



UNIRIO - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS)

Escola de Medicina e Cirurgia (EMC)

FABIELI HELENA PAULO COMEIRA DE LIMA

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DOS CURATIVOS USADOS PARA QUEIMADURAS

**RIO DE JANEIRO
2024**

FABIELI HELENA PAULO COMEIRA DE LIMA

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DOS CURATIVOS USADOS PARA QUEIMADURAS

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de médico no Curso de Medicina da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO

Orientador: Prof. Dra. Maria Cristina do Valle Freitas Serra.

Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo Costa Teixeira.

RIO DE JANEIRO
2024

FABIELI HELENA PAULO COMEIRA DE LIMA

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DOS CURATIVOS USADOS EM QUEIMADURAS

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de médico no Curso de Medicina da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO e aprovado pela banca examinadora

Rio de Janeiro, 19 de Julho de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Carlos André Bueno Klotz, Mestre em
Urologia, Universidade Federal do Estado do
Rio de Janeiro

Vitor Ribeiro Gomes de Almeida Valviesso,
Médico hematologista, Universidade Federal do
Estado do Rio de Janeiro

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à Deus, Aquele que me permitiu chegar até aqui sempre estendendo sua boa e graciosa mão e me encheu de força e sabedoria ao longo desta jornada.

À minha família, por todo o amor, compreensão e incentivo incondicional. Em especial, aos meus pais, Fabianna e Fábio, e meus tios, Julianna, Victor e Reynan, por sempre acreditarem em mim e me incentivarem para que eu nunca desistisse de avançar. Aos meus irmãos, que mesmo tão pequenos sempre me encheram de amor através de sua pureza.

À minha avó, que já não está aqui, nem mesmo me viu entrar na graduação, mas foi uma das maiores incentivadoras que encontrei ao longo da minha vida.

Ao meu amor, Rodolfo, que chegou nas etapas finais dessa caminhada, mas que tem ajudado a tornar o caminho mais fácil e prazeroso de ser trilhado.

Aos meus orientadores, Maria Cristina Serra e Eduardo Teixeira, agradeço pela paciência e compreensão demonstradas ao lidar com os desafios que surgiram ao longo do caminho. As sugestões e revisões detalhadas melhoraram significativamente a qualidade deste trabalho.

Aos meus colegas e amigos, por todo o apoio, pelas discussões produtivas e pelas trocas de experiências que enriqueceram meu período acadêmico. Os dias mais difíceis na rotina acadêmica faziam mais sentido ao ter pessoas importantes ao meu lado que entendiam e dividiam as alegrias e os fardos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que este trabalho fosse possível, meu mais sincero muito obrigado.

RESUMO

Este estudo fornece uma revisão abrangente e atualizada sobre os curativos usados no tratamento de queimaduras. Ele aborda a diversidade de curativos disponíveis, analisando sua eficácia e adequação com base nas características específicas das feridas por queimaduras e na dinâmica do processo de cicatrização. Foi realizada uma revisão bibliográfica utilizando bases de dados como MedLine, ScieLo e a Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) para artigos publicados entre 2019 e 2024, com foco em estudos de alta evidência, como ensaios clínicos randomizados, meta-análises, ensaios clínicos e revisões sistemáticas. De uma seleção inicial de 137 artigos, 19 foram analisados para compilar esta revisão. O estudo destaca a eficácia de diferentes tipos de curativos, incluindo curativos de origem natural, curativos à base de materiais inorgânicos e novas tecnologias no cuidado de queimaduras, como terapias à base de nanopartículas e fechamento assistido por vácuo. As descobertas enfatizam a importância de uma abordagem individualizada e baseada em evidências para selecionar o curativo mais apropriado a fim de otimizar os resultados clínicos e melhorar a qualidade de vida dos pacientes queimados. Pesquisas adicionais e avanços tecnológicos são cruciais para melhorar as práticas de tratamento de queimaduras e garantir acesso a cuidados de alta qualidade, especialmente em ambientes com recursos limitados.

Palavras-chave:

Queimaduras, Curativos, Cuidado de Feridas, Cicatrização, Revisão, Tecnologia no Tratamento de Queimaduras

ABSTRACT

This study provides a comprehensive review and update on the dressings used in burn treatment. It addresses the diversity of available dressings, analyzing their effectiveness and suitability based on the specific characteristics of burn wounds and the dynamics of the healing process. A literature review was conducted using databases such as MedLine, ScieLo, and the Virtual Health Library (BVS) for articles published between 2019 and 2024, focusing on high-evidence studies like randomized clinical trials, meta-analyses, clinical trials, and systematic reviews. From an initial selection of 137 articles, 19 were thoroughly analyzed to compile this review. The study highlights the effectiveness of different types of dressings, including natural origin dressings, inorganic material-based dressings, and new technologies in burn care, such as nanoparticle-based and vacuum-assisted closure therapies. The findings emphasize the importance of an individualized, evidence-based approach to selecting the most appropriate dressing to optimize clinical outcomes and enhance the quality of life for burn patients. Further research and technological advancements are crucial for improving burn treatment practices and ensuring access to high-quality care, especially in resource-limited settings.

