al., 2021).

Em um experimento realizado por FREITAS et al. (2021) usando o laser de baixa potência, se observou que a contração de feridas induzidas por extravasamento de doxorubicina em ratos foi significativamente maior nos grupos que realizaram a fotobiomodulação como tratamento em comparação àqueles que não a utilizaram. Um outro estudo realizado por LOONEY et al. (2018) que utilizou o laser terapêutico para tratamento de osteoartrite no cotovelo de cães demonstrou que os indivíduos que usaram esse tratamento apresentaram diminuição de claudicação e da dose de AINE que utilizavam comparado ao grupo controle de pacientes que usava um laser que não chegava a ser terapêutico.

A cirurgia a laser já foi descrita para animais domésticos, silvestres, exóticos (WINKLER et al., 2019) e bovinos (STANITZNIG et al, 2018; ARTEAGA & CRASTA, 2021) em cirurgias do trato gastrointestinal, sistema urogenital, respiratório e urinário inferior, procedimentos otológicos, oftalmológicos, oncológicos, dermatológicos, odontológicos e neurológicos (WINKLER et al., 2019).

Sua utilização deve ser realizada por profissionais treinados a manusear o instrumento para que ele possa atingir a eficácia máxima, pois um uso

inadequado pode trazer mais danos do que benefícios tanto ao paciente quanto ao cirurgião. Além disso, o veterinário que faz seu uso nunca deve esquecer que é de suma importância seguir determinadas medidas de segurança como uso do óculos protetor e manter o laser cirúrgico longe do oxigênio para, dessa forma garantir um uso adequado, seguro e eficiente do laser (ROCHA, 2013).

3. RELATO DE CASO

Um axolote macho, de aproximadamente um ano e nove meses de idade, pesando 74 gramas e medindo 18 centímetros de comprimento deu entrada em clínica veterinária em São Paulo - SP com histórico de ter brigado com outro axolote com o qual convivia. Durante a anamnese (Figura 1) foi observada uma lesão no membro pélvico esquerdo com fratura exposta em diáfise de fêmur (seta). Devido a gravidade da fratura foi tomada a decisão de se realizar uma amputação alta do membro.



FIGURA 1 – Fratura alta de membro pélvico esquerdo em espécime de *Ambystoma mexicanum*.
(Fonte: M.V.Renato L.Leonardo)

Segundo histórico apresentado, o animal havia sido adquirido com cerca de três meses de idade e era mantido em um aquário com capacidade para 200 litros de água. No mesmo local eram alojados mais dois espécimes de axolotes de tamanhos semelhantes aos seus.

O sistema de filtragem utilizado no aquário onde o paciente é mantido é do tipo canister com perlón, purigen, cerâmica e filtro Ultravioleta (UV). A ambientação do local conta com substrato de areia de duna, plantas e troncos naturais. A água possui desclorificante, pH de 7,5, amônia e nitrito abaixo de 0,25 ppm e a temperatura é mantida entre 13 e 14°C. Mensalmente realiza-se troca parcial de 40% da água e é utilizado o condicionador prime para auxílio da limpeza. A alimentação dos animais é a base de ração específica para axolote (JBL-Novolotl) e é oferecida a cada 48 horas.

Decidiu-se pela amputação do membro do paciente em razão de se tratar de uma fratura alta e, também porque a adaptação do paciente seria satisfatória em razão do axolote ser capaz de realizar regeneração e, esta, incluir seus membros. Já a opção de utilizar o laser cirúrgico para realizar o procedimento foi motivada pelo fato desse instrumento proporcionar um transoperatório mais rápido, incisão precisa, ablação do tecido ao mesmo tempo que promove a cauterização de pequenos vasos sanguíneos, linfáticos e de terminações nervosas. Com isso, diminui-se o sangramento durante a cirurgia e inflamação no pós-cirúrgico, o que resulta em mitigação de dor e edema, dentre outras vantagens.

Como protocolo anestésico, foi realizada medicação pré-anestésica com butorfanol (0,4mg/kg, IM), (Figura 2), posteriormente foi utilizado isoflurano misturado à gel hidrofílico KY® e água na proporção de 3 (três) ml, 3,5 (três e meio) ml e 1,5 (um e meio) ml, respectivamente na dose de 0,035 ml/g de peso vivo poria tópica (Figura 3).



FIGURA 2: Aplicação de butorfanol como medicação pré-anestésica por via intramuscular na cauda de axolote. (Fonte: M.V.Renato L. Leonardo).



