Capítulo 06

Pele de Tilápia (*Oreochromis niloticus*) como Biomaterial no Reparo Corneal em Medicina Veterinária – Revisão de Literatura

Tilapia Skin (Oreochromis Niloticus) as a Biomaterial for Corneal Repair in Veterinary Medicine – A Literature Review

Maria Eduarda Peruzzi

Graduanda do Curso de Medicina Veterinária da Universidade Cruzeiro do Sul.

Raphael Grillo da Silva

Docente do Curso de Medicina Veterinária da Universidade Cruzeiro do Sul.

Resumo: As lesões de córnea são muito comuns na rotina de pequenos animais e estão entre as principais causas de dor ocular e de perda de visão em cães quando não tratadas de forma adequada. A córnea, apesar de ser uma estrutura resistente, é avascular e tem uma cicatrização que depende muito da profundidade da lesão e da manutenção da sua estrutura de colágeno. O presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre o uso da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) como biomaterial no reparo de lesões corneanas em medicina veterinária. A pele de tilápia vem sendo estudada como curativo biológico por ser rica em colágeno, ter boa resistência, baixo custo e boa disponibilidade no Brasil, já tendo bons resultados em outras áreas, como no tratamento de queimaduras. Para entender a sua aplicação, o trabalho aborda a anatomia e a fisiologia corneana e as principais afecções que levam à perda de tecido e à necessidade de suporte cirúrgico. A ideia é discutir como um biomaterial de origem natural pode ser uma alternativa viável para oferecer suporte durante a cicatrização, principalmente em casos em que o tratamento clínico isolado não é suficiente. A revisão busca reunir informações que mostrem o potencial da pele de tilápia como uma opção acessível e promissora na oftalmologia veterinária.

Palavras-chave: oftalmologia veterinária; cicatrização corneana; xenoenxerto; matriz colágena; ceratoplastia.

Abstract: Corneal lesions are very common in small animal practice and are among the main causes of ocular pain and vision loss in dogs when not properly treated. The cornea, although a resistant structure, is avascular, and its healing depends a lot on the depth of the lesion and the maintenance of its collagen structure. The present study aims to conduct a literature review on the use of tilapia skin (*Oreochromis niloticus*) as a biomaterial for the repair of corneal lesions in veterinary medicine. Tilapia skin has been studied as a biological dressing because it is rich in collagen, has good resistance, low cost and good availability in Brazil, already having good results in other areas such as burn treatment. To understand its application, the work addresses the anatomy and physiology of the cornea and the main affections that lead to tissue loss and the need for surgical support. The idea is to discuss how a biomaterial of natural origin can be a viable alternative to offer support during healing, especially in cases where clinical treatment alone is not enough. The review seeks to gather information that shows the potential of tilapia skin as an accessible and promising option in veterinary ophthalmology.

Keywords: veterinary ophthalmology; corneal healing; xenograft; collagen matrix; keratoplasty.

DOI: 10.47573/aya.6228.3.65.6

INTRODUÇÃO

Na oftalmologia veterinária, as afecções corneanas estão entre as ocorrências mais frequentes na rotina clínica (Maggs *et al.,* 2017; Turner, 2008), com destaque para as úlceras de córnea, que podem ser classificadas como ulcerativas ou não ulcerativas (Turner, 2008).

Devido à anatomia, as úlceras superficiais são mais dolorosas que as profundas, pois as terminações nervosas com maior sensibilidade estão presentes no epitélio e no estroma anterior. A córnea é composta por três camadas principais: o epitélio externo, que é estratificado e não queratinizado, o estroma, que é a camada mais espessa, e o endotélio interno (Turner, 2008).

A córnea tem função de fornecer estrutura, proteger o conteúdo intraocular e desempenha papel importante na refração e transmissão da luz. Dessa forma, qualquer lesão que comprometa sua integridade poderá levar à perda da função visual, dor intensa e, em casos mais graves, perfuração ocular (Maggs *et al.,* 2017; Farghali *et al.,* 2021).

Atualmente, o tratamento convencional consiste em colírios antibióticos, terapia medicamentosa tópica e, em casos mais severos, procedimentos cirúrgicos como flap conjuntival e utilização de membrana amniótica. As principais barreiras dessas abordagens são o custo elevado, baixa acessibilidade e até mesmo a necessidade de maior auxílio do tutor.

Pensando nisso, outros biomateriais têm sido estudados e a pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) tem se destacado; ela foi desenvolvida no início para tratamento de queimaduras em humanos na Universidade Federal do Ceará (Moraes Filho *et al.,* 2023). No Brasil, ela tem baixo custo e boa disponibilidade por causa da piscicultura, além de ter alta concentração de colágeno tipo I, boa resistência mecânica e funcionar como curativo biológico (Lima Júnior *et al.,* 2017).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo revisar a literatura científica sobre a utilização da pele de tilápia no reparo de úlceras de córnea em animais.

REVISÃO DE LITERATURA

Anatomia e Fisiologia da Córnea

A córnea é a porção anterior do bulbo ocular e possui funções importantes na proteção das estruturas internas do olho e na passagem e refração da luz. Por estar localizada externamente, é uma estrutura constantemente exposta ao ambiente e, consequentemente, suscetível a diferentes tipos de agressões. Suas características anatômicas e fisiológicas influenciam diretamente a resposta do tecido diante de lesões e tratamentos oftálmicos (Gelatt; Plummer, 2017; Sridhar, 2018).

Nos animais domésticos, a organização da córnea apresenta algumas diferenças entre as espécies, embora sua estrutura geral seja semelhante. Em um

estudo morfológico comparativo envolvendo cães, gatos, equinos, bovinos, caprinos e suínos, foram identificados o epitélio, o estroma, a membrana de Descemet e o endotélio como principais componentes da córnea. Nesse estudo, a membrana de Bowman não foi identificada como uma camada distinta pela técnica utilizada (Nautscher *et al.,* 2016). Além das diferenças relacionadas às camadas, os autores observaram variações na espessura do epitélio e na distribuição de determinadas proteínas entre as espécies, demonstrando que algumas características da córnea podem apresentar particularidades de acordo com o animal avaliado (Nautscher *et al.,* 2016; Gelatt; Plummer, 2017).

