PELE DE TILÁPIA NO TRATAMENTO DE QUEIMADURAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA ACERCA DE PERSPECTIVAS E EFEITOS SOBRE A CICATRIZAÇÃO

DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.19334328
Recebido: 18/12/25 | ***Avaliado:*** 27/02/26 | ***Aceito:*** 04/03/26 | ***Publicado:*** 30/03/26

João Vitor Barcelos Lira
Graduando do curso de Biomedicina da Universidade Positivo.
E-mail: jbarceloslira87@gmail.com

Amanda Rikari Watanabe Pierin
Graduanda do curso de Biomedicina da Universidade Positivo.
E-mail: amandarikarii@gmail.com

Natália Kimie Matsubara
Biomédica, doutora em Farmacologia pela Universidade Federal de Santa Catarina.
Professora do curso de Biomedicina da Universidade Positivo.
E-mail: matsubara.natalia@gmail.com

RESUMO

As queimaduras representam um importante problema de saúde pública no Brasil, em razão da alta incidência, risco de complicações e elevado custo do tratamento. Nesse cenário, a pele de tilápia surge como alternativa terapêutica eficaz, acessível e com menor risco de infecção. Este trabalho teve como objetivo discutir o uso da pele de tilápia como enxerto biológico no tratamento de queimaduras, abordando aspectos celulares e fisiológicos. Este trabalho foi realizado por meio de uma revisão de literatura com caráter descritivo e exploratório, conduzida nas bases de dados eletrônicas Google Acadêmico, SciELO e PubMed entre o período de março a novembro de 2025, selecionando artigos publicados nos últimos 10 anos em português e inglês. Os resultados evidenciaram que esse biomaterial favorece a regeneração tecidual, reduz a dor, a perda de líquidos e proteínas e a necessidade de trocas frequentes de curativos. A pele de tilápia destaca-se como um biomaterial promissor devido à sua ampla disponibilidade, semelhança histológica com a pele humana e elevado teor de colágeno tipo I, conferindo propriedades de cicatrização, resistência mecânica e potencial de aplicação em diversas áreas da saúde, como queimaduras, cirurgias reconstrutivas, ginecologia e medicina veterinária. Os estudos sobre esse biomaterial ultrapassaram as fases pré-clínica e clínicas I, II e III, encontrando-se atualmente em fase de expansão de uso e desenvolvimento de novos produtos. Entretanto, para a consolidação dos novos produtos, existe a necessidade de estudos de longo prazo e maior porte. Assim, concluiu-se que a pele de tilápia como enxerto biológico é uma alternativa segura, viável e de baixo custo para o tratamento de queimaduras, promovendo cicatrização mais rápida com menores níveis de dor e menos trocas de curativos quando comparada com alternativas convencionais. Além disso, possui um custo mais acessível, com potencial de ampliação do uso hospitalar e implementação em redes de saúde pública.

Palavras-chave: Biomembrana. Queimaduras. Regeneração tecidual. Enxerto biológico.

ABSTRACT

Burn injuries represent a significant public health issue in Brazil due to their high incidence, risk of complications, and the elevated treatment costs. In this context, tilapia skin has emerged as an effective and accessible therapeutic alternative with a reduced risk of infection. This study aimed to discuss the use of tilapia skin as a biological graft for the treatment of burns, focusing on histological, microbiological, and physiological aspects. The study used a descriptive and exploratory literature review, conducted in the electronic databases Google Scholar, SciELO, and PubMed between March and November 2025, selecting articles published in the last 10 years in Portuguese and English. The results showed that this biomaterial promotes tissue regeneration, reduces pain, fluid and protein loss, and decreases the need for frequent dressing changes. Tilapia skin stands out as a promising biomaterial due to its wide availability, histological similarity to human skin, and high type I collagen content, which provides healing properties, mechanical resistance, and potential applications in several health areas, such as burn management, reconstructive surgeries, gynecology, and veterinary medicine. Studies on this biomaterial have already progressed beyond the preclinical and clinical phases I, II, and III, and clinical trials are currently in the stage of expanded use and the development of new products. However, further large-scale and long-term studies are still required to consolidate these emerging applications. Thus, tilapia skin as a biological graft is a safe, viable, and low-cost alternative for the treatment of burns, promoting faster healing with lower pain levels and fewer dressing changes than conventional alternatives. Furthermore, its lower cost suggests potential for broader hospital adoption and implementation within public healthcare systems.

Keywords: Biomembrane. Burns. Tissue regeneration. Biological graft.

RESUMEN

Las quemaduras representan un importante problema de salud pública en Brasil, debido a la alta incidencia, riesgo de complicaciones y alto costo del tratamiento. En este escenario, la piel de tilapia surge como una alternativa terapéutica eficaz, accesible y con menor riesgo de infección. Este trabajo tuvo como objetivo discutir el uso de piel de tilapia como injerto biológico en el tratamiento de quemaduras, abordando aspectos celulares y fisiológicos. Este trabajo se realizó a través de una revisión de la literatura de carácter descriptivo y exploratorio, realizada en las bases de datos electrónicas Google Scholar, SciELO y PubMed entre marzo y noviembre de 2025, seleccionando artículos publicados en los últimos 10 años en portugués e inglés. Los resultados demostraron que este biomaterial favorece la regeneración de tejidos, reduce el dolor, la pérdida de líquidos y proteínas y la necesidad de cambios frecuentes de apósito. La piel de tilapia se destaca como un biomaterial prometedor por su amplia disponibilidad, similitud histológica con la piel humana y alto contenido de colágeno tipo I, aportando propiedades cicatrizantes, resistencia mecánica y potencial de aplicación en diversas áreas de la salud, como quemaduras, cirugía reconstructiva, ginecología y medicina veterinaria. Los estudios sobre este biomaterial han superado las fases preclínicas y clínicas I, II y III, y actualmente se encuentran en fase de ampliación de uso y desarrollo de nuevos productos. Sin embargo, para la consolidación de nuevos productos, se necesitan estudios más amplios y a más largo plazo. Así, se concluyó que la piel de tilapia como injerto biológico es una alternativa segura, viable y de bajo costo para el tratamiento de quemaduras, promoviendo una curación más rápida con menores niveles de dolor y menores cambios de apósito en comparación con las alternativas convencionales. Además, tiene un costo más asequible, con potencial de ampliar su uso hospitalario y su implementación en las redes de salud pública.