FIGURA 3 - Aplicação anestésico tópico na região dorsal de axolote-de-Xochimilco. (Fonte: M.V.Renato L.Leonardo).



FIGURA 4 - Axolote-de-Xochimilco com anestésico tópico em dorso dentro de recipiente plástico fechado a fim de ser induzido a plano anestésico cirúrgico. (Fonte: M.V.Renato L.Leonardo).

A escolha do protocolo anestésico se deu através da extrapolação de protocolo já descrito para anfíbios por STETTER (2001) e WEST (2014) diante da ausência de dados específicos para axolotes e, também, conforme experiências anteriores do médico veterinário bem-sucedidas com a espécie ao utilizar o mesmo protocolo anestésico. Após homogeneizar essa mistura, ela foi aplicada no dorso do animal e ele foi colocado em um pequeno recipiente de plástico fechado (Figura 4) até entrar em plano anestésico cirúrgico, que é evidenciado nos anfíbios quando há ausência de movimento de retirada e de movimento gular (STETTER, 2001; WEST, 2014). Ao constatar que o paciente estava anestesiado, foi aplicada anestesia local com lidocaína ao redor do membro que seria amputado. A

monitoração dos batimentos cardíacos foi mantida durante todo o procedimento através de auscultação com doppler.

A cirurgia foi realizada com laser cirúrgico de diodo de alta frequência (Thera Lase Surgery®-DMC) a uma potência de 3,5 W em modo contínuo com uma fibra óptica de 600 µm (0,6 milímetros), o paciente foi mantido em jejum por 24 horas antes do procedimento e o tempo cirúrgico foi de 13 minutos.

Com o animal posicionado em decúbito ventral, seu membro pélvico esquerdo foi levemente tracionado. Primeiramente, foram realizados pequenos pontos com o próprio laser para demarcação prévia da linha de incisão (Figura 5).



FIGURA 5 - Demarcação de pontos com laser para guiar a incisão cirúrgica para amputação do membro pélvico esquerdo de axolote. (Fonte: M.V.Renato L.Leonardo).

Posteriormente, foi realizada uma incisão elíptica com o laser cirúrgico na altura de articulação coxofemoral (Figura 6), com ablação dos tecidos moles até o acesso aos ossos.



FIGURA 6 - Trans cirúrgico de amputação de membro pélvico esquerdo de axolote-de-Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*) por cirurgia a laser. (Fonte: M.V.Renato L.Leonardo).

Com a visualização de fêmur e acetábulo, foi realizada a desarticulação desses ossos, com amputação total do membro posterior esquerdo, (Figura 7). Após a retirada do membro, se efetuou a cauterização com laser ao redor da ferida cirúrgica de forma que a borda se mantivesse plana e uniforme (Figura 8).



FIGURA 7 - Membro pélvico esquerdo de axolote-de-Xochimilco após amputação cirúrgica. (Fonte: M.V.Renato L.Leonardo).



FIGURA 8 - Ferida cirúrgica no pós-cirúrgico imediato de amputação de membro pélvico esquerdo por cirurgia a laser em axolote-de-Xochimilco. (Fonte: M.V.Renato L.Leonardo).

Para a total recuperação anestésica, destilou-se água, nos parâmetros já mencionados, pela superfície corpórea do animal através de uma seringa com objetivo da retirada total do gel anestésico.

O protocolo pós cirúrgico imediato envolveu o uso do laser terapêutico de baixa frequência no local com a finalidade de se obter efeito fotobiomodulador da ferida cirúrgica e, dessa forma proporcionar uma melhor ação anti-inflamatória, analgésica e cicatrizante.

Posteriormente, o paciente foi alojado em um pequeno recipiente com água devidamente preparada com oxigenação através de um compressor de ar de aquário para a finalização de sua recuperação e observação do restabelecimento de seu equilíbrio hidrostático, nessa água também foi adicionado produto a base de azul de metileno (Stress Guard®) que reduz estresse, auxilia na cicatrização e previne infecções em feridas. Após o restabelecimento de sua natação, o animal foi devolvido para seu aquário titular onde foi mantido com baixa luminosidade, a fim de diminuir ao máximo o teor de estresse pós-procedimento.

Por fim, o processo de regeneração do membro amputado foi acompanhado e registrado para avaliação e estabelecimento de uma linha temporal do processo de recuperação (Figuras de 09 a 12).



FIGURA 9 - Ferida cirúrgica três dias pós cirurgia de amputação do membro pélvico esquerdo em *Ambystoma mexicanum*. (Fonte: M.V.Renato L.Leonardo).