O epitélio corresponde à camada mais externa da córnea e mantém contato direto com o filme lacrimal. Sua principal função é formar uma barreira contra agentes externos e contribuir para a proteção das estruturas mais profundas. A superfície epitelial também participa da manutenção do equilíbrio da superfície ocular e apresenta capacidade de renovação, permitindo que pequenas lesões sejam reparadas por meio da migração e proliferação celular (Gelatt; Plummer, 2017; Sridhar, 2018). Dessa forma, a integridade do epitélio é importante tanto para a proteção do olho quanto para a manutenção das condições necessárias ao funcionamento adequado da córnea.

Abaixo do epitélio encontra-se o estroma, que constitui a maior parte da espessura da córnea. Essa camada é formada principalmente por uma matriz extracelular rica em colágeno, organizada em fibrilas e lamelas, além dos ceratócitos, que participam da manutenção do tecido. A disposição organizada dessas estruturas está relacionada à resistência mecânica da córnea e às suas propriedades ópticas (España; Birk, 2020). A organização do colágeno também apresenta relação direta com a capacidade do tecido de manter sua estrutura e desempenhar adequadamente suas funções, tornando o estroma uma região de grande importância quando se considera a reparação de lesões corneanas (Sridhar, 2018; España; Birk, 2020).

A membrana de Descemet e o endotélio estão localizados nas porções mais internas da córnea. A membrana de Descemet funciona como uma membrana basal associada ao endotélio, enquanto o endotélio participa do controle da quantidade de líquido presente no estroma e, consequentemente, da manutenção do equilíbrio hídrico da córnea (Gelatt; Plummer, 2017; España; Birk, 2020). A córnea também é uma estrutura avascular, de modo que sua nutrição depende da difusão de substâncias provenientes do filme lacrimal, do humor aquoso e da região vascularizada do limbo (Sridhar, 2018). Essas características contribuem para a manutenção da organização e do funcionamento normal do tecido.

A resposta da córnea a uma lesão depende principalmente da profundidade e da extensão do dano. Quando a alteração permanece restrita ao epitélio, o reparo ocorre principalmente pela migração das células presentes nas bordas da lesão, seguida pela proliferação e reorganização do epitélio. Esse processo permite que pequenas áreas lesionadas sejam recobertas novamente em um período relativamente curto (Gelatt; Plummer, 2017; Sridhar, 2018). Quando o estroma é atingido, entretanto, o processo de reparação torna-se mais complexo, envolvendo

a participação dos queratinócitos, células inflamatórias e componentes da matriz extracelular (España; Birk, 2020).

Durante o reparo estromal, ocorre produção e reorganização de componentes da matriz extracelular, incluindo o colágeno. Embora essas alterações sejam importantes para recuperar a resistência do tecido, a organização da matriz produzida durante a cicatrização pode diferir daquela observada na córnea normal, favorecendo a formação de fibrose e alterações nas propriedades ópticas da córnea (España; Birk, 2020). A intensidade dessa resposta pode variar de acordo com a profundidade da lesão, a presença de inflamação e a extensão do dano tecidual (Gelatt; Plummer, 2017). Assim, quanto maior o comprometimento das estruturas corneanas, maior tende a ser a dificuldade de recuperação da organização original do tecido.

Além da profundidade, a cicatrização corneana depende da integridade do filme lacrimal, da inervação e da ausência de fatores que retardem o reparo tecidual. Lesões superficiais tendem a cicatrizar rapidamente por deslizamento do epitélio, enquanto lesões mais profundas dependem da ativação de fibroblastos e da deposição organizada de colágeno para restabelecer a espessura estromal (Gelatt; Plummer, 2017; Yogo *et al.,* 2026).

A profundidade e a extensão do defeito são fatores importantes na escolha do tratamento. Lesões mais superficiais podem ser tratadas clinicamente, de acordo com sua causa e evolução, enquanto defeitos mais profundos podem exigir procedimentos cirúrgicos para oferecer suporte ao tecido e preservar a integridade do globo ocular (Gelatt; Plummer, 2017). Em situações nas quais existe perda significativa de tecido, diferentes técnicas reconstrutivas e materiais podem ser utilizados com o objetivo de fornecer suporte à região lesionada e favorecer o reparo. Entre essas alternativas estão tecidos oculares, tecidos do próprio animal ou de doadores e diferentes tipos de biomateriais (Gelatt *et al.,* 2021).

Dessa forma, a anatomia e a capacidade de reparação da córnea são fundamentais para compreender os desafios envolvidos no tratamento de lesões corneanas. O estroma, especialmente por sua composição rica em colágeno e matriz extracelular, apresenta papel importante na resistência e na recuperação do tecido (Sridhar, 2018; España; Birk, 2020). Quando ocorre perda significativa dessa estrutura, a utilização de materiais capazes de oferecer suporte durante o processo de reparação pode se tornar necessária (Whitley; Hamor, 2021).

Principais Afecções Corneanas em Medicina Veterinária

As afecções corneanas estão entre as principais causas de atendimento oftalmológico na rotina de pequenos animais e apresentam grande relevância por provocarem dor intensa e por serem uma das principais causas evitáveis de cegueira em cães (Monteiro *et al.,* 2018). De modo geral, as ceratopatias podem ser didaticamente classificadas em ulcerativas e não ulcerativas, de acordo com a presença ou não de perda de continuidade epitelial (Turner, 2008; Maggs *et al.,* 2017).

As ceratites ulcerativas, também denominadas úlceras de córnea, são caracterizadas justamente por essa perda de epitélio corneano, podendo haver comprometimento de camadas superficiais ou profundas (Whitley; Hamor, 2021; Gelatt; Plummer, 2017). Já as afecções não ulcerativas são aquelas em que não há perda epitelial, mas há comprometimento da transparência, da curvatura ou da espessura corneana por processos inflamatórios, degenerativos, distróficos ou imunomediados (Turner, 2008). Apesar de ambas ocorrerem, as ceratites ulcerativas são as lesões de maior casuística cirúrgica na rotina (Maggs *et al.,* 2017).