Palabras-clave: Biomembrana. Quemaduras. Regeneración de tejidos. injerto biológico

1 INTRODUÇÃO

A pele é o maior órgão do corpo humano, desempenhando funções vitais como a proteção contra agentes externos, a regulação da temperatura corporal e a prevenção da perda excessiva de água e nutrientes. Sua integridade é fundamental para a manutenção da homeostase e para o equilíbrio das funções fisiológicas do organismo, atuando simultaneamente como barreira física, reguladora térmica e componente imunológico (MCKNIGHT *et al*., 2022)**.**

Quando ocorre uma lesão que compromete suas camadas, como no caso das queimaduras (especialmente de segundo e terceiro graus), há uma ruptura significativa dessa barreira protetora e um comprometimento direto de suas funções essenciais. Esse dano desencadeia processos inflamatórios intensos, favorece a perda de fluidos e aumenta a suscetibilidade a infecções, além de dificultar de maneira substancial a regeneração tecidual (KORKMAZ *et al*., 2023)**.**

As queimaduras são o quarto tipo mais comum de trauma e umas das principais causas de morbidade no mundo, com destaque para sequelas funcionais, deformidades estéticas e impactos psicossociais significativos. No Brasil, as queimaduras acometem cerca de um milhão de pessoas por ano, e levou a óbito 19.772 pessoas entre 2015 e 2020. A principal causa de óbito nesses casos é a infecção, que pode evoluir para sepse, além das repercussões sistêmicas que comprometem diversos órgãos e sistemas. Dessa forma, uma abordagem inicial adequada é fundamental para melhorar o prognóstico em curto e longo prazo (BRASIL, 2022; KORKMAZ *et al*., 2023; WHO, 2023).

Os curativos convencionais com pomada de sulfadiazina de prata a 1% exigem trocas frequentes no tratamento de queimaduras, o que pode resultar em custos elevados e acesso limitado, especialmente em contextos de recursos escassos, como no Sistema Único de Saúde (SUS) brasileiro. Além disso, esses curativos podem apresentar desafios relacionados à dor durante a troca e ao risco de infecção devido à exposição da ferida. Ainda, o custo total do tratamento com curativos convencionais pode ser significativo, considerando materiais, tempo de enfermagem e recursos hospitalares (MELO; LIMA, 2017; RADZIKOWSKA-BUCHNER *et al*., 2023).

Diante da necessidade de alternativas terapêuticas mais viáveis que os curativos convencionais, a utilização da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) como xenoenxerto vem ganhando destaque. Este biomaterial apresenta características favoráveis à regeneração tecidual, como elevada concentração de colágeno tipo I, umidade adequada e resistência mecânica. Além disso, ensaios clínicos de fases II e III e revisões sistemáticas apontam que a

pele de tilápia pode reduzir a dor, acelerar o processo cicatricial e diminuir o número de trocas de curativos, o que representa um avanço significativo no cuidado com pacientes queimados (ALVEs *et al*., 2015; MIRANDA; BRANDT, 2019; LIMA JÚNIOR *et al*., 2021; MORAES *et al*., 2024).

Embora estudos tenham demonstrado a eficácia da pele de tilápia no tratamento de queimaduras, ainda se faz necessário correlacionar os mecanismos celulares envolvidos na regeneração tecidual com os desfechos clínicos observados. Além disso, os avanços mais recentes, como o desenvolvimento de *scaffolds* e formas liofilizadas do biomaterial e novas aplicações em medicina regenerativa ainda não foram amplamente explorados. Nesse contexto, torna-se pertinente uma revisão que consolide esses achados e discuta as perspectivas futuras e os desafios para implementação em larga escala.

Assim, este estudo teve como objetivo compreender o uso da pele de tilápia como enxerto biológico e discutir seus benefícios em comparação às alternativas terapêuticas existentes, buscando fornecer embasamento teórico para futuras aplicações clínicas e investigações científicas.

2 **METODOLOGIA**

Este trabalho foi realizado por meio de uma revisão de literatura com caráter descritivo e exploratório, com o objetivo de compilar e analisar estudos relevantes sobre o uso de enxertos biológicos na regeneração da pele de pacientes com queimaduras. A busca das referências foi realizada entre o período de 8 de março a 30 de novembro de 2025. A pesquisa foi conduzida nas bases de dados eletrônicas Google Acadêmico, SciELO e PubMed.