Keywords:

Burns, Dressings, Wound Care, Healing, Review, Technology in Burn Treatment

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Seleção dos artigos para composição do trabalho	16
Figura 2 – Características ideais de curativos em queimaduras.....	28

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição dos artigos incluídos na revisão: autores, título, ano, revista, objetivo, método e resultados.....	17
Quadro 2 - Visão geral dos curativos de origem natural.....	32
Quadro 3 - Visão geral dos curativos à base de materiais de origem inorgânica.....	37
Quadro 4 - Visão geral das novas tecnologias em curativos para queimaduras.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SCQ	Superfície corporal queimada
PHEMA	Poli (2-hidroxietil metacrilato)
PVA	Álcool polivinílico
PU	Poliuretano
PGA	Ácido poliglicólico
PLGA	Ácido poli(lático-co-glicólico)
PLA	Polilactida
CB	Celulose bacteriana
CAT	Catalase
SOD	Superóxido dismutase
GSH	Glutathione reduzida
AH	Ácido hialurônico
AGE	Ácidos graxos essenciais
MRSA	<i>Staphylococcus aureus</i> resistente à meticilina
NP	Nanopartícula
AgNP	Nanopartícula de prata
TPN	Terapia por pressão negativa
VAC	Fechamento assistido por vácuo
IBD	<i>Irradiated biological dressing</i> (curativo biológico irradiado)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 MÉTODOS.....	14
3 RESULTADOS.....	16
3.1 Curativos de origem natural.....	29
3.2 Curativos de origem inorgânica.....	35
3.3 Tecnologias em curativos.....	37
3.3.1 Nanopartículas.....	37
3.3.2 Terapia à vácuo.....	39
3.3.3 Terapia larval.....	41
3.3.4 Xenoenxerto com pele de peixe.....	41
3.3.5 Curativo biológico irradiado.....	43
4 DISCUSSÃO.....	44

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, as queimaduras representam um importante problema de saúde pública, afetando todos os países, mas mais de 90% dos casos ocorrem em países com baixo a médio desenvolvimento. As queimaduras causadas por chama direta são responsáveis por mais de 300.000 mortes por ano, além de outras mortes relacionadas a queimaduras por eletricidade, químicas e outras causas (1). Segundo a *American Burn Association* (Associação Americana de Queimaduras), a maioria das queimaduras é pequena, ocupando menos de 10% da superfície corporal do paciente vítima da lesão. Grande parte das queimaduras ocorrem em ambiente doméstico, afetando principalmente crianças e pessoas entre 20 e 59 anos (2, 3).

A gravidade e o prognóstico das queimaduras são influenciados por vários fatores, incluindo o agente causador, a profundidade, a extensão da superfície corporal queimada, a localização das lesões, a idade e as comorbidades prévias. A conduta específica a ser adotada leva em consideração esses fatores. Em 1961, Baux foi o primeiro a descrever a taxa de mortalidade com base na idade e na porcentagem de superfície corporal queimada (SCQ), embora essa fórmula tenha sido posteriormente modificada, a base do cálculo continua a se basear nos fatores idade e SCQ (4).

A avaliação e compreensão do prognóstico no início do tratamento do paciente é crucial, porém, é ainda mais importante tratar corretamente o paciente queimado para evitar a mortalidade precoce. A conduta inicial do paciente queimado segue o protocolo ABC da vida (vias aéreas, respiração e circulação). O objetivo é manter o paciente vivo, mas cuidados mais específicos são necessários a longo prazo. Algumas fórmulas estabelecidas, como a fórmula de *Parkland*, são usadas para ressuscitação volêmica do paciente, devido à perda hídrica que ocorre na lesão. Além disso, em pacientes com SCQ superior a 20%, ocorre uma resposta hipermetabólica e catabólica que pode levar à falência de órgãos essenciais. Uma estratégia para reduzir o estresse metabólico é remover cuidadosamente o tecido queimado e cobrir a área com alguma barreira protetora (seja pele ou curativos).

O tratamento de queimaduras é determinado pela profundidade da lesão. A pele é constituída por duas camadas principais: a epiderme e a derme. A primeira age como uma barreira de proteção, retendo água e prevenindo a invasão de microrganismos. Por outro lado, a derme não possui essa função de barreira, mas fornece resistência, pois é composta por colágeno e proteínas da matriz extracelular. Além disso, a derme abriga os anexos da pele, como as glândulas sebáceas e sudoríparas, os folículos pilosos, bem como um rico plexo de vasos sanguíneos e nervos. Por fim, abaixo da pele está o tecido subcutâneo, que é composto

principalmente de gordura e cobre os ossos, tendões e fáscias. Com base nessas informações, qualquer queimadura que atinja a epiderme apenas será classificada como queimadura de primeiro grau. As lesões que afetam parcialmente a derme são chamadas de queimaduras de segundo grau (ou de espessura parcial). Nessas lesões, a camada de barreira epidérmica é afetada e pode haver a formação de bolhas, com exsudação de líquido intersticial quando estas são rompidas. Já as queimaduras que destroem completamente a derme e penetram na gordura são consideradas de terceiro grau (ou de espessura total). Nesses casos, toda a vascularização e os nervos da derme são destruídos, o que faz com que esse tipo de queimadura seja menos doloroso que a de espessura parcial (2). No âmbito do tratamento das queimaduras de espessura parcial, têm sido amplamente utilizados e estudados os curativos biossintéticos. Paralelamente, há uma vasta gama de curativos não biológicos disponíveis, que apresentam capacidade absorviva, tais como os curativos com hidrocolóide e hidrogel, bem como curativos não absorvivos, como os curativos de náilon revestidos com silicone (5).