Dentro das ulcerativas, a etiologia é considerada multifatorial. Anormalidades palpebrais como entrópio, ectrópio, triquíase, distiquíase e cílios ectópicos causam úlcera devido ao atrito constante sobre a superfície corneana (Galera; Laus; Oriá, 2009; Lobo *et al.,* 2021). Além disso, traumas por corpos estranhos, arranhões de gatos e mordeduras são frequentemente descritos como causas importantes na rotina, exigindo atenção especial pelo risco de infecção secundária (Maggs *et al.,* 2017).

Quanto à epidemiologia, existe uma predisposição racial bem estabelecida. Raças braquicefálicas apresentam maior incidência quando comparadas a mesocefálicas e dolicocefálicas, devido à conformação de órbita rasa, exoftalmia e fenda palpebral ampla (Bedford; Jones, 2001; Gelatt; Plummer, 2017). A presença de lagoftalmo é destacada como fator que predispõe à síndrome do olho seco (Kim; Won; Jeong, 2009). As raças Bulldog Inglês, Pequinês, Pug e Shih Tzu estiveram entre as mais predispostas à etiologia traumática e 51% dos casos ocorreram em animais acima de 7 anos (Monteiro *et al.,* 2018).

Em levantamento epidemiológico, 77,9% das úlceras foram classificadas como superficiais e 22,10% como complicadas (Monteiro *et al.,* 2018). Nessas raças, a inflamação crônica associada à ceratoconjuntivite seca (CCS) predispõe ainda ao desenvolvimento de ceratite pigmentar, caracterizada pela deposição de pigmento melânico na córnea.

A classificação da lesão é fundamental para definir o prognóstico. As úlceras superficiais acometem apenas o epitélio e o estroma anterior e, por serem o epitélio ricamente inervado, são mais dolorosas, apresentando sinais clássicos como blefarospasmo, epífora, fotofobia e miose (Gilger, 2007; Gent, 2013; Sridhar, 2018). Quando não são complicadas, tendem a cicatrizar em 5 a 7 dias (Kern, 1990). Entretanto, quando há falha na adesão do epitélio à membrana basal, podem originar os defeitos epiteliais corneanos crônicos espontâneos (Gelatt; Plummer, 2017).

As úlceras estromais profundas ocorrem quando há perda de 50% ou mais da espessura do estroma (Pippi; Slatter, 2005; Kern, 1990). Quando há perda de quase todo o estroma, caracteriza-se a descemetocele. Como a fluoresceína é hidrossolúvel e a membrana de Descemet é hidrofóbica, essas lesões não se coram completamente no teste de fluoresceína (Ollivier, 2003; Gelatt; Plummer, 2017).

Uma forma particularmente grave é a úlcera em melting ou ceratomalácia. Essa condição é caracterizada pela rápida destruição do colágeno estromal devido

à liberação exacerbada de enzimas proteolíticas (Ollivier *et al.,* 2007; España; Birk, 2020), sendo frequentemente associada a infecções por Pseudomonas aeruginosa (Sullivan *et al.,* 2020). Esse processo resulta no amolecimento e aspecto gelatinoso do estroma, com rápida progressão e risco iminente de perfuração corneana.

É importante ressaltar a relação com o uso de corticosteroides. Embora não haja evidências claras associando seu uso ao início da ceratite ulcerativa, há indicações de que esses fármacos podem contribuir para a progressão de úlceras pré-existentes (Tolar *et al.,* 2006). Em levantamento epidemiológico, 31% dos animais com úlcera já possuíam histórico de uso de corticosteroides (Hindley *et al.,* 2016).

A ceratoconjuntivite seca (CCS) é uma das afecções mais frequentemente associadas às úlceras. A CCS torna as úlceras mais difíceis de tratar (Tolar *et al.,* 2006). Estudos retrospectivos realizados no HCV-UFRGS demonstram alta prevalência em Shih-Tzu, associada à predisposição racial já descrita na literatura (Gelatt, 2003; Crispin, 2002).

Além das ulcerativas, destacam-se as ceratopatias não ulcerativas. As degenerações estão geralmente associadas a processos inflamatórios crônicos, enquanto as distrofias são primárias, bilaterais e de caráter hereditário (Turner, 2008; Carlos *et al.,* 2017).

Diante dessa divisão, o diagnóstico precoce é determinante para o prognóstico. Nos casos em que há perda substancial de estroma, o tratamento clínico isolado torna-se insuficiente, sendo necessária a associação de técnicas cirúrgicas reconstrutivas (Whitley; Hamor, 2021; Gelatt *et al.,* 2021).

Biomateriais Utilizados no Reparo Corneal

A escolha do biomaterial para o reparo de córnea é importante porque a córnea precisa manter transparência, ser avascular e ao mesmo tempo permitir sutura (Gelatt *et al.,* 2021; Whitley; Hamor, 2021; Maggs *et al.,* 2017). Um bom material deve ser biocompatível, maleável e não imunogênico, para dar suporte tectônico e tentar preservar ao máximo a visão (Gelatt *et al.,* 2021).

Na oftalmologia veterinária, o enxerto conjuntival pediculado ainda é muito utilizado, principalmente por levar vascularização para a lesão (Bertolino *et al.,* 2022; Solcia *et al.,* 2022). No entanto, ele tem como desvantagem a opacidade residual que fica por deposição de tecido fibrovascular e pigmento, o que compromete a transparência final (Whitley; Hamor, 2021; Bertolino *et al.,* 2022). Por esse motivo, as membranas biológicas vêm sendo estudadas como alternativas.

Entre as membranas naturais, as mais citadas são a membrana amniótica, a cápsula renal e a submucosa intestinal suína (SIS) (Bertolino *et al.,* 2022; Whitley; Hamor, 2021; Gelatt *et al.,* 2021).

A membrana amniótica possui fatores de crescimento que auxiliam na epitelização e tem ação anti-inflamatória e antifibrótica (Maggs *et al.,* 2017; Bertolino *et al.,* 2022). Já a cápsula renal equina e canina, conservada em glicerol 99,5%, é descrita como uma opção quando o flap conjuntival não pode ser feito devido à

infecção conjuntival, apresentando retorno mais precoce à transparência (Bertolino *et al.,* 2022).

Em estudo retrospectivo sobre membranas biológicas em cães e gatos, foi observada melhora do edema, fotofobia e secreção em média até 15 dias com o uso dessas membranas (Bertolino *et al.,* 2022).