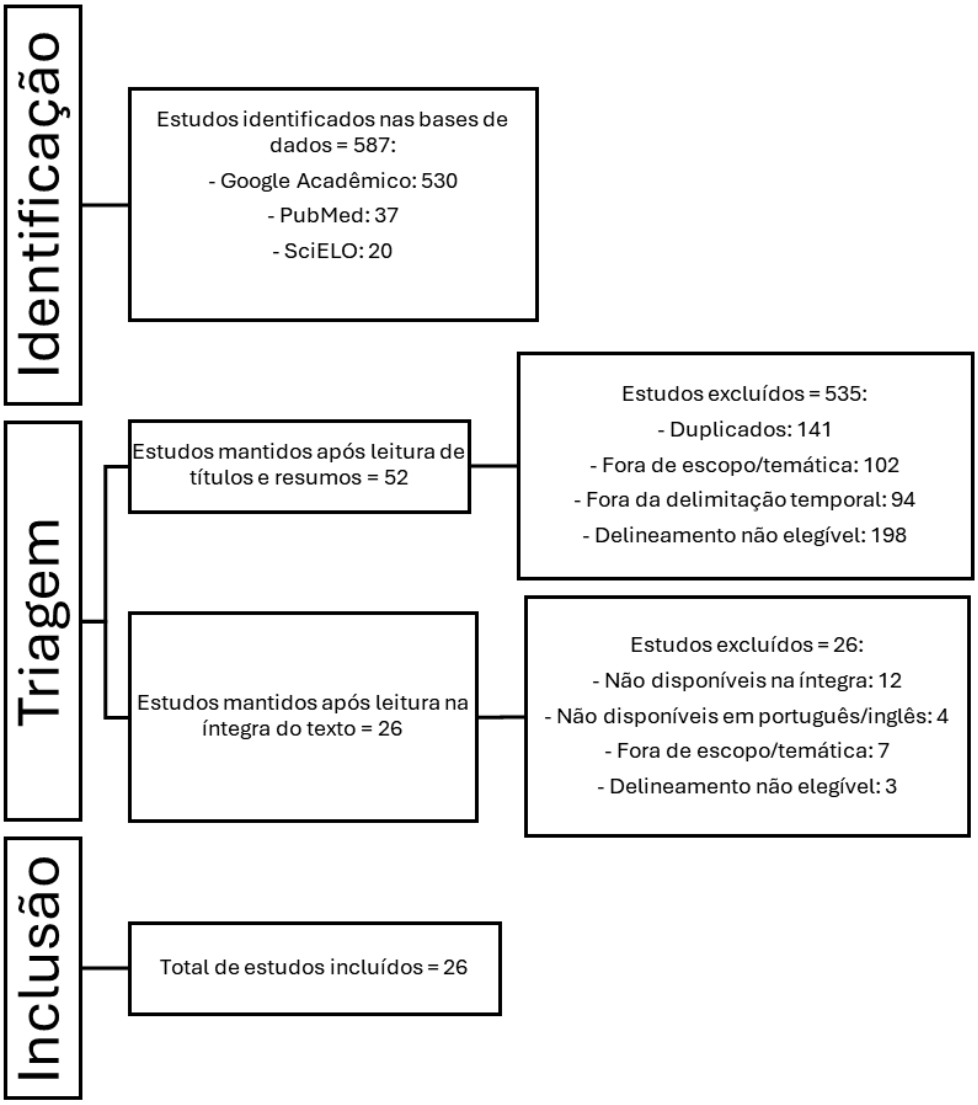
Os termos de busca incluíram combinações das seguintes palavras-chave: “pele de tilápia”, “queimadura”, “enxerto biológico”, “regeneração tecidual”, “xenotransplante”, “biomateriais” e “tratamento alternativo”, nas linguagens inglês e português, utilizando-se dos operadores Booleanos AND e OR. A pesquisa eletrônica foi posteriormente complementada por uma pesquisa manual das referências dos artigos incluídos, conforme os critérios de elegibilidade.

Os critérios de inclusão abrangeram artigos originais com delineamento quantitativo e qualitativo, estudos de caso, publicações entre 2015 e 2025 e estudos que abordassem o tema direta ou indiretamente, a fim de garantir que a revisão incluísse os estudos e avanços mais recentes. Foram excluídas cartas ao editor, editoriais, comentários científicos, literatura

cinzenta (artigos trabalhos de conclusão de curso, monografias, dissertações e teses não publicados em periódicos indexados), além de artigos em duplicidade entre as bases de dados, fora da temática e que não estivessem disponíveis na íntegra em português ou inglês.

Para a seleção dos artigos, dois autores independentes realizaram a leitura dos títulos e resumos para possível inclusão. Após essa análise, foi realizada a leitura integral do texto potencialmente elegível pelos autores para assegurar os critérios de elegibilidade pré-estabelecidos. Um terceiro autor resolveu todas as discordâncias encontradas entre os dois autores. O processo de seleção está descrito no fluxograma apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma da seleção de estudos



Fonte: Elaboração própria (2025).

A extração e análise dos dados foi conduzida por meio de síntese narrativa estruturada, organizada nas seguintes categorias: fisiopatologia das queimaduras e regeneração tecidual; tratamentos disponíveis para queimaduras; aplicações da pele de tilápia em medicina regenerativa; novas tecnologias desenvolvidas a partir da pele de tilápia. Essa categorização permitiu integrar os achados sob perspectiva comparativa e crítica.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 MECANISMOS FISIOPATOLÓGICOS DAS QUEIMADURAS E REGENERAÇÃO TECIDUAL

A pele é o maior órgão do corpo humano, representando cerca de 16% do peso corporal total. Sua estrutura é composta por três camadas principais: epiderme, derme e hipoderme, que desempenham funções fundamentais na proteção, regulação térmica, percepção sensorial e homeostase (MCKNIGHT *et al*., 2022; RADZIKOWSKA-BUCHNER *et al*., 2023).

A epiderme é a camada mais externa e não vascularizada, formada principalmente por queratinócitos dispostos em camadas, que se renovam continuamente através do processo de queratinização. Ela atua como barreira física e imunológica, prevenindo a perda de água e a entrada de microrganismos. A derme, situada abaixo da epiderme, é uma matriz complexa rica em colágeno (especialmente os tipos I e III), elastina, vasos sanguíneos, terminações nervosas, folículos pilosos e glândulas sudoríparas e sebáceas, dividida em camada papilar (superficial, frouxa) e reticular (profunda, densa). O colágeno tipo I é responsável pela resistência do tecido, enquanto o tipo III forma fibrilas e participa da ancoragem da epiderme à derme (ALVES *et al*., 2015; MCKNIGHT *et al*., 2022; MIJALKICA *et al*., 2024).

Já a hipoderme ou tecido subcutâneo, é composta majoritariamente por tecido adiposo, responsável pela reserva energética, isolamento térmico e proteção mecânica. A pele possui alta capacidade regenerativa, mas quando a lesão ultrapassa o nível de derme reticular, sua capacidade regenerativa é reduzida (MCKNIGHT *et al*., 2022; MIJALKICA *et al*., 2024).