Dada a complexidade inerente ao tratamento de queimaduras, a seleção do curativo ideal exige uma compreensão aprofundada das características e necessidades específicas de cada tipo de lesão. Os curativos desempenham um papel crucial na proteção da ferida, controle da exsudação, prevenção de infecções e promoção da cicatrização. No entanto, a diversidade de opções disponíveis, como hidrocoloides, hidrogéis, alginatos, espumas, curativos com prata, biológicos e biossintéticos, cada um com suas propriedades únicas e indicações particulares, pode tornar a escolha desafiadora. A prática clínica é orientada por diretrizes internacionais, como as fornecidas pela Sociedade Internacional para Cuidados de Queimaduras (ISBI), que recomendam uma abordagem individualizada e baseada em evidências para a seleção de curativos, com o objetivo de otimizar os resultados e melhorar a qualidade de vida dos pacientes (6).

À luz do que foi apresentado, observa-se que, apesar da ampla variedade de curativos disponíveis no mercado para o tratamento de queimaduras, ainda persistem divergências quanto à escolha apropriada, em decorrência das particularidades de cada ferida e da dinâmica do processo de cicatrização das queimaduras. Diante desse cenário, o presente trabalho busca analisar e integrar informações, a fim de orientar a escolha adequada no tratamento do paciente acometido por queimaduras, fornecendo assim uma revisão atualizada sobre os curativos usados e estudados em queimaduras atualmente.

2 MÉTODOS

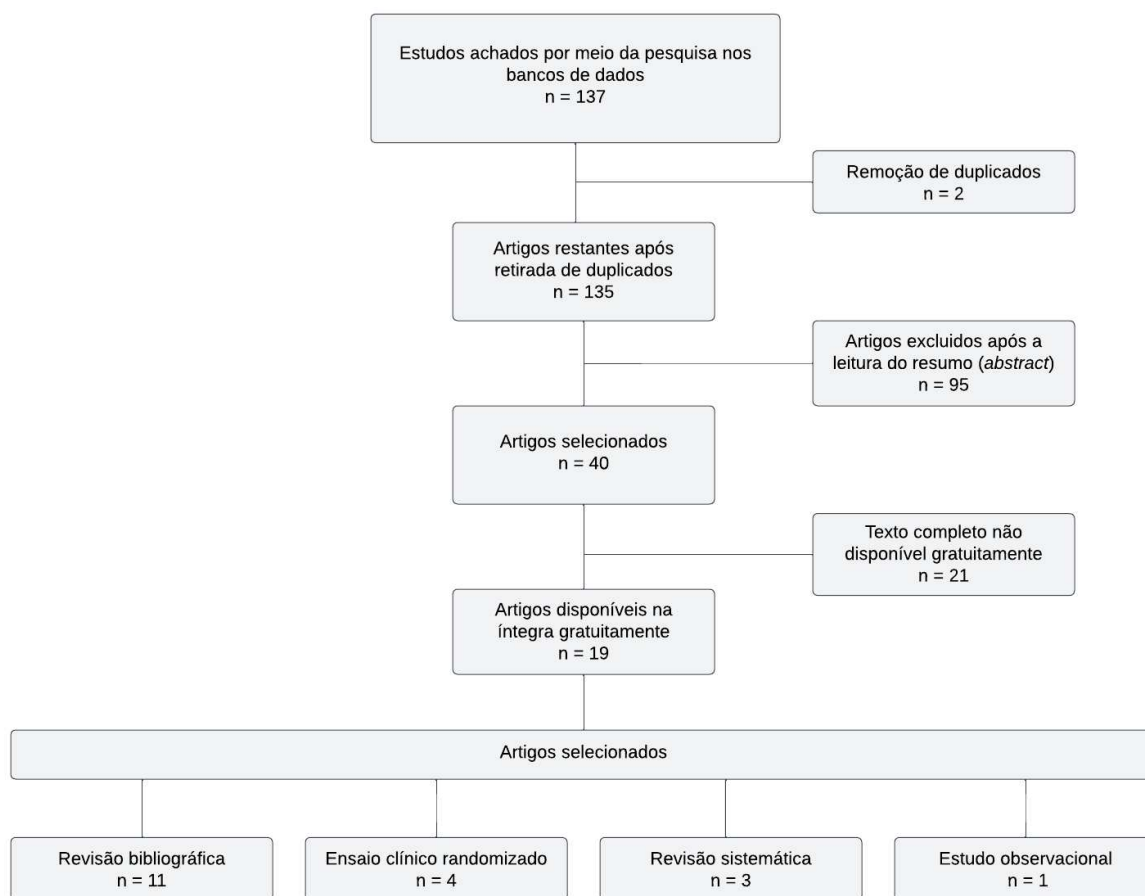
Este estudo adotou uma abordagem de revisão bibliográfica, realizada com o

objetivo de avaliar as evidências disponíveis sobre métodos de curativos em queimaduras. Para tanto, foi feita uma busca bibliográfica nas bases de dados MedLine (*Medical Literature Analysis and Retrieval System Online*), ScieLo (*Scientific Electronic Library Online*) e na Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Os descritores utilizados para a pesquisa foram: "burn", "dressing" e "bandage", e seus correspondentes na língua portuguesa.