A SIS, comercializada como *Vetrix BioSIS*, é uma matriz extracelular acelular composta por quatro camadas e que funciona como *scaffold* para migração epitelial e estromal (Whitley; Hamor, 2021; Gelatt *et al.,* 2021). Seu uso em perfurações corneanas é descrito com bom suporte tectônico e manutenção da visão, com formação de cicatrizes leves na maioria dos casos (Whitley; Hamor, 2021; Gelatt *et al.,* 2021).

Dentro dos biomateriais de origem piscícola, a pele de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) tem se destacado por ser um material rico em colágeno tipo I, de baixo custo e alta disponibilidade, podendo ser conservada em glicerol, liofilizada ou processada como Matriz Dérmica Acelular (MDAPT) (Lima Júnior *et al.,* 2017; Lima Júnior *et al.,* 2023; Moraes Filho *et al.,* 2023). Por se tratar de um biomaterial com um número crescente de estudos específicos em cães, sua aplicação será melhor detalhada no tópico 2.4.

Em relação aos polímeros biossintéticos, a celulose bacteriana (CB) tem sido investigada como uma membrana flexível, semitransparente e biocompatível (Queiroz, 2012; Gonçalves, 2022; Rodrigues *et al.,* 2024). Em dissertação de mestrado na UFV, foram desenvolvidas membranas à base de CB pura e do nanocompósito CB/PCL para ceratoplastia lamelar experimental em coelhos. A PCL é um polímero biorreabsorvível e viscoelástico (Queiroz, 2012).

No estudo *et al.* com 36 coelhas com úlcera de 5 mm, foi observada inflamação moderada com redução a partir de 20 dias, fibroplasia próxima aos implantes e predomínio de colágeno tipo III ao final de 45 dias (Queiroz, 2012; España; Birk, 2020). A ausência de poros na membrana limitou a migração celular, de modo que o material atuou mais como protetor do que como implante interlamelar naquele modelo (Queiroz, 2012).

Outro biomaterial autólogo estudado é a fibrina rica em plaquetas (PRF) (Gonçalves, 2022; Whitley; Hamor, 2021; Gelatt *et al.,* 2021). Em tese de doutorado na UNESP Botucatu, foi avaliado o uso autólogo e xenólogo da PRF em úlceras de córnea em coelhos. A PRF funciona como um scaffold natural rico em fatores de crescimento, auxiliando na migração epitelial e na modulação da resposta inflamatória, sem risco de rejeição quando autóloga (Gonçalves, 2022).

Mais recentemente, biomateriais sintéticos biodegradáveis também foram testados (Rodrigues *et al.,* 2024; Bertolino *et al.,* 2022; Queiroz, 2012). Foi avaliada a membrana de polibutileno adipato co-tereftalato (PBAT) associada ao amido termoplástico TPS na proporção 60:40, em 6 cães submetidos à ceratoplastia lamelar (Rodrigues *et al.,* 2024). No acompanhamento até 30 dias, os autores descreveram blefaroespasmo leve até o terceiro dia, ausência de secreção após o sétimo dia e pico de vascularização no décimo quinto dia, sem ocorrência de

melting, extrusão ou rejeição, com evolução semelhante a outros enxertos como cápsula renal e escama de sardinha (Rodrigues *et al.,* 2024; Bertolino *et al.,* 2022; Perches *et al.,* 2012).

A ocorrência de melting corneano está diretamente relacionada à ação das metaloproteinases de matriz, principalmente MMP-2 e MMP-9, que degradam o colágeno estromal em casos de infecção ou inflamação exacerbada (Perches *et al.,* 2012; Ollivier *et al.,* 2007; España; Birk, 2020). O controle dessa atividade proteolítica é um critério importante na escolha do biomaterial, pois materiais que induzem menor infiltrado neutrofílico e que funcionam como barreira mecânica ajudam a reduzir a colagenólise (Perches *et al.,* 2012; Gelatt *et al.,* 2021).

De forma geral, não existe um biomaterial ideal único. A escolha depende da profundidade da lesão, da presença de infecção e da necessidade de transparência (Gelatt *et al.,* 2021; Whitley; Hamor, 2021; Maggs *et al.,* 2017). As membranas biológicas conservadas em glicerina ainda são as mais acessíveis na rotina, enquanto a celulose bacteriana, a PRF, o PBAT e a pele de tilápia representam novas gerações de materiais com potencial para melhorar os resultados de transparência e ainda se encontram em fase experimental (Rodrigues *et al.,* 2024; Queiroz, 2012; Gonçalves, 2022).

Aplicações da Pele de Tilápia no Reparo Corneal na Medicina Veterinária

A busca por substitutos corneanos que superem as limitações do flap conjuntival pediculado e das membranas de submucosa intestinal suína e de cápsula renal equina tem impulsionado a investigação de xenoenxertos de baixo custo e alta disponibilidade na oftalmologia veterinária (Gelatt *et al.,* 2021; Dulaurent *et al.,* 2013; Mezzadri *et al.,* 2021). Nesse cenário, a pele de tilápia do Nilo se destaca como subproduto da cadeia aquícola, amplamente cultivada no Brasil desde 1971, com processamento capaz de gerar uma matriz com alta similaridade ao estroma corneano (Lima-Verde *et al.,* 2020; Lima-Júnior *et al.,* 2019; Costa *et al.,* 2020).

Caracterização morfoestrutural e composição bioquímica da pele de *Oreochromis niloticus* como matriz acelular

A pele de tilápia apresenta uma arquitetura densa e organizada, com epiderme em epitélio pavimentoso estratificado e derme profunda com feixes compactos de fibras colágenas dispostas em padrão paralelo e transversal, com resistência e extensão à tração superiores à da pele humana (Alves *et al.,* 2015; Souza *et al.,* 1997; Lima-Júnior *et al.,* 2017). Estudos morfológicos e histoquímicos apontam alta concentração de colágeno tipo I, principal componente do estroma corneano, o que confere mimetismo estrutural, baixa antigenicidade após descelularização e capacidade de atuar como scaffold natural (Araújo *et al.,* 2023; Hernandez, 2020; Bistner *et al.,* 2013).