As queimaduras são definidas pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como lesões traumáticas resultantes, em sua maioria, da exposição a agentes térmicos, podendo também ser provocadas por agentes químicos, elétricos ou radioativos. Elas podem ser resultantes da ação direta ou indireta do calor sobre o organismo humano e, apesar dos avanços no tratamento como o desbridamento precoce e o uso de substitutos biológicos da pele, ainda representam

importante causa de mortalidade (WHO, 2023).

As queimaduras possuem distintos níveis de severidade, podendo depender das características do paciente (idade, comorbidades), tamanho da área afetada e duração da exposição, sendo classificadas conforme sua profundidade. Queimaduras de primeiro grau afetam apenas a epiderme, enquanto as de segundo grau superficial atingem a derme papilar e podem cicatrizar espontaneamente. Já as de segundo grau profundo e terceiro grau comprometem extensivamente a derme reticular e hipoderme, exigindo intervenções terapêuticas, como enxertos e curativos biológicos (RADZIKOWSKA-BUCHNER *et al*., 2023; WARBY; MAANI, 2023).

Em casos de queimadura, a integridade das camadas da pele é comprometida, desencadeando uma resposta inflamatória imediata, cujo objetivo é conter os danos, remover tecidos necróticos e iniciar o processo de regeneração. O reparo tecidual após lesões térmicas ocorre em três fases interdependentes: inflamatória, proliferativa e de remodelação (KORKMAZ *et al*., 2023; RADZIKOWSKA-BUCHNER *et al*., 2023; WARBY; MAANI, 2023).

A fase inflamatória, que se estende pelas primeiras 48 a 72 horas, caracteriza-se por coagulação, vasodilatação e aumento da permeabilidade vascular, permitindo a migração de leucócitos, como neutrófilos e monócitos, para o local da lesão. O tecido lesionado se torna necrótico, liberando padrões moleculares associados ao dano (DAMPs) que, juntamente com padrões moleculares associados à patógenos (PAMPs) derivados de microrganismos que infectaram a lesão, levam à liberação de mediadores inflamatórios (KORKMAZ *et al*., 2023).

Essa liberação de mediadores locais leva à ativação dos leucócitos residentes, os quais fagocitam detritos celulares e microrganismos, além de liberar mais mediadores inflamatórios, como interleucinas 1 (IL-1) e 6 (IL-6) e fator de necrose tumoral alfa (TNF-α), fundamentais para a transição para a fase seguinte. Entretanto, o aumento da permeabilidade vascular nesse estágio pode contribuir para a desidratação (KORKMAZ *et al*., 2023).

Durante a fase proliferativa, observa-se a proliferação de fibroblastos, queratinócitos e células endoteliais. Os macrófagos responsáveis pela liberação de citocinas pró-inflamatórias também liberam fatores de crescimento, como fator de crescimento de fibroblastos (FGF), fator de crescimento derivado de plaquetas (PDGF) e fator de crescimento endotelial vascular (VEGF), responsáveis pela proliferação e diferenciação das células citadas. Os fibroblastos produzem colágeno tipo III e matriz extracelular, enquanto os queratinócitos promovem a reepitelização e os vasos sanguíneos se reorganizam por meio da angiogênese. Essa fase é crucial para a formação do tecido de granulação e fechamento da ferida (LAROUCHE *et al*.,

2018; RADZIKOWSKA-BUCHNER *et al*., 2023).

Na fase de remodelação, que pode durar semanas a meses, ocorre a substituição do colágeno tipo III por colágeno tipo I (mais resistente), além da reorganização da matriz extracelular e diminuição da vascularização. Durante esta fase, macrófagos antifibróticos liberam metaloproteinases de matriz (MMP) para degradação da matriz extracelular e estimulam a produção de colágeno tipo VIII para a integridade da matriz. Esse processo aumenta a resistência mecânica da pele regenerada, embora raramente ela recupere completamente as propriedades originais, podendo gerar uma cicatriz do tipo hipertrófica, a qual causa contraturas (LAROUCHE *et al*., 2018; RADZIKOWSKA-BUCHNER *et al*., 2023).

3.2 TRATAMENTO DE QUEIMADURAS

O tratamento inicial de pacientes queimados ocorre através da estabilização dos sinais vitais e administração de fluidos de ressuscitação pela via intravenosa em casos de hipovolemia para evitar o choque hipovolêmico. Nas primeiras 72 horas, pode ocorrer um estado de hipotermia, seguido de hipertermia por reação hipermetabólica, os quais precisam ser estabilizados com uma temperatura corporal de pelo menos 36 ºC, segundo a Sociedade Internacional para Queimaduras (ISBI). O tratamento de queimaduras inclui medidas conservativas, limpeza e proteção da ferida, procedimentos cirúrgicos para excisão tecidual e enxertos teciduais em casos de lesões extensas (ISBI PRACTICE GUIDELINES COMMITTEE, 2018; RADZIKOWSKA-BUCHNER *et al*., 2023).

A escarotomia pode ser necessária devido à pressão e edema causados nos tecidos circunferenciais, sendo recomendada pela OMS que seja realizada nas primeiras 48 horas para evitar complicações sépticas e restaurar a circulação sanguínea, evitando necrose. O processo de desbridamento também é essencial para remoção do tecido morto pela queimadura, estimulando a cicatrização, assegurando um ambiente limpo e reduzindo o risco de infecções se realizados nas primeiras 48 horas. Além disso, o uso de medicações tópicas, como a pomada de sulfadiazina de prata a 1%, é recomendado para evitar contaminações e infecções (RADZIKOWSKA-BUCHNER *et al*., 2023; WHO, 2023)

Curativos sintéticos, como membranas de poliuretano, celulose bacteriana ou hidrofibra com prata, também são usados, mas não fornecem substrato biológico para regeneração tecidual e apresentam custo elevado. A escolha do tipo de enxerto deve considerar profundidade e extensão da queimadura, condições clínicas do paciente e disponibilidade de materiais

(RADZIKOWSKA-BUCHNER *et al*., 2023).