FIGURA 10 - Ferida cirúrgica cinco dias após amputação de membro com laser no axolote. (Fonte: M.V.Renato L.Leonardo).



FIGURA 11 - Regeneração de membro pélvico esquerdo em *Ambystoma mexicanum* 12 dias após amputação feita com o uso de laser cirúrgico. (Fonte: M.V.Renato L.Leonardo).



FIGURA 12 - Regeneração de membro em axolote-de-Xochimilco 21 dias após amputação de membro pélvico esquerdo por cirurgia a laser. (Fonte: M.V.Renato L.Leonardo).

4. DISCUSSÃO

Grande parcela dos relatos de procedimentos realizados em axolote-de-Xochimilco encontrados na literatura são de experimentos realizados em prol da medicina humana (SHIODA et al., 2011). Isso ocorre uma vez que a espécie possui capacidade de regeneração, sem deixar cicatriz e sem excessiva fibrose a longo prazo, (FARKAS & MONAGHAN, 2015; SEIFERT et al., 2012) de diversos tecidos no corpo dentre eles os membros, cauda, brânquias, mandíbula, tecido nervoso, cardíaco, (FARKAS & MONAGHAN, 2015; GARCÍA-LEPE et al., 2021), lente (SUETSUGU-MAKI et al., 2012) o que corrobora com a maior parte de sua criação ser destinada a este fim. Os estudos utilizados neste trabalho que mostram esse processo de regeneração do axolote são de países como Reino Unido, China, Japão, México, Estados Unidos, Áustria, Canadá, Dinamarca e Alemanha.

Alguns destes estudos com *A. mexicanum* incluem amputação completa ou parcial de cauda (AL HAJ BADDAR et al, 2019; COSTA et al., 2021), de membro (TSAI, 2020; BOTHE et al., 2021; TANK et al, 1976, LEE & GARDINER, 2012, SATOH et al, 2008; Hutchison et al, 2007), de brânquia (SAITO et al., 2019), cirurgia de coluna vertebral (THYGESEN et al, 2019;), hepatectomia parcial (OHASHI et al., 2021), amputação parcial de tecido ventricular cardíaco (CANO-MARTINEZ et al., 2010; FLINK, 2002; VARGAS-GONZÁLEZ et al., 2005), lentectomia (SUETSUGU-MAKI et al., 2012), dentre outros.

Estudo realizado por TANK et al (1976) feito para estadiar as fases do crescimento de membros amputados em axolote demonstrou diversas fases da regeneração e comparando-o ao presente relato, pode-se afirmar que a regeneração do membro do paciente evoluiu mais rapidamente do que a dos indivíduos descritos no estudo. Ao 21º dia de pós-operatório, o paciente já apresentava estágio de regeneração compatível ao do 37º dos indivíduos do experimento, o que pode ser devido à utilização do laser de alta frequência utilizado para realização da cirurgia em conjunto à aplicação do laser terapêutico de baixa potência no pós-operatório imediato.

Em termos veterinários, há alguns trabalhos acerca de procedimentos cirúrgicos como o de TAKAMI & UNE (2018) que relataram um caso envolvendo três axolotes que apresentaram flutuabilidade e foram submetidos à laparotomia exploratória como parte do tratamento para a enfermidade. Os pacientes foram anestesiados com MS-222 (tricaína metanosulfonato) a 0,2%. O estudo obteve êxito em dois dos três casos, sendo que em um deles o paciente continuou apresentando flutuabilidade intermitente. Ademais, MENGER et al (2010) também realizou um estudo com *A. mexicanum* utilizando MS-222 no qual realizou a ressecção de uma massa presente na cavidade celomática do animal. A ferida cirúrgica cicatrizou sem complicação ou cicatriz e o tumor apresentou, em sua análise, características tanto de linfossarcoma quanto de linfangiossarcoma.

Já GALERANI et al. (2021) descreveu uma gastrotomia realizada em axolote de cinco meses de idade para retirada de corpos estranhos de seu estômago. A intervenção cirúrgica foi bem-sucedida e a solução de continuidade já se apresentava cicatrizada ao 15º dia pós cirúrgico. Nesse caso, o animal foi induzido e mantido anestesiado com isoflurano, o qual foi diretamente difundido na água juntamente com gás oxigênio.