Os critérios de inclusão definidos foram artigos escritos em português e inglês, publicados no período de 2019 a 2024. Além disso, foi dada prioridade aos estudos que se classificavam como ensaios clínicos randomizados, meta-análises, ensaios clínicos, revisões e revisões sistemáticas, considerando-os como de alto valor evidencial para o tema em questão.

Inicialmente, a busca resultou em um total de 137 artigos. A seleção inicial consistiu na leitura dos resumos (*Abstract*), sendo selecionados 40 artigos que tinham a proposta estabelecida neste trabalho. Após isso procedeu-se com a análise e leitura individual dos artigos. Alguns não encontravam-se disponíveis na íntegra de forma gratuita e foram excluídos. Após isso, restaram 19 artigos, os quais foram lidos na íntegra e estudados para compor esse trabalho de revisão bibliográfica. No fluxograma abaixo (Figura 1) estão os artigos selecionados com a relação dos autores e as informações principais abstraídas.

A análise dos artigos selecionados focou em identificar as metodologias de curativo mais eficazes para tratamento de queimaduras, comparando resultados, discussões e conclusões apresentadas pelos estudos. Esta revisão buscou reunir as evidências mais recentes e relevantes, de modo a oferecer uma base sólida de conhecimento que possa ser aplicada em práticas clínicas relacionadas ao tratamento de queimaduras.

Figura 1 - Seleção dos artigos para composição do trabalho

Fonte: Elaboração própria.

3 RESULTADOS

A análise dos dados obtidos nesta revisão bibliográfica tem como objetivo sintetizar as informações sobre os diferentes tipos de curativos utilizados no tratamento de queimaduras. Para tanto, foram incluídos estudos que atenderam aos critérios de inclusão, tais como ensaios clínicos randomizados, estudos observacionais, revisões de literatura e revisões sistemáticas publicadas nos últimos cinco anos.

Foram analisados um total de 19 estudos, abrangendo diversos tipos de curativos e diferentes graus de queimaduras. Quanto à regionalidade dos artigos, observou-se grande heterogeneidade na origem dos trabalhos. Os artigos analisados se distribuem da seguinte forma: 4 artigos produzidos na China, 3 artigos produzidos em Portugal e no Brasil, 2 artigos de origem austríaca e outros 2 de origem polonesa, por fim, Irã, Taiwan, África do Sul, Romênia e Suíça produziram 1 artigo cada. Com quatro artigos, a China se destaca como um país com significativa produção de pesquisa sobre curativos para queimaduras. Isso pode

refletir um forte investimento em pesquisa e desenvolvimento nessa área específica da medicina. Destaque também à Polônia, Áustria, Portugal e Brasil que demonstraram presença notável na literatura, com 2 a 3 artigos cada. Isso pode indicar centros de excelência ou grupos de pesquisa dedicados ao estudo e inovação em tratamentos para queimaduras nesses países (7). Com relação a variedade de desenhos de estudo, incluindo revisões bibliográficas (58%), ensaios clínicos randomizados (21%), revisões sistemáticas (16%) e estudo observacional (5%).

Quadro 1 - Descrição dos artigos incluídos na revisão: autores, título, ano, revista, objetivo, método e resultados

Autores	Título do Artigo	Ano de publicação	Revista	Objetivos	Método	Resultados
Markiewicz-Gospodarek A., Koziol M., Tobiasz M., Baj J., Radzikowska-Büchner E., Przekora A. (11)	Burn Wound Healing: Clinical Complications , Medical Care, Treatment, and Dressing Types: The Current State of Knowledge for Clinical Practice	2022	International Journal of Environmental Research and Public Health	Revisar a literatura atual sobre feridas por queimaduras e os curativos usados na prática médica.	Revisão da literatura sobre feridas por queimaduras, classificações, complicações, cuidados médicos, tratamentos farmacológicos e inovações em curativos.	Identificação das classificações de queimaduras, complicações associadas, abordagens de cuidados médicos, tratamentos farmacológicos e inovações recentes em curativos.
Goh M., Du M., Peng W., Saw P., Chen Z. (8)	Advancing burn wound treatment: exploring hydrogel as a transdermal drug delivery system	2024	Drug Delivery	Explorar o potencial do hidrogel como sistema de entrega transdérmica de medicamentos para tratamento de queimaduras.	Revisão de literatura e análise de estudos clínicos e experimentais sobre hidrogéis em tratamento de queimaduras.	Hidrogel mostrou-se eficaz na criação de um ambiente úmido que promove a cicatrização e facilita a penetração de agentes terapêuticos na superfície da ferida.