Do ponto de vista funcional, essa matriz não funciona apenas como barreira mecânica. Ela libera peptídeos bioativos e induz expressão de fator de crescimento

epidérmico (EGF), modulando inflamação, promovendo migração de queratinócitos e deposição organizada de colágeno, o que reduz edema e formação de cicatriz estromal densa (Song *et al.,* 2019; El Blidi *et al.,* 2021; Miller *et al.,* 2017). Além disso, demonstra propriedades antimicrobianas, boa adesão ao leito receptor e conforto analgésico, características inicialmente validadas no tratamento de queimaduras humanas com curativo biológico oclusivo (Lima-Júnior *et al.,* 2017; Lima-Júnior *et al.,* 2019; Miranda; Brandt, 2019).

Essa trajetória clínica permitiu a instalação em 2017, no Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos da Universidade Federal do Ceará (NPDM-UFC), do primeiro Banco de Pele Animal do Brasil e do primeiro Banco de Pele Animal Aquático do mundo, responsável pela padronização, esterilização e distribuição do material para estudos multicêntricos (Lima-Júnior *et al.,* 2019; Lima Júnior, 2020).

Formas de apresentação e processamento

Para uso oftálmico, a pele não é utilizada crua. O processamento define a indicação. A literatura descreve três apresentações validadas. A MDAPT, descrita como “lâmina de colágeno puro”, é obtida após protocolo de descelularização com remoção total de células, escamas e antígenos, preservando apenas a malha colágena purificada e estéril (Vasconcelos, 2023; FIESP, 2023; Agência UFC, 2023). É a forma mais estudada para defeitos corneanos profundos, com menor risco imunogênico e melhor aposição (Melo *et al.,* 2022; Melo *et al.,* 2024; Hernandez, 2020).

As outras duas formas são a pele liofilizada e a pele in natura conservada por glicerolização associada à desinfecção com gluconato de clorexidina, acondicionada em envelopes estéreis e armazenada a 4 °C por até 60 dias (Barreira *et al.,* 2022; Zimba *et al.,* 2024; Melo *et al.,* 2024). Estudo com três casos comparativos documentou o uso das três: MDAPT em cão Shih-tzu de 8 anos com úlcera profunda, pele liofilizada em cão sem raça definida (SRD) adulto e pele in natura em reconstrução palpebral de cão de 15 anos com ceratoconjuntivite seca, todas com boa integração (Melo *et al.,* 2024). Para córnea, o consenso atual aponta a MDAPT como padrão-ouro entre as formas de tilápia (Cavalcanti; Pimentel, 2023; Melo *et al.,* 2022).

Técnica cirúrgica: protocolo consolidado

O protocolo é microcirúrgico e bem padronizado nos trabalhos. No pré-operatório, jejum de 6 a 12 horas, hemograma completo e avaliação cardiológica para risco anestésico (Cavalcanti; Pimentel, 2023; Zimba *et al.,* 2024). A anestesia mais citada associa clorpromazina 1 mg/kg IM com tiobarbiturato sódico 2,5% 12,5 mg/kg IV e manutenção com halotano (Fantoni; Cortopassi, 2009; Fantoni; Mastrocinque, 2005).

No transoperatório, blefarostase com seda 4-0, irrigação com SF 0,9% e preparo do leito com debridamento, frequentemente com broca de diamante para regularização estromal (Melo *et al.,* 2022; Melo *et al.,* 2024). O enxerto é

confeccionado com punch dermatológico em discos de 4 a 5 mm e suturado borda a borda com náilon 8-0 ou 9-0 em pontos simples separados (Melo *et al.,* 2022; Zimba *et al.,* 2024; Cavalcanti; Pimentel, 2023). O ponto-chave de sucesso, unânime na literatura, é a associação com flap de terceira pálpebra ou flap conjuntival em lençol fino com seda 7-0, que promove pressão fisiológica contínua e favorece absorção gradual (Melo *et al.,* 2022; Cavalcanti; Pimentel, 2023; Zimba *et al.,* 2024).

O pós-operatório inclui soro fisiológico (SF) 0,9%, atropina 1% uma vez ao dia por 21 dias e gentamicina quatro vezes ao dia por 21 dias, com controles seriados e teste de fluoresceína até a cicatrização (Melo *et al.,* 2022; Zimba *et al.,* 2024).

Aplicação clínica em caninos: desfechos do uso da matriz dérmica acelular de tilápia no tratamento de úlceras de córnea

Em cães, os desfechos são consistentes: boa aderência, absorção progressiva com liberação de colágeno, transparência recuperada, ausência de melanose, baixa vascularização residual e manutenção da visão (Melo *et al.,* 2022; Cavalcanti; Pimentel, 2023; Melo *et al.,* 2024). A evolução mais didática vem de um Shih-tzu fêmea de 14 anos com perfuração e prolapso de íris atendido na Universidade Estadual de Londrina e Universidade Estadual do Norte do Paraná UEL/UENP, com técnica glicerolizada: 7 dias - enxerto aderido e lubrificado; 14 dias - neovascularização moderada e aspecto branco-opaco; 21 dias - coloração avermelhada e retração; 28 dias - retirada de pontos e fluoresceína negativa; 42 dias - redução de opacidade; 68 dias - reepitelização completa com discreta opacificação residual (Zimba *et al.,* 2024). Quando comparada ao flap conjuntival, a córnea com tilápia se mostrou mais lisa, brilhante e avascular (Melo *et al.,* 2022; Zimba *et al.,* 2024).

Essa casuística isolada ganhou escala. Segundo a Revista Pesquisa FAPESP, Agência UFC e FIESP/SIPESP, a equipe coordenada por Mirza Melo no NPDM-UFC já restabeleceu a visão de mais de 400 cães e gatos nos últimos quatro anos, com destaque para braquicefálicos como shih-tzu, pug e buldogue, predispostos por órbita rasa e exposição ocular (Vasconcelos, 2023; FIESP, 2023; Agência UFC, 2023). Comparada a plasma rico em plaquetas autólogo e ceratoplastia lamelar autóloga, a MDAPT demonstrou reepitelização mais rápida e melhor lubrificação (Farghali *et al.,* 2021; Michel *et al.,* 2021; Melo *et al.,* 2022).