LEONARDO et al. (2019), por sua vez, performou uma videoendoscopia gástrica em um axolote de três anos de idade que apresentava natação lateralizada. Em exame radiográfico constatou-se presença de corpos estranhos na região gástrica do paciente o que levou à realização de procedimento minimamente invasivo terapêutico de gastroscopia que resultou na retirada de sete pedras do estômago do animal. O protocolo anestésico foi à base de isoflurano (3ml) misturado a água (1,5ml) e lubrificante (3,5ml) que foi aplicado diretamente no dorso do animal.

STETTER (2001) alega que o jejum em anfíbios anterior à anestesia é aconselhável, porém não é obrigatório, pois esses animais não são propensos à regurgitação e mantêm sua laringe bem fechada, mesmo em plano anestésico profundo. Ele cita o uso de MS-222 e de isoflurano como anestésicos com boa margem de segurança e efetividade para serem usados em anfíbios, sendo que

seu fármaco de escolha é o isoflurano por via tópica misturado à água e gel lubrificante KY.

5. CONCLUSÃO

A disseminação do uso do laser na veterinária tem revolucionado procedimentos, mostrando ampla aplicabilidade terapêutica e cirúrgica em diferentes espécies de animais. Isso se deve às suas variadas e inéditas formas de emprego como no caso de amputação de membro em axolote (*Ambystoma mexicanum*).

A utilização do laser cirúrgico de alta potência apresentou resultados excelentes no caso da amputação alta de membro posterior de axolote. A cirurgia proporcionou rápida recuperação ao paciente que é de uma espécie para a qual a cirurgia a laser ainda não havia sido relatada.

Por conseguinte, o relato demonstrou o quão importante é a realização de estudos complementares acerca da utilização do laser como alternativa a cirurgias convencionais em tratamentos veterinários, e o quanto essas técnicas podem ser estendidas com sucesso a outras espécies, como evidenciado no caso do axolote-de-Xochimilco, o que pode oferecer aos pacientes, cada vez mais, rápida recuperação e bem-estar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GONZALEZ, H.; ZAMORA, E. Manual Básico Para El Cuidado En Cautiverio Del Axolote de Xochimilco *Ambystoma Mexicanum*. **Laboratorio de Restauración ecológica, Instituto de Biología UNAM**, 2014. Disponível em: http://www.ibiologia.unam.mx/barra/publicaciones/manual_axolotes.pdf. Acesso em: 30 abril 2022.
2. IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020. *Ambystoma mexicanum*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T1095A53947343. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T1095A53947343.en>. Accessed on 09 April 2022. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/species/1095/53947343#population> Acesso em: 20 abril 2022
3. OLASCOAGA-ELIZARRARAZ, A.; SERVÍN ZAMORA, E.; NOGUEIRA MARMOLEJO, M. G.; OJEDA CHÁVEZ, J.; ALCARAZ SOSA, L. E.; DÍAZ NEGRETE, M. T.; LÓPEZ MONTAÑO, M.; DUCOING WATTY, A.; MAJLUF TREJO, A. D.; MALDONADO-RESÉNDIZ, R. I. ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS EN AJOLOTE DE XOCHIMILCO (*Ambystoma mexicanum*) BAJO CUIDADO HUMANO EN EL ZOOLOGICO DE CHAPULTEPEC, MÉXICO. **Revista Latinoamericana de Herpetología**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 95–104, 2021. DOI: 10.22201/fc.25942158e.2021.1.198. Disponível em: <https://herpetologia.fciencias.unam.mx/index.php/revista/article/view/198>. Acesso em: 9 abr. 2022.
4. ASLMS, **American Society For Laser Medicine & Surgery, Inc.** 2014. Disponível em: <https://www.aslms.org/for-the-public/specialty-laser-and-energy-based-device-use/veterinary-medicine> Acesso em: 30 abril 2022
5. FARKAS, J. E.; MONAGHAN, J. R. Housing and maintenance of *Ambystoma mexicanum*, the Mexican axolotl. **Methods in molecular biology**, p 27 – 46, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25740475/> Acesso em: 30 abril 2022
6. LEE, J.; GARDINER, D. M. Regeneration of limb joints in the axolotl (*Ambystoma mexicanum*). **PLoS One**, v. 7, n. 11, p. e50615, 2012. disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0050615> . Acesso em: 30 abril 2022
7. SEIFERT A.W.; MONAGHAN, J.R.; VOSS, S.R.; MADEN, M. Skin regeneration in adult axolotls: a blueprint for scar-free healing in vertebrates. **PLoS One**, v. 7, n. 4, p. e32875, 2012. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0032875> Acesso em: 30 abril 2022