Radzikowska-Büchner E., Łopuszyńska I., Flieger W., Tobiasz M., Maciejewski R., Flieger J. (14)	An Overview of Recent Developments in the Management of Burn Injuries	2023	International Journal of Molecular Sciences	Revisar e discutir as opções de tratamento disponíveis para queimaduras, com foco nos avanços recentes em tratamentos tópicos, limpeza de feridas, curativos, enxertos de pele, nutrição, manejo da dor e do tecido cicatricial.	Revisão da literatura incluindo revisão, artigos originais, ensaios clínicos controlados, relatos de caso e ensaios clínicos em inglês. Foram analisados um total de 468 artigos	Houve progresso significativo em biomateriais e engenharia de tecidos, mas ainda falta um biomaterial ideal que imite a estrutura da pele e restaure completamente e suas funções. Ensaios randomizados em grandes populações são necessários para avaliar a eficácia de novas terapias experimentais com curativos e substitutos de pele.
Gaffari J., Akbarzadeh K., Baniardalani M., Hosseini R., Masoumi S., Amiri Z., Shabani Kordshouli R., Rafinejad J., Dahmardehei M. (59)	Larval therapy vs conventional silver dressings for full-thickness burns: a randomized controlled trial	2023	BMC Medicine	Investigar a eficácia da terapia de desbridamento com larvas (MDT) para lesões por queimaduras de espessura total em comparação com curativos de prata convencionais.	Ensaio clínico randomizado com 31 casos de queimaduras de espessura total que foram divididos em dois grupos: terapia larval (MDT) e tratamento convencional.	O tratamento com terapia larval se mostrou superior à terapia convencional. Os pacientes submetidos a MDT apresentaram necrose reduzida, granulação relativamente melhor e menor tempo necessário para cicatrização.

Zhang, X., Zhang, Y., Wu, Y., Xia, Q., Ji, Y., Yao, W., Qi, J., & Cao, L. (69)	Effects of irradiated biological dressings on second-degree burn wounds	2023	African Health Sciences	Estudar o efeito dos curativos biológicos irradiados em lesões por queimaduras de 2º grau	Estudo clínico com 80 pacientes com queimaduras de segundo grau divididos aleatoriamente em dois grupos: um usando curativo biológico irradiado (CBI) e outro usando curativo tradicional (CT).	O curativo biológico irradiado necessitou de menos trocas de curativos e a dor nas trocas foi significativamente menor em relação ao grupo com curativo tradicional. Além disso, o curativo biológico irradiado obteve menor escore de trauma secundário e de hiperplasia de cicatriz, e ainda, menor tempo de cicatrização.
Wu J., Zhang F., Liu J., Yao H., Wang Y. (39)	Effect of silver-containing hydrofiber dressing on burn wound healing: A meta-analysis and systematic review	2023	Journal of Cosmetic Dermatology	Avaliar sistematicamente o efeito da cobertura Aquacel-Ag na cicatrização de feridas por queimadura.	Revisão sistemática realizada em diversos banco de dados com busca para ensaios clínicos randomizados ocorrido no período de 2000 a 2021. Selecionados 7 ensaios sobre o uso do curativo Aquacel-Ag e da sulfadiazina de prata em queimaduras, totalizando 794 pacientes.	Aquacel-Ag pode encurtar o tempo de cicatrização e reduzir reações inflamatórias em pacientes com queimaduras, em comparação com a sulfadiazina de prata.

Hu J., Lin Y., Cui C., Zhang F., Su T., Guo K., Chen T. (20)	Clinical efficacy of wet dressing combined with chitosan wound dressing in the treatment of deep second-degree burn wounds: A prospective, randomised, single-blind, positive control clinical trial	2023	International Wound Journal	Avaliar a eficácia e a segurança do curativo úmido combinado com curativo de quitosana para feridas de queimaduras de segundo grau profundas, e fornecer a base para a aplicação clínica.	Ensaio clínico randomizado realizado no período de 2019 a 2021 com 80 pacientes com queimadura de 2º grau no departamento de queimadura e cirurgia plástica de um hospital em Wenzhou (China). Os pacientes foram randomicamente divididos em dois grupos e submetidos a tratamento com compressa úmida ou compressa úmida com curativo de quitosana.	O grupo tratado com quitosana apresentou tempo de cicatrização mais curto, maior porcentagem de cicatrização em 14 dias, menor índice de infecção e menor formação de cicatrizes após 3 meses. Não houve diferença significativa na dor ou nos custos de tratamento entre os grupos, e nenhum evento adverso grave foi registrado.
--	--	------	-----------------------------	---	---	--

Opriessnig E., Luze H., Smolle C., Draschl A., Zrim R., Giretzlehner M., Kamolz L., Nischwitz S. (7)	Epidemiology of burn injury and the ideal dressing in global burn care – Regional differences explored	2023	Burns	Investigar e comparar o perfil epidemiológico de queimaduras e seus tratamentos entre os continentes e um grupo de controle global e identificar diferenças e/ou similaridade na prática clínica.	Estudo retrospectivo de dados de pacientes com queimaduras de diferentes continentes, incluindo variáveis como demografia do paciente e do hospital, característica das queimaduras e seu tratamento, infecções, mortalidade, tempo de UTI e características dos curativos para queimaduras.	Foram achadas diferenças significativas em relação à internação e ao tempo de permanência no CTI. A África registrou uma elevada taxa de infecções, mortalidade e alto número de queimaduras em crianças. Em geral, homens são mais acometidos em todos os continentes. Não foram achados diferenças significativas sobre o curativo ideal.
--	--	------	-------	---	---	---