Os enxertos biológicos utilizados no tratamento de queimaduras podem ser classificados como autólogos, alógenos e xenógenos. Atualmente, os autólogos são considerados padrão ouro no tratamento, visto que são provenientes do próprio paciente e não causam rejeição imunológica. Porém, são limitados pela área doadora, causam dor e necessitam de tratamentos adicionais. Quando não há a possibilidade de uso de tecidos autólogos, podem ser utilizados enxertos alógenos, os quais são provenientes de outro humano ou cadáveres, mas dependem de bancos de tecidos e podem apresentar riscos imunológicos e transmissão de patógenos, além de rejeição (RADZIKOWSKA-BUCHNER *et al*., 2023).

Já os enxertos do tipo xenógenos incluem tecidos de outras espécies, como a suína ou bovina. Atualmente, estudos vêm sendo realizados com pele de peixe como alternativa, demonstrando resultados promissores em comparação à suína. A pele de peixe é rica em colágeno do tipo I e III, fibrina, proteoglicanos e outras substâncias essenciais para a cicatrização, com menor risco de contaminação humana por doenças. As principais espécies de peixes utilizadas atualmente são a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) ou o bacalhau do Atlântico (*Gadus morhua*), e estes xenoenxertos são aprovados pela *Food and Drug Administration* (FDA) desde 2013 nos Estados Unidos (STONE *et al*., 2021, YOON *et al*., 2022; KOTKOT *et al*., 2022).

4 RESULTADOS, LIMITAÇÕES E TENDÊNCIAS FUTURAS

4.1 PELE DE TILÁPIA COMO ENXERTO BIOLÓGICO EM QUEIMADURAS

A pele de tilápia tem se consolidado como alternativa viável com respaldo científico crescente. Em comparação com a pele suína tradicional, a pele de tilápia demonstrou maior elasticidade, melhor adaptação ao leito da ferida, menor tempo de reepitelização e maior conforto ao paciente, atribuídos à organização tridimensional das fibras colagênicas e à composição bioquímica. Além disso, ela representa uma alternativa sustentável e de baixo custo de produção, aproveitando resíduos da aquicultura de um animal amplamente difundido no Brasil (MIRANDA; BRANDT, 2019; LIMA JÚNIOR *et al.,* 2021; LUZE *et al*., 2022).

O uso de pele de tilápia para cobertura de queimaduras de espessura parcial apresenta destaque no Brasil devido à eficácia e segurança comprovada. Estudos brasileiros demonstraram que a pele de tilápia, aplicada em pacientes com queimaduras de segundo grau superficial e profunda, proporciona cicatrização em torno de 10 a 11 dias e 21 dias

(respectivamente), similar ao uso de sulfadiazina de prata 1%, porém exigindo menos trocas de curativo e promovendo redução da dor (LIMA JÚNIOR *et al*., 2020a; LIMA JÚNIOR *et al*., 2021).

Diferentemente dos aloenxertos humanos e xenoenxertos de porco, a pele de tilápia tem estoque amplo, menor custo e risco reduzido de rejeição. Estudos clínicos confirmam sua equivalência em eficácia e superioridade em relação ao custo-benefício. No estudo de Miranda e Brandt (2019) com 15 pacientes acometidos por queimaduras, 86,7 % relataram alívio significativo da dor após a aplicação da pele de tilápia, comparado a 46,7 % no grupo tratado com o curativo à base de hidrofibra com prata. Já, no estudo de Lima Júnior *et al.* (2021), os 57 pacientes queimados que utilizaram a pele de tilápia, além de relatarem menor nível de dor comparado ao uso da pomada de sulfadiazina de prata 1%, apresentaram uma redução de custo final com tratamento de cerca de 42% por paciente, reforçando seu uso promissor dentro das redes de saúde pública.

A pele de tilápia é rica em colágeno tipo I, estruturalmente semelhante àquela localizada na derme humana, além de possuir propriedades biocompatíveis e antimicrobianas, com padrões de epitelização eficientes e menor formação de crostas e exsudato. Ademais, a pele de tilápia apresenta resistência e elasticidade superiores à pele humana, promove maior retenção de umidade na ferida, melhor adesão ao leito da lesão e menor necessidade de trocas de curativo, acelerando a cicatrização e reduzindo a perda de água e a dor (ALVES *et al*., 2015; MIranda; BRANDT, 2019; QIANQUIAN *et al*., 2021; MARTINS *et al*., 2023).