8. RIQUELME-GUZMÁN, C.; SCHUEZ, M.; BÖHM, A.; KNAPP D.; EDWARDS-JORQUERA S.; CECCARELLI A. S.; CHARA O.; RAUNER M.; SANDOVAL-GUZMÁN T. Postembryonic development and aging of the appendicular skeleton in *Ambystoma mexicanum*. **Developmental Dynamics**, <https://doi.org/10.1002/dvdy.407>, 2021. Disponível em: <https://anatomypubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/dvdy.407>
Acesso em: 30 abril 2022
9. ZAMORA, E. S. "Manual de mantenimiento en cautiverio y medicina veterinaria aplicada al ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*) en el Zoológico de Chapultepec". (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2011 Disponível em: <https://repositorio.unam.mx/contenidos/132110> Acesso em: 30 abril 2022
10. BOTHE, V.; MAHLOW, K.; FRÖBISCH, N. B. A histological study of normal and pathological limb regeneration in the Mexican axolotl *Ambystoma mexicanum*. **Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution**, v. 336, n. 2, p. 116-128, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jez.b.22950> Acesso em: 30 abril 2022
11. NYE, H.L., CAMERON, J.A., CHERNOFF, E.A., STOCUM, D.L. Extending the table of stages of normal development of the axolotl: limb development. **Developmental dynamics: an official publication of the American Association of Anatomists**, v. 226, n. 3, p. 555-560, 2003. Disponível em: <https://anatomypubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/dvdy.10237>
Acesso em: 30 abril 2022
12. ROCHA, M.S. **Técnica cirúrgica incisional com bisturi versus laser de CO2: estudo preliminar comparativo do processo de cicatrização**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária, Lisboa, 2013. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/6387/1/T%c3%89CNICA%20CIR%c3%9aRGICA%20INCISIONAL%20COM%20BISTURI%20VERSUS%20LASER%20DE%20CO2.pdf> Acesso em: 30 abril 2022
13. WINKLER, C. J. DABLS, VMLSO. **Laser Surgery in Veterinary Medicine**. [online]. 1st ed, **Wiley-Blackwell**, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119486053> Acesso em: 30 abril 2022
14. BARTELS, K. E. Lasers in veterinary medicine—where have we been, and where are we going?. **Veterinary Clinics: Small Animal Practice**, v. 32, n. 3, p. 495-515, 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12064038/> Acesso em: 30 abril 2022

15. BERGER, N.; EEG, P.H. Veterinary Laser Surgery: A practical guide. [online]. 1st ed. **Blackwell Publishing**. pp.ix., 2006. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=HinlPOuOS2MC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Veterinary+Laser+Surgery:+A+practical+guide.&ots=kJPoNrpxFj&sig=KC9kOSmBfo1_wcHt_Cq_E52Aigs#v=onepage&q=Veterinary%20Laser%20Surgery%3A%20A%20practical%20guide.&f=false Acesso em: 30 abril 2022
16. DINIZ, Carine Matias et al. Fotobiomodulação no tratamento de necrose de língua em cão. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 3, p. 4330-4335, 2021. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/35574#:~:text=C onclui%2Dse%20que%20a%20terapia,r%C3%A1pida%20e%20permanente%20no%20c%C3%A3o>. Acesso em: 30 abril 2022
17. FREITAS, K. A. B. S.; ROCHA, N. S.; MINICUCCI, E. M.; SILVA, V. F. B.; LANGONI, H.; POPIM, R. C. Efeitos da fotobiomodulação na contração de feridas em ratos submetidos ao extravasamento de doxorubicina: análise histomorfométrica. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 55, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reeusp/a/PJQVpjGdzPmpLShrvptrVCc/?format=pdf&lang=pt#:~:text=A%20contra%C3%A7%C3%A3o%20de%20feridas%20e,pr ocesso%20de%20cicatriz%C3%A7%C3%A3o%20da%20ferida>. Acesso em: 30 abril 2022
18. LOONEY, A. L., HUNTINGFORD, J. L., BLAESER, L. L., Mann, S. A randomized blind placebo-controlled trial investigating the effects of photobiomodulation therapy (PBMT) on canine elbow osteoarthritis. **The Canadian veterinary journal = La revue veterinaire canadienne**, v. 59, n. 9, p. 959, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30197438/> Acesso em: 30 abril 2022
19. CALHAU, B. F.; FRACETTI, G.; FERREIRA, L. F. L. Avaliação da técnica de orquiectomia a laser. **Sinapse Múltipla**, v. 8, n. 2, p. 136-139, 2019. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/sinapsemultipla/article/view/21690/16109> Acesso em: 30 abril 2022
20. JUNIOR, A. F. M.; HOTZ, M. R.; DUARTE, P. C. S.; SANTOS, G. S. L. B.; NETO, A. P. S.; MOTHÉ, G. B.; SOARES, A. M. B.; ALMOSNY, N. R. P. Uso do laser diodo para correção cirúrgica de estenose de narina e prolongamento de palato mole em cão portador da síndrome do braquicéfalo–relato de caso. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e33410212630-e33410212630, 2021. Disponível em: <https://publicacoes.unifran.br/index.php/investigacao/article/view/2856> Acesso em: 30 abril 2022
21. SCROLLAVEZZA, P. La laserchirurgia in veterinaria. **Bollettino Aivpa**, v. 2010, n. 3, p. 17-23, 2010. Disponível em:

- <https://www.aivpa.it/bollettino/2010/3/55/la-laserchirurgia-in-veterinaria-basi-teoriche-ed-accorgimenti-pratico-applicativi> Acesso em: 30 abril 2022
22. STANITZNIG, A.; VELDE, K.; WITTEK, T.; FRANZ, S. Sinonasal cysts causing dyspnoea in two cattle—case report. **Acta Veterinaria Hungarica**, v. 66, n. 4, p. 553-561, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30580534/> Acesso em: 30 abril 2022
23. ARTEAGA, K.; CRASTA, M. Successful treatment of distichiasis in a cow using a direct-contact 810-nm diode laser. **Veterinary Surgery**, v. 50, n. 5, p. 1164-1168, 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33880805/> Acesso em: 30 abril 2022
24. BARD, S.; GOLDBERG, D. J. (Ed.). **Laser treatment of vascular lesions**. Karger Medical and Scientific Publishers, vol 1, pp 1-17, 2014. Disponível em: Acesso em: 30 abril 2022
25. SHIODA, C.; UCHIDA, K.; NAKAYAMA, H. Pathological Features of Olfactory Neuroblastoma in an Axolotl (*Ambystoma mexicanum*), **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 73, Issue 8, pp: 1109-1111, 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21519157/> Acesso em: 30 abril 2022
26. TAKAMI Y.; UNE, Y. A retrospective study of diseases in *Ambystoma mexicanum*: a report of 97 cases. **Journal of Veterinary Medical Science**, p. 17-0066, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28529268/> Acesso em: 30 abril 2022
27. FESSEHA, H. Laser Therapy and its Potential Application in Veterinary Practice—A Review. **J. Light Laser Curr. Trends**, v. 3, n. 007, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341322206_Laser_Thrapy_and_its_Potential_Application_in_Veterinary_Practice-A_Review Acesso em: 30 abril 2022
28. TAKAMI Y.; UNE Y. Buoyancy disorders in pet axolotls *Ambystoma mexicanum*: three cases. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 127, n. 2, p. 157-162, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29384486/> Acesso em: 30 abril 2022
29. AL HAJ BADDAR, N. W.; CHITHRALA, A.; VOSS, S. R. Amputation-induced reactive oxygen species signaling is required for axolotl tail regeneration. **Developmental Dynamics**, v. 248, n. 2, p. 189-196, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30569660/> Acesso em: 30 abril 2022
30. TSAI, S. Inhibition of Wound Epidermis Formation via Full Skin Flap Surgery During Axolotl Limb Regeneration. **JoVE (Journal of Visualized Experiments)**, n. 160, p. e61522, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32658179/> Acesso em: 30 abril 2022