Luze H., Nischwitz S., Smolle C., Zrim R., Kamolz L. (63)	The Use of Acellular Fish Skin Grafts in Burn Wound Management —A Systematic Review	2022	Medicina (Lithuania)	Avaliar a efetividade e os potenciais benefícios do uso de pele de peixe acelular como substituto de pele nas injúrias por queimaduras.	Revisão sistemática até março de 2022 utilizando algumas bases de dados combinados em termos específicos. Ao final foram selecionados 14 artigos, e informações como tempo de reepitelização, número de trocas, custo dos curativos, nível de dor, uso de analgésicos, tempo de internação, qualidade da cicatriz foram extraídas e analisadas.	Os enxertos de pele de peixe acelular mostraram ser capazes de acelerar o processo de cicatrização e reduzir os níveis de dor e troca frequente de curativos. Oferecem ainda uma alternativa custo-efetiva para o tratamento das queimaduras superficiais e de espessura parcial.
Lin D., Kao Y., Chen C., Wang H., Chiu W. (53)	Negative pressure wound therapy for burn patients: A meta-analysis and systematic review	2021	International Wound Journal	Estudar a efetividade da terapia por pressão negativa (TPN) e a possibilidade da inclusão dessa nos guidelines para manejo de queimaduras	Revisão sistemática com ensaios clínicos randomizados comparando terapia com pressão negativa com outros tratamentos para queimaduras, totalizando 6 artigos incluídos e 701 pacientes analisados. Foram analisados resultados como taxa de aceitação do enxerto na	O grupo TPN apresentou uma melhor taxa de enxerto na primeira semana e uma menor taxa de infecção em comparação com outros tratamentos, sem diferenças significativas nas complicações gerais. A TPN se demonstrou segura e eficaz para acelerar a cicatrização e reduzir infecções em queimaduras.

					primeira semana, taxa de infecção e taxa de complicações geral.	
Alven S., Aderibigbe B. (18)	Chitosan and cellulose-based hydrogels for wound management	2020	International Journal of Molecular Sciences	Investigar o potencial de hidrogéis de quitosana e celulose para o tratamento de feridas, avaliando propriedades e eficácia, como cicatrização, liberação de medicamentos e regeneração tecidual.	Artigo de revisão sobre o desenvolvimento e aplicação de hidrogéis à base de quitosana e celulose para o tratamento de feridas, estruturando a análise de acordo com as propriedades, técnicas de preparação e resultados terapêuticos desses hidrogéis.	Hidrogéis de quitosana e celulose possuem eficácia antibacteriana, favorecendo a cicatrização. Sua porosidade aumentada e liberação controlada de medicamentos contribuem para resultados positivos na cicatrização de feridas.
Stoica A., Chircov C., Grumezescu A. (30)	Nanomaterials for wound dressings: An Up-to-Date overview	2020	Molecules	Explorar o potencial da nanotecnologia e das nanopartículas no tratamento de feridas.	Revisão da literatura sobre papel das nanopartículas em materiais para curativos de feridas. Além de pesquisa de estratégias de engenharia molecular para diferentes tipos de nanopartículas biocompatíveis auto-organizáveis.	Curativos avançados são categorizados em sete tipos e a integração de nanomateriais pode potencializar a terapia, especialmente para feridas complexas, como úlceras crônicas e isquêmicas, exigindo mais estudos pré-clínicos e desenvolvimento de novos materiais biocompatíveis e

						biodegradáveis
Souto E., Ribeiro A., Ferreira M., Teixeira M., Shimojo A., Soriano J., Naveros B., Durazzo A., Lucarini M., Souto S., Santini A. (44)	New nanotechnologies for the treatment and repair of skin burns infections	2020	International Journal of Molecular Sciences	Revisar os mais recentes avanços no uso de nanopartículas para formulação de curativos e a engenharia de tecidos para o tratamento de infecções em queimaduras.	Revisão de literatura com a reunião de informações dos tipos de nanopartículas propostas para aumentar a atividade antimicrobiana, curativos para proteção contra microrganismos, técnicas de medicina regenerativa novos materiais e o uso potencial de células-tronco mesenquimais e células progenitoras.	A nanotecnologia tem sido eficaz na incorporação de antibióticos em nanopartículas para tratar feridas e na criação de curativos avançados antimicrobianos, aceleram a cicatrização e contribuem para a regeneração da pele em queimaduras.
Carboni R., Santos G., Carboni Júnior I., Silva D., Bussadori S., Fernandes K., Mesquita-Ferrari R. (15)	Therapy for patients with burns - an integrating review	2019	Revista da Associação Médica Brasileira (1992)	Identificar, por meio de uma revisão integrativa, estudos nacionais publicados nos últimos dez anos que destacam produtos e terapias utilizados em queimaduras.	Revisão integrativa com estudos publicados nos últimos dez anos. Incluiu estudos clínicos que descrevem o uso de terapias já estabelecidas ou inovadoras em queimaduras e os resultados obtidos, publicados em revistas nacionais.	Foram analisados 10 artigos, neles a colagenase, sulfadiazina de prata a 1% e membrana de celulose porosa foram algumas das terapias citadas. Destacam-se os resultados obtidos com membrana de celulose e curativo nanocrostalino de prata.