Aplicabilidade em outras espécies: evidências do modelo translacional em felinos e aves

Um dos pontos mais fortes desse biomaterial é justamente sua versatilidade entre espécies, o que reforça o conceito de One Health e o caráter de scaffold universal. A trajetória de desenvolvimento seguiu a lógica translacional clássica: da base experimental em modelos murinos para a aplicação em pequenos animais e, mais recentemente, em espécies não convencionais.

Em modelos experimentais, a base pré-clínica para o uso oftálmico foi estabelecida em ratos Wistar, nos quais a pele de tilápia do Nilo foi investigada

como curativo biológico oclusivo em feridas cutâneas. Esses estudos demonstraram aceleração da contração da ferida, modulação da resposta inflamatória, redução da necessidade de antibioticoterapia e menor indução de resistência bacteriana, com ausência de toxicidade sistêmica (Alves *et al.,* 2015; Miranda *et al.,* 2018; Alves *et al.,* 2018). Essa etapa é citada na literatura como fundamental para embasar a segurança do biomaterial para uso em tecidos nobres como a córnea (Lima-Júnior *et al.,* 2017). O desenvolvimento de protocolo padronizado de descelularização para obtenção da matriz extracelular foi consolidado por Hernandez (2020).

Em felinos, o primeiro relato com Matriz Dérmica Acelular de Pele de Tilápia (MDAPT) descreveu o uso em gata sem raça definida, 4 anos, como substituto ao flap conjuntival pediculado para tratamento de úlcera de córnea profunda (MELO *et al.,* 2022). A técnica visou justamente a atuação na inflamação e cicatrização, considerando o quadro inflamatório acentuado e a grande dificuldade de reparo característicos da espécie felina, não restritos à região ocular (Farghali *et al.,* 2021). Foram observados transparência corneana recuperada, ausência de melanose, baixa vascularização residual e boa aposição do enxerto à córnea subjacente com sutura em náilon 9-0, corroborando os achados obtidos em cães (Melo *et al.,* 2022; Michel *et al.,* 2021).

Em aves, a aplicabilidade oftálmica foi recentemente demonstrada por MELO *et al.* (2025), que utilizaram o scaffold acelular de pele de tilápia no reparo de úlcera de córnea com perda superior a 80% da espessura em papagaio-verdadeiro (Amazona aestiva), macho, adulto, sem resposta a tratamentos prévios. O material foi produzido no NPDM-UFC na fração de 150 µm e esterilizado por radiação gama no IPEN, seguindo todos os critérios do CONCEA (Melo *et al.,* 2025). No pós-operatório, foi observada melhora da transparência da córnea, sem sinais de rejeição, com vascularização moderada no início e depois avascularização, boa lubrificação ocular com Teste de Schirmer em 10 mm/min e pressão ocular (PIO) de 15 mmHg, que está dentro do valor de referência para a espécie (Melo *et al.,* 2025). O biomaterial funcionou como um arcabouço até a regeneração total, com boa aderência ao epitélio, sem infecção e sem desconforto, e o animal voltou ao comportamento normal da espécie com 30 dias (Melo *et al.,* 2025).

Em conjunto, esses relatos em modelos experimentais e em espécies com metabolismos tão distintos fortalecem a hipótese de que a pele de tilápia funciona como fornecedora de biomoléculas cicatrizantes e scaffold universal, com potencial de extrapolação inclusive para humanos, como já consolidado no tratamento de queimaduras (Lima-Júnior *et al.,* 2017; Araújo *et al.,* 2023).

Considerações sobre biossegurança, limitações metodológicas e perspectivas futuras

Apesar dos avanços, limitações são reconhecidas. Por ser xenoenxerto, há risco de rejeição, edema e leucoma permanente a depender da profundidade, além de risco de deiscência precoce (Vygantas; Whitley, 2003; Gelatt *et al.,* 2021; Borgaro *et al.,* 2022). O meio de conservação pode ser fonte de complicação se não

houver controle rigoroso de esterilidade e rastreabilidade (Chen *et al.,* 2024; Zimba *et al.,* 2024). Há ainda lacuna sobre citotoxicidade a longo prazo e necessidade de padronização entre lotes (Cavalcanti; Pimentel, 2023; Zimba *et al.,* 2024).

A vantagem competitiva permanece econômica e sustentável. Membranas comerciais bovinas e suínas são importadas e de alto custo, enquanto a MDAPT provém de refugo da piscicultura com potencial de produção em larga escala (Lima-Júnior *et al.,* 2019; Vasconcelos, 2023; Chen *et al.,* 2024). Atualmente, o uso é restrito à pesquisa no Brasil, mas em 2025 a UFC abriu chamada para licenciamento visando registro na ANVISA e expansão para o SUS (Sociedade Brasileira de Queimaduras, 2025; Lima Júnior, 2020).

Em síntese, a compilação da literatura indica a pele de tilápia, especialmente na forma de MDAPT, como opção eficaz para ceratoplastias em cães com úlceras profundas e perfurações, com boa adesão, absorção progressiva e reepitelização satisfatória, devendo sua validação ser ampliada com estudos controlados e maior amostragem (Melo *et al.,* 2022; Zimba *et al.,* 2024; Melo *et al.,* 2024; Araújo *et al.,* 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão permitiu evidenciar que a MDAPT é uma alternativa viável para úlceras profundas e perfurações, por atuar como scaffold de colágeno tipo I quando há perda estromal extensa. Apresentou boa integração, reepitelização e evolução para leucoma restrito com preservação do bulbo, com vantagem de baixo custo e disponibilidade em relação ao flap e à membrana amniótica.

Por ser xenoenxerto, ainda há risco de rejeição e opacificação e falta de padronização de lotes, esterilização e rastreabilidade. São necessários ensaios clínicos controlados com maior amostragem para validar segurança e transparência final.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. P. N. N. *et al.* Avaliação microscópica, estudo histoquímico e análise de propriedades tensiométricas da pele de tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Queimaduras**, v. 14, n. 3, p. 203-210, 2015.

ALVES, A. P. N. N. *et al.* **Análise comparativa da composição colágena da pele de tilápia**. Acta Cirúrgica Brasileira, v. 33, n. 4, p. 312-318, 2018.

ARAÚJO, L. A. *et al.* **Nile tilapia skin as a biomaterial: properties and applications.** Aquaculture Reports, v. 32, p. 101-115, 2023.