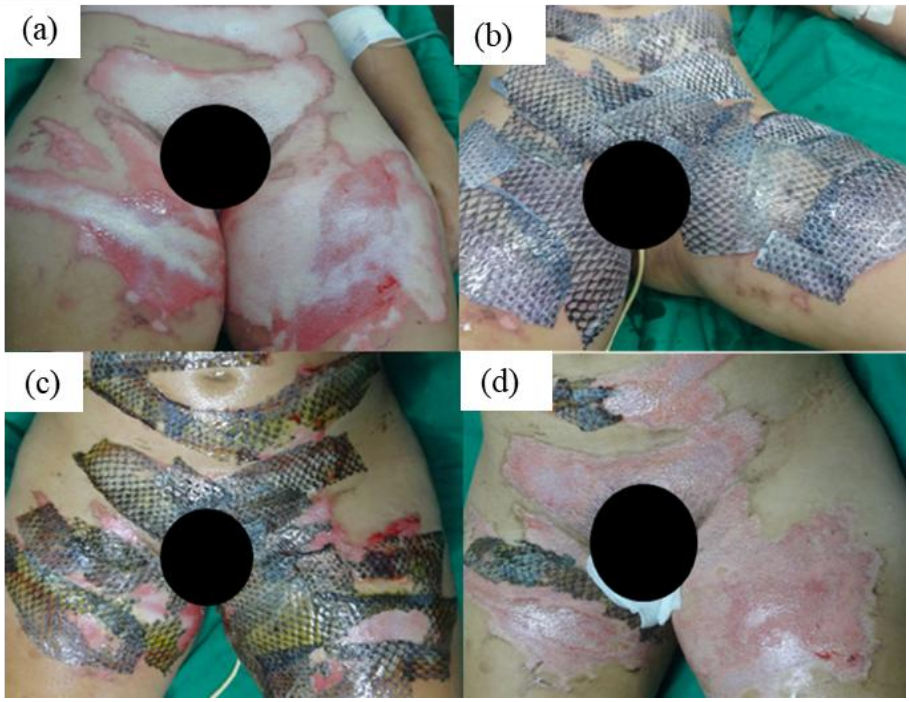
Outros mecanismos também estão envolvidos na recuperação tecidual, como a liberação de fatores de crescimento e moléculas bioativas, como prolina e alanina. Um estudo observou que o extrato de gelatina e fucoidan da pele de tilápia demonstrou propriedades antioxidantes, antibacterianas e hemostáticas, promovendo a expressão de VEGF, molécula de adesão celular endotelial plaquetária-1 (CD31) e alfa actina de músculo liso (α-SMA), aumentando a deposição de colágeno na lesão e reduzindo a resposta inflamatória. O colágeno também estimula a ativação de macrófagos, induzindo fatores de crescimento e proliferação de fibroblastos, além da angiogênese via VEGF (ELBIALY *et al*., 2020; QIANQUIAN *et al*., 2021; LU *et al*., 2022).

O processamento desse material como xenoenxerto inclui descontaminação em solução salina 0,9 % com clorexidina, esterilização química e por radiação gama, além de rigoroso protocolo de sobreposição das lâminas para prevenir contaminações e conservação com glicerol. A pele de tilápia liofilizada passa por processo de desidratação a baixas temperaturas

e é embalada a vácuo, podendo ser mantida em temperatura ambiente, assegurando estabilidade por até dois anos e reduzindo o risco de contaminações e dores na aplicação. Para sua aplicação, é necessária a higienização rigorosa do leito, lavagem da pele em glicerol com solução fisiológica 0,9% ou hidratação, no caso da pele liofilizada, aposição em telha com sobreposição de bordas e curativo secundário com bandagens (LIMA JÚNIOR *et al*., 2019; LIMA JÚNIOR *et al*., 2020b; LIMA JÚNIOR *et al*., 2023).

Antes da aplicação da pele de tilápia, ocorre a remoção do tecido necrótico e limpeza da lesão com água e gluconato de clorexidina 2%, com o paciente sob anestesia e analgesia (Figura 2a). A aplicação ocorre com adequações ao contorno da área queimada (Figura 2b) e subsequente cobertura com gaze e ataduras. A aderência à pele ocorre em aproximadamente 48 horas, mas sem garantia de adesão total, podendo ser necessária novas aplicações (Figura 2c). A remoção espontânea ou assistida (com vaselina) é realizada ao final da epitelização, expondo uma pele cicatrizada (Figura 2d) (LIMA JÚNIOR *et al*., 2020b).

Figura 2 - Aspecto da queimadura de segundo grau após limpeza e remoção de tecido necrótico, antes da aplicação da pele de tilápia (a). Após a aplicação da pele de tilápia (b), a área recebe cobertura com gaze e atadura. Após quatro dias de aplicação, áreas sem adesão total podem ficar expostas, sendo necessária nova aplicação da pele de tilápia (c). Décimo quarto dia, evidenciando cicatrização da área e remoção da pele de tilápia (d)



Fonte: Adaptado de Lima Júnior *et al*., 2020b.

Embora promissora, a adoção em larga escala no SUS exige mais estudos sobre riscos de longo prazo e padronização de protocolos. Apesar de revisões sistemáticas terem corroborado os resultados promissores, ensaios clínicos de maior porte são necessários para consolidação do método e comparação com outros métodos de tratamentos modernos (LUZE *et al*., 2022; MORAES *et al*., 2024; ZIMBA *et al*., 2024).

Ainda, é necessário interpretar esses achados com cautela, já que os ensaios clínicos realizados apresentam amostras relativamente pequenas e foram conduzidos em centros únicos, o que pode limitar a generalização dos resultados. Outro aspecto relevante refere-se à implementação em larga escala, especialmente em regiões com limitações estruturais, onde a logística de armazenamento, transporte e capacitação da equipe multiprofissional pode representar um desafio adicional. Portanto, embora o biomaterial já tenha ultrapassado fases clínicas importantes, ensaios multicêntricos de longo prazo devem ser realizados para confirmar sua eficácia e segurança em diferentes populações.

4.2 APLICAÇÕES DA PELE DE TILÁPIA NA MEDICINA REGENERATIVA

O uso da pele de tilápia se ancora na disponibilidade do insumo, na semelhança histológica com a pele humana e no elevado teor de colágeno tipo I, conferindo propriedades de cicatrização, resistência mecânica e potencial de aplicação em diferentes áreas da saúde, incluindo queimaduras, cirurgia reconstrutiva, ginecologia e medicina veterinária. Os estudos para viabilização do uso da pele de tilápia no Brasil passaram pela fase pré-clínica, fases I, II e III e atualmente encontra-se em fase de expansão de uso (LIMA JÚNIOR *et al.,* 2023).

Durante a fase III dos estudos, ocorreu o desenvolvimento de novos produtos, incluindo pele de tilápia liofilizada, matriz proteica acelular (*scaffold*) e extração de colágeno hidrolisado para uso em produtos farmacêuticos, com ampliação das indicações clínicas. A partir de 2019, o uso da pele liofilizada começou a ser aplicado em queimaduras, vaginoplastias, redesignação sexual, preparo de leito em síndrome de Apert e aplicações veterinárias em cães e equinos (LIMA JUNIOR *et al*., 2023).