Abdel-Sayed P., Hirt-Burri N., De Buys Roessingh A., Raffoul W., Applegate L. (72)	Evolution of Biological Bandages as First Cover for Burn Patients	2019	Advances in Wound Care	Apresentar os diferentes tipos de substitutos temporários de pele usados como primeira cobertura para queimaduras, com ênfase na experiência própria do autor em seu hospital de origem.	Revisão sobre os paradigmas clássicos dos substitutos biológicos de pele usados como primeira cobertura e avaliação das descobertas recentes e abordagens clínicas adaptadas para coberturas de queimaduras, com ênfase em abordagens inovadoras baseadas em células.	Avanços significativos foram feitos no desenvolvimento de substitutos dérmicos, especialmente com terapias baseadas em células. Eles podem influenciar a superfície a ser enxertada e a taxa de cirurgias corretivas secundárias, diminuindo o tempo de hospitalização e os custos.
Portela R., Leal C., Almeida P., Sobral R. (21)	Bacterial cellulose: a versatile biopolymer for wound dressing applications	2019	Microbial Biotechnology	Fornecer uma visão geral dos compósitos de celulose bacteriana mais comuns e suas propriedades aprimoradas. Além de resumir os curativos à base de celulose bacteriana atualmente comercializados.	Revisão bibliográfica sobre as principais características da celulose bacteriana e sua aplicação específica em curativos para queimaduras. O processo de produção e as propriedades físico-químicas que tornam este material adequado para curativos são enfatizados.	A celulose bacteriana demonstrou-se promissora na construção de materiais nanoestruturados, sendo uma alternativa ecológica e reciclável aos derivados de petróleo. Suas características mecânicas, físicas e biológicas a tornam biodegradável, não tóxica e biocompatível, especialmente em curativos avançados para cicatrização de feridas graves.

Nunes Sena C., Lima Brandão M. (13)	Curativos em queimaduras: Revisão da prática brasileira	2021	Revista Brasileira de Queimaduras	Identificar quais os curativos e coberturas mais utilizados no tratamento de feridas por queimaduras no Brasil.	Revisão narrativa, com artigos publicados no período de 2011 a 2020. A busca foi realizada na Biblioteca Virtual em Saúde a partir dos descritores: curativo, cobertura, queimadura e enfermagem.	Foram selecionados oito estudos para análise e, as coberturas mais citadas foram: sulfadiazina de prata, ácido hialurônico e película de biocelulose, além de gaze não aderente, hidrogel e hidrofibra de carboximetilcelulose sódica.
da Silva A., de Sousa Tavares D., Miranda Tavares P., dos Santos C. (57)	Therapies applied in the treatment of injuries by burns of third degree and variable extension: An integrative review	2020	Medicina (Brazil)	Revisar a literatura acerca da caracterização clínica e terapias aplicadas no tratamento das queimaduras de terceiro grau e de extensão variável.	Revisão integrativa da literatura nas bases de dados LILACS, BDENF e SciELO, sendo selecionados 17 artigos.	Os curativos à base de prata são os mais utilizados, dentre eles, sulfadiazina de prata, prata nanocristalina e espuma absorvente. Em casos mais complexos, a matriz de regeneração dérmica pode ser uma boa alternativa. Algumas terapias mais recentes como terapia por pressão negativa e uso do enxerto de pele de tilápia também mostraram bons resultados no tratamento de queimaduras.

De Miranda M., Brandt C. (68)	Nile tilapia skin xenograft versus silver-based hydrofiber dressing in the treatment of second-degree burns in adults	2019	Revista Brasileira de Cirurgia Plástica	Avaliar a eficácia da utilização da pele da Tilápia-do-Nil o (Oreochromis niloticus) como curativo biológico oclusivo, no manejo de queimaduras de 2º grau em adultos.	Estudo clínico com 30 pacientes aleatoriamente tratados com pele da Tilápia-do-Nil o (n = 15) e hidrofibra com prata Aquacel Ag® (n=15).	A pele da Tilápia-do-Nil o é eficaz como curativo biológico oclusivo. Houve similaridade entre os grupos para a média de dias de tratamento (completa cicatrização da ferida) e para o relato de dor durante a realização do curativo.
-------------------------------	---	------	---	--	--	--