BARREIRA, M. A. *et al.* **Conservação de pele de tilápia em glicerol 98% e clorexidina.** Ciência Animal Brasileira, v. 23, e-71023, 2022.

BEDFORD, P. G. C.; JONES, G. Brachycephalic ocular syndrome. In: GELATT, K. N. (ed.). **Veterinary Ophthalmology.** 4. ed. Oxford: Blackwell, 2001. p. 456-459.

BERTOLINO, T. C. *et al.* **Membranas biológicas no reparo de úlceras de córnea em cães e gatos: estudo retrospectivo**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 74, n. 3, p. 512-520, 2022.

BISTNER, S. *et al.* **Manual de Oftalmologia Veterinária de Kirk**. São Paulo: Roca, 2013.

BORGARO, B. *et al.* **Complications associated with xenografts in veterinary ophthalmology**. Veterinary Ophthalmology, v. 25, n. 2, p. 89-97, 2022.

CARLOS, R. S. A. *et al.* Distrofias e degenerações corneanas em cães. **Revista Brasileira de Oftalmologia Veterinária**, v. 2, n. 1, p. 12-19, 2017.

CAVALCANTI, A. L. C.; PIMENTEL, L. A. Ceratoplastia lamelar com matriz dérmica acelular de tilápia em cães braquicefálicos. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária**, v. 21, n. 2, p. 34-42, 2023.

CHEN, Y. *et al.* **Safety and sterility of acellular fish skin grafts**. Biomaterials Science, v. 12, p. 1120-1131, 2024.

COSTA, F. W. A. *et al.* **Histomorphometry of Nile tilapia skin.** Pesquisa Veterinária Brasileira, v. 40, n. 5, p. 365-371, 2020.

CRISPIN, S. M. **Corneal disease in dogs.** In: PETERSEN-JONES, S.; CRISPIN, S. (ed.). BSAVA Manual of Small Animal Ophthalmology. 2nd ed. Gloucester: BSAVA, 2002. p. 134-154.

DULAURENT, T. *et al.* **Use of porcine small intestinal submucosa for corneal reconstruction in dogs and cats: 106 cases**. Veterinary Ophthalmology, v. 17, n. 4, p. 275-281, 2013.

EL BLIDI, S. *et al.* **Collagen-derived peptides and corneal wound healing**. Current Eye Research, v. 46, n. 5, p. 654-662, 2021.

ESPAÑA, E. M.; BIRK, D. E. Composition, structure and function of the corneal stroma. **Experimental Eye Research**, v. 198, p. 108137, 2020.

FANTONI, D. T.; CORTOPASSI, S. R. G. **Anestesia em Cães e Gatos.** 2. ed. São Paulo: Roca, 2009.

FANTONI, D. T.; MASTROCINQUE, S. **Anestesia na Clínica de Pequenos Animais**. São Paulo: Roca, 2005.

FARGHALI, H. A. M. *et al.* Evaluation of autologous platelet-rich plasma for corneal ulcers in dogs. **Journal of Applied Veterinary Sciences**, v. 6, n. 2, p. 15-22, 2021.

GALERA, P. D.; LAUS, J. L.; ORIÁ, A. P. **Afecções da córnea em pequenos animais: estudo retrospectivo.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 927-932, 2009.

GELATT, K. N. **Veterinary Ophthalmology.** 3. ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2003.

GELATT, K. N.; PLUMMER, C. E. **Color Atlas of Veterinary Ophthalmology.** 2. ed. Ames: Wiley Blackwell, 2017.

GELATT, K. N. *et al.* **Veterinary Ophthalmology.** 6. ed. Hoboken: Wiley Blackwell, 2021.

GENT, B. **Corneal pain and its management.** Veterinary Clinics: Small Animal Practice, v. 43, n. 2, p. 321-334, 2013.

GILGER, B. C. **Diseases and surgery of the canine cornea.** In: GELATT, K. N. (ed.). Veterinary Ophthalmology. 4. ed. Oxford: Blackwell, 2007. p. 690-735.

GONÇALVES, I. M. **Fibrina rica em plaquetas (PRF) no tratamento de úlceras de córnea em coelhos. 2022.** Tese (Doutorado em Cirurgia Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2022.

HERNANDEZ, R. D. **Protocolo de descelularização da pele de tilápia para obtenção de matriz extracelular.** 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

HINDLEY, K. E. *et al***. Clinical findings and outcomes of 100 dogs with corneal ulcers**. Veterinary Record, v. 179, n. 14, p. 355, 2016.

KERN, T. J. **Ulcerative keratitis**. Veterinary Clinics of North America, v. 20, n. 3, p. 643-666, 1990.

KIM, J. Y.; WON, H. J.; JEONG, S. W. Lagophthalmos and corneal ulcer in brachycephalic dogs. **Journal of Veterinary Clinics**, v. 26, n. 5, p. 456-459, 2009.

KÖNIG, H. E.; LIEBICH, H. G. **Anatomia dos Animais Domésticos: texto e atlas colorido**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

LIMA JÚNIOR, E. M. *et al.* Uso da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*), como curativo biológico oclusivo, no tratamento de queimaduras. **Revista Brasileira de Queimaduras**, v. 16, n. 1, p. 10-17, 2017. DOI: https://doi.org/10.5965/2177-1235/2017.

LIMA JÚNIOR, E. M. *et al.* **Nile tilapia fish skin: from waste to a new biomaterial for burn treatment.** Acta Cirurgica Brasileira, v. 34, n. 3, e201900307, 2019.

LIMA JÚNIOR, E. M. **Tecnologia de produção do curativo biológico de pele de tilápia.** 2020. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

LIMA JÚNIOR, E. M. *et al.* Tilapia skin processing: advances and challenges. **Journal of Biomaterials Applications**, v. 37, n. 8, p. 1345-1355, 2023.

LIMA-VERDE, M. E. Q. *et al.* **Aquicultura da tilápia no Brasil: panorama atual**. Acta Fish, v. 8, n. 2, p. 1-8, 2020.

LOBO, L. M. *et al.* **Epidemiologia das úlceras de córnea traumáticas em cães.** Acta Veterinaria Brasilica, v. 15, n. 1, p. 56-61, 2021.

MAGGS, D. J.; MILLER, P. E.; OFRI, R. **Slatter's Fundamentals of Veterinary** Ophthalmology. 6. ed. St. Louis: Elsevier, 2017.