Os *scaffolds* são derivados de tecidos naturais que passaram por um processo de descelularização (remoção DNA/RNA, lipídios e outros componentes celulares), de modo a manter a estrutura da matriz extracelular que oferece suporte para crescimento e regeneração tecidual. A sua propriedade porosa permite um melhor transporte de nutrientes e oxigênio para a lesão, além de ser rica em ômega-3, a qual também parece estar envolvida em processos de

cicatrização. O *scaffold* foi desenvolvido para uso interno, com biocompatibilidade demonstrada *in vitro* e *in vivo*, além de aplicações oftalmológicas e neurocirúrgicas em animais (YOON *et al*., 2022; LIU *et al*., 2022; CHEN *et al*., 2024; MELO *et al.*, 2024; ZIMBA *et al*., 2024).

O relato de caso de Melo *et al.* (2024) descreve a aplicação do *scaffold* como alternativa para a recuperação da visão de um cão da raça Shih-tzu, que havia perdido a transparência corneana após agravamento de glaucoma em um olho previamente tratado com flap conjuntival pediculado. O *scaffold* foi implantado por meio de ceratoplastia após a remoção do antigo enxerto. Os resultados foram positivos, com restauração da transparência corneana e retorno da capacidade visual do animal em torno de 120 dias. O caso reforça o potencial da pele de tilápia como biomaterial eficaz na regeneração corneana.

Estudos comparativos com padrões internacionais consolidados, análises biomecânicas detalhadas e avaliações econômicas prospectivas são essenciais. Apesar do avanço tecnológico, o *scaffold* dérmico produzido a partir da pele de tilápia ainda requer ensaios clínicos em humanos para comprovação definitiva de eficácia e segurança, bem como padronização regulatória nacional e internacional. Embora o processamento da pele de tilápia inclua protocolos rigorosos de esterilização e descelularização, o risco de resposta imunológica ou contaminação biológica não pode ser completamente descartado, exigindo controle de qualidade rigoroso e rastreabilidade adequada. Para viabilizar sua adoção em larga escala, a produção industrial deve garantir rastreabilidade completa, métodos eficazes de esterilização, uniformidade estrutural entre lotes e manutenção adequada da cadeia fria, quando necessária (CHEN *et al*., 2024; ZIMBA *et al*., 2024).

Atualmente, a pele de tilápia só pode ser utilizada para fins de pesquisa no Brasil. Porém, em 2025, a Universidade Federal do Ceará divulgou uma chamada para cadastro de empresas interessadas em obter o xenoenxerto voltado ao tratamento de lesões, e posteriormente deverá ser realizado o registro pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) para comercialização do material. Portanto, seu uso deve ser expandido para tratamentos de lesões tanto no Brasil quanto no exterior, se tornando uma alternativa promissora principalmente para o SUS e para países com escassez de recursos (SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUEIMADURAS, 2025).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão de literatura demonstrou que a pele de tilápia representa uma alternativa biológica e promissora no tratamento de queimaduras, com evidências de redução da dor, menor necessidade de trocas de curativos e boa integração ao leito da lesão. Sua disponibilidade e custo acessível tornam-na uma alternativa viável aos métodos convencionais, principalmente em contextos de saúde pública. Entretanto, os estudos apresentam amostras reduzidas e delineamentos unicêntricos, sendo necessária cautela para sua generalização. Assim, recomenda-se a realização de ensaios clínicos multicêntricos e de longo prazo para sua ampliação clínica como alternativa complementar com potencial de integração aos protocolos atuais.

REFERÊNCIAS

ALVES, Ana Paula Negreiros Nunes *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.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Boletim epidemiológico. Óbitos por queimaduras no Brasil**: análise inicial dos dados do Sistema de Informações sobre Mortalidade, 2015 a 2020. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/edicoes/2022/boletim-epidemiologico-vol-53-no47. Acesso em: 30 nov. 2025.

CHEN, Cuixia *et al.* Enzymatic functionalization of decellularized tilapia skin scaffolds with enhanced skin regeneration. **Soft Matter**, v. 20, n. 16, p. 3508-3519, 2024.

ELBIALY, Zizy I. *et al.* Collagen extract obtained from Nile tilapia (Oreochromis niloticus L.) skin accelerates wound healing in rat model via up regulating VEGF, bFGF, and α-SMA genes expression. **BMC Veterinary Research**, v. 16, n. 1, p. 352, 2020.

ISBI PRACTICE GUIDELINES COMMITTEE. ISBI practice guidelines for burn care, part 2. **Burns: Journal of the International Society for Burn Injuries**, v. 44, n. 7, p. 1617-1706, 2018.

KORKMAZ, H. Ibrahim *et al.* The complexity of the post-burn immune response: An overview of the associated local and systemic complications. **Cells (Basel, Switzerland)**, v. 12, n. 3, p. 345, 2023.

KOTKOT, Adel *et al.* Fish skin as a biological dressing for burn injuries. **Journal of Emergency Medicine Trauma and Acute Care**, v. 2022, n. 4, 2022.

LAROUCHE, Jacqueline *et al.* Immune regulation of skin wound healing: Mechanisms and novel therapeutic targets. **Advances in wound care**, v. 7, n. 7, p. 209–231, 2018.
LIMA JÚNIOR, Edmar Maciel *et al*. Elaboration, development, and installation of the first animal skin bank in Brazil for the treatment of burns and wounds. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica**, v. 34, n. 3, p. 349-354, 2019.

_____. Innovative burn treatment using Tilapia skin as a xenograft: A phase II randomized controlled trial. **Journal of Burn Care & Research: Official Publication of the American Burn Association**, v. 41, n. 3, p. 585–592, 2020a.

_____. Treatment of deep second-degree burns on the abdomen, thighs, and genitalia: use of tilapia skin as a xenograft. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica**, v. 35, n. 2, p. 243–248, 2020b.