31. TANK, P. W.; CARLSON, B. M.; CONNELLY, T. G. A staging system for forelimb regeneration in the axolotl, *Ambystoma mexicanum*. **Journal of Morphology**, v. 150, n. 1, p. 117-128, 1976. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/966285/> Acesso em: 30 abril 2022
32. THYGESEN, M.M.; LAURIDSEN, H.; PEDERSEN, M.; ORLOWSKI, D.; MIKKELSEN, T.W.; RASMUSSEN, M.M. A clinically relevant blunt spinal cord injury model in the regeneration competent axolotl (*Ambystoma mexicanum*) tail. **Experimental and Therapeutic Medicine**, v. 17, n. 3, p. 2322-2328, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30867717/> Acesso em: 30 abril 2022
33. SATOH, A.; G.M.C. GRAHAM, G.M.C.; BRYANT, S.V.; GARDINER, D.M. Neurotrophic regulation of epidermal dedifferentiation during wound healing and limb regeneration in the axolotl (*Ambystoma mexicanum*), **Developmental Biology**, v. 319, Issue 2, pp. 321-335, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012160608003163> Acesso em: 30 abril 2022
34. GARCÍA-LEPE, U. O.; CRUZ-RAMÍREZ, A.; BERMÚDEZ-CRUZ, R. M. DNA repair during regeneration in *Ambystoma mexicanum*. **Developmental Dynamics**, v. 250, n. 6, p. 788-799, 2021. Disponível em: <https://anatomypubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/dvdy.276> Acesso em: 30 abril 2022
35. HUTCHISON, C.; PILOTE, M.; ROY, S.. The axolotl limb: a model for bone development, regeneration and fracture healing. **Bone**, v. 40, n. 1, p. 45-56, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S8756328206005849#:~:text=The%20limb%20has%20been%20the,ability%20to%20heal%20bone%20fractures>. Acesso em: 30 abril 2022
36. SAITO, N.; NISHIMURA, K.; MAKANAE, A.; SATOH, A. Fgf-and Bmp-signaling regulate gill regeneration in *Ambystoma mexicanum*. **Developmental biology**, v. 452, n. 2, p. 104-113, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31034835/#:~:text=in%20Ambystoma%20mexicanum-,Fgf%2D%20and%20Bmp%2Dsignaling%20regulate%20gill%20regeneration%20in%20Ambystoma%20mexicanum,doi%3A%2010.1016%2Fj>. Acesso em: 30 abril 2022
37. OHASHI, A.; SAITO, N.; KASHIMOTO, R.; FURUKAWA, S.; YAMAMOTO, S.; SATOH, A. Axolotl liver regeneration is accomplished via compensatory congestion mechanisms regulated by ERK signaling after partial hepatectomy. **Developmental Dynamics**, v. 250, n. 6, p. 838-851, 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33064366/#:~:text=after%20partial%20hepatectomy-,Axolotl%20liver%20regeneration%20is%20accomplished%20via%20comp>

- [ensatory%20congestion%20mechanisms%20regulated,doi%3A%2010.1002%2Fdvy](#). Acesso em: 30 abril 2022
38. CANO-MARTINEZ, A, VARGAS-GONZÁLEZ, A.; GUARNER-LANS, V.; PRADO-ZAYAGO, E.; LEÓN-OLEA, M.; NIETO-LIMA, B. Functional and structural regeneration in the axolotl heart (*Ambystoma mexicanum*) after partial ventricular amputation. **Archivos de cardiología de México**, v. 80, n. 2, p. 79-86, 2010. Disponível em: <https://www.elsevier.es/es-revista-archivos-cardiologia-mexico-293-articulo-functional-structural-regeneration-in-axolotl-X1405994010533998> Acesso em: 30 abril 2022
39. FLINK, I.L. Cell cycle reentry of ventricular and atrial cardiomyocytes and cells within the epicardium following amputation of the ventricular apex in the axolotl, *Amblystoma mexicanum*: confocal microscopic immunofluorescent image analysis of bromodeoxyuridine-labeled nuclei. **Anatomy and embryology**, v. 205, n. 3, p. 235-244, 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12107494/> Acesso em: 30 abril 2022
40. VARGAS-GONZÁLEZ, A.; PRADO-ZAYAGO, E.; LEÓN-OLEA, M.; GUARNER-LANS, V.; MARTINEZ, A. C. Regeneración miocárdica en *Ambystoma mexicanum* después de lesión quirúrgica. **Archivos de cardiología de México**, v. 75, n. S3, p. 21-29, 2005. Disponível em: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=5212> Acesso em: 30 abril 2022
41. COSTA, E. C.; OTSUKI, L.; ALBORS, A. R.; TANAKA, E. M.; CHARA, O. Spatiotemporal control of cell cycle acceleration during axolotl spinal cord regeneration. **Elife**, v. 10, p. e55665, 2021. Disponível em: <https://elifesciences.org/articles/55665> Acesso em: 30 abril 2022
42. SUETSUGU-MAKI, R.; MAKI, N.; NAKAMURA, K.; SUMANAS, S.; ZHU, J.; RIO-TSONIS, D.; TSONIS, P. A. Lens regeneration in axolotl: new evidence of developmental plasticity. **BMC biology**, v. 10, n. 1, p. 1-8, 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/1741-7007-10-103> Acesso em: 30 abril 2022
43. GALERANI, G.; SOFFO, I. M.; FELIPPE, F. N. Celiotomia e gastrotomia para remoção cirúrgica de corpos estranhos em axolote (*Ambystoma mexicanum*) –relato de caso. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 28, n. 1, 2021. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/rbcv/article/view/47565/29264> Acesso em: 30 abril 2022
44. LEONARDO R. L.; SANTOS, M. A. A. P. SALVADOR, T. R.; VIANA, J. A.; OSMAN, A. M. A.; PIRES, R. Utilização de videoendoscopia para diagnóstico e remoção de corpo estranho gástrico em Axolote (*Ambystoma mexicanum*). **Anais do XXVIII ENCONTRO e XXII CONGRESSO da Associação Brasileira de Veterinários de Animais Selvagens**, p. 140-141, 2019. Disponível em: <https://www.abravas.org.br/files/arquivo/197/anais-congresso-abravas-2019.pdf> Acesso em: 30 abril 2022