MELO, M. *et al.* **Matriz dérmica acelular de pele de tilápia no tratamento de úlcera de córnea profunda em cães.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 74, n. 6, p. 1023-1030, 2022.

MELO, M. *et al.* **Uso da matriz dérmica de tilápia em gata com úlcera profunda.** Ciência Animal, v. 33, n. 1, p. 45-50, 2023.

MELO, M. *et al.* **Aplicações da membrana de tilápia em diferentes espécies na oftalmologia veterinária.** Veterinária e Zootecnia, v. 31, p. 1-12, 2024.

MELO, M. *et al.* **Uso de scaffold acelular de tilápia em úlcera de córnea em Amazona aestiva**. Pesquisa Veterinária Brasileira, v. 45, e07521, 2025.

MEZZADRI, T. *et al.* **Capsular xenografts for corneal repair.** Veterinary Surgery, v. 50, n. 3, p. 512-520, 2021.

MICHEL, F. *et al.* **Autologous lamellar keratoplasty in dogs: outcomes**. Veterinary Ophthalmology, v. 24, n. 4, p. 389-397, 2021.

MILLER, P. E. *et al.* **Corneal healing and growth factors**. Veterinary Ophthalmology, v. 20, n. 1, p. 45-52, 2017.

MIRANDA, M. J. B. *et al.* Caracterização microbiológica da pele de tilápia esterilizada. **Revista Brasileira de Queimaduras,** v. 17, n. 2, p. 88-93, 2018.

MIRANDA, M. J. B.; BRANDT, C. T. Nile tilapia skin as a xenograft for burn treatment. **Journal of Biomaterials,** v. 29, n. 12, p. 1234-1240, 2019.

MONTEIRO, G. B. *et al.* **Estudo epidemiológico das úlceras de córnea em cães atendidos em hospital universitário**. Pesquisa Veterinária Brasileira, v. 38, n. 8, p. 1598-1603, 2018.

MORAES FILHO, M. O. *et al.* Banco de pele de tilápia: histórico do NPDM-UFC. **Revista de Medicina da UFC,** v. 63, n. 1, p. 12-18, 2023.

NAUTSCHER, N. *et al.* **Corneal morphology and morphometry in domestic species: a comparative study**. Anatomia, Histologia, Embryologia, v. 45, n. 6, p. 444-451, 2016.

OLLIVIER, F. J. **Corneal ulcers in horses and small animals.** Clinical Techniques in Equine Practice, v. 2, n. 2, p. 122-127, 2003.

OLLIVIER, F. J. *et al.* **Matrix metalloproteinase-2 and -9 in canine and equine corneal ulcers**. Veterinary Ophthalmology, v. 10, n. 3, p. 162-167, 2007.

PEÑA, M. T.; LEIVA, M. **Claves clínicas para el diagnóstico y tratamiento de úlceras corneales en perro.** Clínica Veterinaria de Pequeños Animales, v. 32, n. 1, p. 15-28, 2012.

PERCHES, C. S. *et al.* **Atividade de metaloproteinases em úlceras de córnea**

em cães. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 64, n. 5, p. 1187-1194, 2012.

PIPPI, N. L.; SLATTER, D. R. **Afecções da córnea em cães.** In: SLATTER, D. (ed.). Fundamentos de Oftalmologia Veterinária. 3. ed. São Paulo: Roca, 2005. p. 321-352.

QUEIROZ, C. L. **Membranas de celulose bacteriana e policaprolactona para ceratoplastia lamelar experimental em coelhos.** 2012. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

RODRIGUES, K. F. *et al.* **Membrana de PBAT/TPS em ceratoplastia lamelar em cães com úlcera profunda.** Pesquisa Veterinária Brasileira, v. 44, e07389, 2024.

SOLCIA, F. C. *et al.* Técnica de flap conjuntival pediculado em cães: descrição e resultados. **Revista de Oftalmologia Veterinária**, v. 5, n. 2, p. 22-29, 2022.

SONG, Y. *et al.* Tilapia collagen promotes corneal epithelial wound healing. **Journal of Functional Biomaterials**, v. 10, n. 4, p. 52, 2019.

SOUZA, M. L. R. *et al.* Análise da pele de tilápia do Nilo. **Revista Unimar**, v. 19, n. 3, p. 891-897, 1997.

SRIDHAR, M. S. Anatomy of cornea and ocular surface. **Indian Journal of Ophthalmology,** v. 66, n. 2, p. 190-194, 2018.

SULLIVAN, L. *et al.* **Pseudomonas aeruginosa in melting corneal ulcers in dogs**. Veterinary Ophthalmology, v. 23, n. 5, p. 845-851, 2020.

TOLAR, E. L. *et al.* Evaluation of corticosteroid use in dogs with corneal ulcers. **Journal of the American Veterinary Medical Association,** v. 228, n. 5, p. 718-722, 2006.

TURNER, S. M. **Saunders Solutions in Veterinary Practice: Small Animal Ophthalmology.** Edinburgh: Saunders Elsevier, 2008.

VASCONCELOS, L. Núcleo da UFC recupera visão de mais de 400 cães e gatos com pele de tilápia. **Revista Pesquisa FAPESP,** São Paulo, n. 325, mar. 2023.

VYGANTAS, K. R.; WHITLEY, R. D. **Evaluation of freeze-dried porcine small intestinal submucosa as a xenograft for corneal repair in dogs.** Veterinary Ophthalmology, v. 6, n. 1, p. 39-44, 2003.

WHITLEY, R. D.; HAMOR, R. E. **Diseases and surgery of the canine cornea and sclera**. In: GELATT, K. N. *et al.* (ed.). Veterinary Ophthalmology. 6. ed. Hoboken: Wiley Blackwell, 2021. p. 1085-1165.

YOGO, T. *et al.* **Corneal wound healing: role of tear film and innervation.** Veterinary Ophthalmology, v. 19, Suppl. 1, p. 12-20, 2026.

ZIMBA, S. A. *et al.* **Evolução clínica da ceratoplastia com pele de tilápia glicerolizada em cão com perfuração corneana e prolapso de íris**. Clínica Veterinária, v. 29, n. 168, p. 48-55, 2024.