_____. Nile Tilapia fish skin-based wound dressing improves pain and treatment-related costs of superficial partial-thickness burns: A phase III randomized controlled trial. **Plastic and reconstructive surgery**, v. 147, n. 5, p. 1189-1198, 2021.

_____. Linha do tempo da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) na medicina regenerativa moderna: da bancada ao paciente. **Revista Brasileira de Queimaduras**, v. 22, n. 2, 2023.

LIU, Zhe *et al.* Decellularized tilapia fish skin: A novel candidate for tendon tissue engineering. **Materials Today. Bio**, v. 17, n. 100488, p. 100488, 2022.

LU, Yapeng *et al.* A fucoidan-gelatin wound dressing accelerates wound healing by enhancing antibacterial and anti-inflammatory activities. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 223, n. Pt A, p. 36-48, 2022.

LUZE, Hanna *et al.* The use of acellular fish skin grafts in burn wound management-A systematic review. **Medicina (Kaunas, Lithuania)**, v. 58, n. 7, p. 912, 2022.

MARTINS, Camila Barroso *et al*. Desenvolvimento de uma matriz acelular de pele de tilápia para tratamento de feridas: um estudo experimental. **Revista Brasileira de Queimaduras**, v. 22, n. 2, 2023.

MCKNIGHT, Gerard, SHAH, Jasmine, HARGEST, Rachel. Physiology of the skin. **Surgery**, v. 40, n. 1, p. 8-12, 2022.

MELO, Mirza de Souza *et al*. Reestabelecimento da visão de um cão utilizando matriz dérmica acelular de pele de tilápia: ceratoplastia após remoção de flap conjuntival. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 7, n. 9, p. e74179, 2024.

MELO, Talita de Oliveira, LIMA, Antônio Fernandes Costa. Cost of nursing most frequent procedures performed on severely burned patients. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 70, n. 3, p. 481-488, 2017.

MIRANDA, Marcelo José Borges de, BRANDT, Carlos Teixeira. Nile tilapia skin xenograft versus silver-based hydrofiber dressing in the treatment of second-degree burns in adults. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica**, v. 34, n. 1, p. 89-95, 2019.

MORAES, Francisco Cezar Aquino de *et al.* Nile Tilapia skin xenograft versus silver-based dressings in the management of partial-thickness burn wounds: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Clinical Medicine**, v. 13, n. 6, p. 1642, 2024.

RADZIKOWSKA-BÜCHNER, Elżbieta *et al.* An overview of recent developments in the management of burn injuries. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 22, p. 16357, 2023.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUEIMADURAS. **Pele de tilápia liofilizada deverá ser comercializada em breve após 10 anos de pesquisa.** 2025. Disponível em: https://www.sbqueimaduras.org.br/noticia/pele-de-tilapia-liofilizada-devera-ser-comercializada-em-breve-apos-10-anos-de-pesquisa. Acesso em: 30 nov. 2025.

STONE, Randolph 2nd *et al.* Accelerated wound closure of deep partial thickness burns with acellular fish skin graft. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 4, p. 1590, 2021.

WARBY Rachel, MAANI Christopher V. **Burn Classification**. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/books/NBK539773/. Acesso em: 1 nov. 2025.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Burns**. 2023. Disponível em: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/burns. Acesso em: 30 nov. 2025.

YOON, Jaechul *et al.* Wound healing ability of acellular fish skin and bovine collagen grafts for split-thickness donor sites in burn patients: Characterization of acellular grafts and clinical application. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 205, p. 452–461, 2022.

ZIMBA, Bhahat Lawlley, RWIZA, Mwemezi J., SAULI, Elingarami. Utilizing tilapia fish skin biomaterial for burn wound dressing: A systematic review. **Scientific African**, v. 24, n. e02245, p. e02245, 2024.

MINI CURRÍCULO E CONTRIBUIÇÕES AUTORES

TITULO DO ARTIGO	**PELE DE TILÁPIA NO TRATAMENTO DE QUEIMADURAS:** UMA REVISÃO DE LITERATURA ACERCA DE PERSPECTIVAS E EFEITOS SOBRE A CICATRIZAÇÃO
RECEBIDO	18/12/2025
AVALIADO	27/02/2026
ACEITO	04/03/2026

AUTOR 1	
PRONOME DE TRATAMENTO	Sr.
NOME COMPLETO	João Vitor Barcelos Lira
INSTITUIÇÃO/AFILIAÇÃO	Universidade Positivo
CIDADE	Londrina
ESTADO	Paraná
PAÍS	Brasil
RESUMO DA BIOGRAFIA	Graduando do curso de Biomedicina da Universidade Positivo.
AUTOR 2	
PRONOME DE TRATAMENTO	Sra.
NOME COMPLETO	Amanda Rikari Watanabe Pierin
INSTITUIÇÃO/AFILIAÇÃO	Universidade Positivo
CIDADE	Londrina
ESTADO	Paraná
PAÍS	Brasil
RESUMO DA BIOGRAFIA	Graduanda do curso de Biomedicina da Universidade Positivo.
AUTOR 3	
PRONOME DE TRATAMENTO	Dra.
NOME COMPLETO	Natália Kimie Matsubara
INSTITUIÇÃO/AFILIAÇÃO	Universidade Positivo
CIDADE	Londrina
ESTADO	Paraná
PAÍS	Brasil
RESUMO DA BIOGRAFIA	Biomédica, doutora em Farmacologia pela Universidade Federal de Santa Catarina. Professora do curso de Biomedicina da Universidade Positivo.
CONTRIBUIÇÃO DO AUTOR NO ARTIGO	Todos os autores contribuíram na mesma proporção.

Endereço de Correspondência dos autores	**Autor 1:** jbarceloslira87@gmail.com **Autor 2:** amandarikarii@gmail.com **Autor 3:** matsubara.natalia@gmail.com