45. MENGER B.; VOGT, P.M.; JACOBSEN, I.D.; ALLMELING, C.; KUHBIER, J.W.; MUTSCHMANN F.; REIMERS, K. Resection of a Large Intra-Abdominal Tumor in the Mexican Axolotl: A Case Report. **Veterinary Surgery**, v. 39, n. 2, p. 232-233, 2010. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1532-950X.2009.00609.x>
Acesso em: 30 abril 2022
46. STETTER, M. D. Fish and amphibian anesthesia. **Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice**, v. 4, n. 1, p. 69-82, 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S109491941730052X>
Acesso em: 30 abril 2022
47. MAXIMO, I. M.; BRANDAO, R. A.; RUGGERI, J.; TOLEDO, L. F. I. Amphibian illegal pet trade and a possible new case of an invasive exotic species in Brazil. **Herpetological Conservation and Biology**, v. 16, n. 2, p. 303-312, 2021. Disponível em: http://www.herpconbio.org/Volume_16/Issue_2/Maximo%20et%20al_2021.pdf?fbclid=IwAR13RVQOzKWqmxpgOPaVSnn9YuJ_vqVEd1pwe-orfChKpCSm_KlpDBSunis Acesso em: 30 abril 2022
48. KULBISKY, G. P.; RICKEY, D. W.; REED, M. H., BJÖRKLUND, N.; GORDON, R. The axolotl as an animal model for the comparison of 3-D ultrasound with plain film radiography. **Ultrasound in medicine & biology**, v. 25, n. 6, p. 969-975, 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030156299900040X>
Acesso em: 30 abril 2022
49. VOSS, S. R. I.; EPPERLEIN, H. H.; TANAKA, E. M. *Ambystoma mexicanum*, the axolotl: a versatile amphibian model for regeneration, development, and evolution studies. **Cold Spring Harbor Protocols**, v. 2009, n. 8, p. pdb.emo128, 2009. Disponível em: <http://cshprotocols.cshlp.org/content/2009/8/pdb.emo128.short> Acesso em: 30 abril 2022
50. BJÖRKLUND, N. K.; DUHON, S. T. The Mexican axolotl as a pet and a laboratory animal. **Biology, husbandry and health care of reptiles and amphibians**. Jersey City, NJ: Tropical Fish Hobbyist, 1999. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.645.9165&rep=rep1&type=pdf#:~:text=The%20axolotl%20has%20a%20long,Jardin%20des%20Plantes%20of%20Paris> Acesso em: 30 abril 2022
51. THOMPSON, S.; MUZINIC, L.; MUZINIC, C.; NIEMILLER, M. L.; VOSS, S. R. Probability of regenerating a normal limb after bite injury in the Mexican

axolotl (*Ambystoma mexicanum*). **Regeneration**, v. 1, n. 3, p. 27-32, 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/reg2.17>
Acesso em: 30 abril 2022

52. WEST, G.; HEARD, D.; CAULKETT, N. **Zoo animal and wildlife immobilization and anesthesia**. [online]. 2.ed. John Wiley & Sons, 2014. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=h0XxBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP11&dq=Zoo+Animal+and+Wildlife+Immobilization+and+Anesthesia&ots=t5fz7kwlSV&sig=wRqLbjSx-x-xdhmZlXYX9lJLh3c#v=onepage&q=Zoo%20Animal%20and%20Wildlife%20Immobilization%20and%20Anesthesia&f=false> Acesso em: 30 abril 2022