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

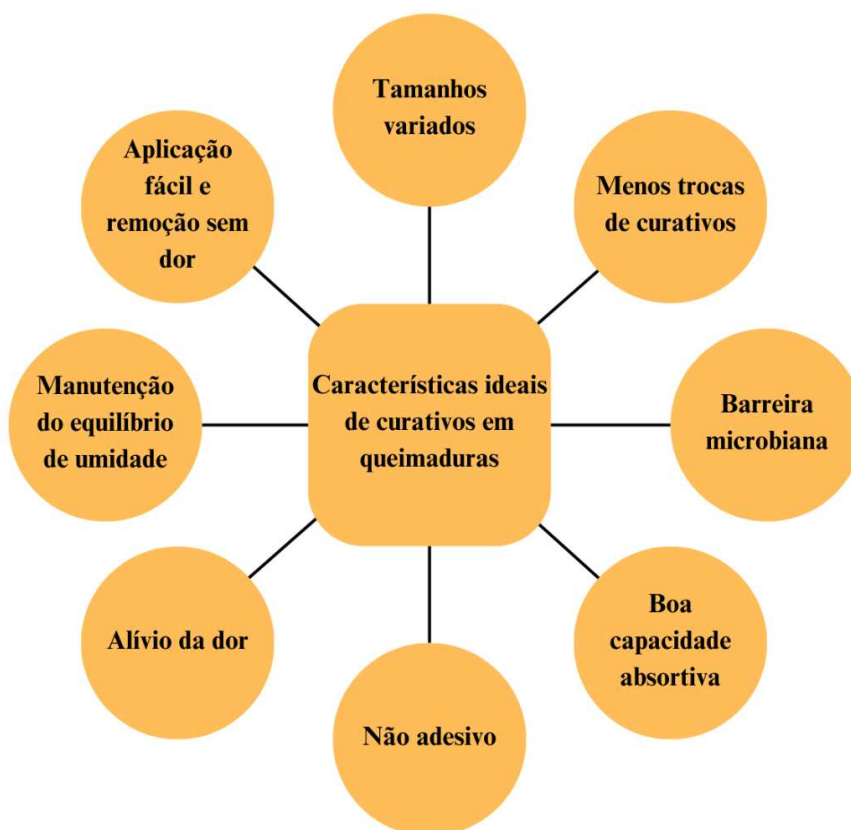
As lesões por queimaduras são complexas e podem evoluir de lesão aguda para crônica. A quebra da integridade epitelial e a ativação do sistema imune gerada pela queimadura torna a lesão suscetível à invasão microbiana e o favorecimento da infecção da ferida. A infecção, por sua vez, é a complicação mais comum decorrente das queimaduras. Outras complicações comuns são formação de escaras, cicatrizes e contraturas. Diante disso, a meta inicial para a cicatrização da ferida por queimadura é prevenir e/ou tratar a infecção, e, outras complicações decorrentes (8). O curativo é a alternativa mais comumente usada pois serve de cobertura temporária para o leito da lesão, protegendo contra injúrias e contaminações, além de promover a cicatrização da ferida. Até o momento, não foram desenvolvidos e implementados em larga escala curativos ideais para queimaduras que permitam a cicatrização completa sem a necessidade de intervenções cirúrgicas ou cuidados diários (troca de curativos) (8,9).

Cientistas seguem em busca do padrão ouro no tratamento de queimaduras, visando não apenas melhorar e acelerar significativamente o processo de cicatrização, mas também prevenir possíveis infecções. A chave para um tratamento eficaz é a limpeza imediata da ferida após a exposição a um agente externo. Esta tarefa pode ser realizada por meio de métodos cirúrgicos, que envolvem a remoção do tecido necrótico, ou de métodos

conservadores, que utilizam curativos especializados úmidos, como hidrogéis, hidrocolóides ou hidrofibras, além de limpeza mecânica ou enzimática (8,10).

Uma pesquisa *online* foi realizada com profissionais em tratamento de queimadura de 49 países ao redor do mundo a fim de identificar as propriedades ideais de um curativo para ferimento por queimadura. As informações identificadas foram: propriedades não adesivas ao leito da ferida, fácil aplicação e remoção sem dor; possuir alguma propriedade antibacteriana e alta capacidade absorviva; o fator disponibilidade em variados tamanhos e formatos também foi identificada como favorável; além de ter a capacidade de promoção de um microambiente favorável à cicatrização (7, 12).

Figura 2 - Características ideais de curativos em queimaduras.



Fonte: Elaboração própria com base no trabalho de Goh et al (2024) (8).

=

Existem diversas opções de curativos para queimaduras disponíveis no mercado, cada uma com suas particularidades e indicações específicas. Entre as mais utilizadas atualmente estão os curativos de sulfadiazina de prata, hidrogéis, hidrocolóides, hidrofibras, polímeros naturais e sintéticos, curativos biológicos irradiados, enxertos acelulares de pele de

peixe e curativos à base de nanomateriais. A escolha do curativo depende de vários fatores, incluindo o grau da queimadura, a idade do paciente e a localização da lesão (13).

Para queimaduras de primeiro grau, que afetam apenas a camada superficial da pele, curativos simples, como hidrogéis, são frequentemente indicados para manter o ambiente úmido e aliviar a dor. Queimaduras de segundo grau, que envolvem a epiderme e a derme, geralmente requerem curativos mais avançados, como hidrocolóides ou hidrofibras, que ajudam na absorção do exsudato e facilitam a cicatrização. Em casos de queimaduras de terceiro grau, que danificam todas as camadas da pele e tecidos subjacentes, são necessários curativos especiais, como enxertos acelulares de pele de peixe ou curativos biológicos irradiados, para promover a regeneração tecidual e prevenir infecções (8, 11).

A idade do paciente também influencia a escolha do curativo. Em crianças, curativos que minimizam a dor e evitam trocas frequentes, como os hidrogéis, são preferíveis. Já em idosos, pode ser necessário utilizar curativos com propriedades adicionais de hidratação e proteção devido à fragilidade da pele. A localização da queimadura também é crucial: áreas com movimento constante, como articulações, podem se beneficiar de curativos flexíveis e resistentes, enquanto regiões sensíveis, como o rosto, podem exigir curativos mais delicados e confortáveis (14, 15).

Foi observada uma vasta gama de curativos disponíveis atualmente. Para melhor abordagem e aprofundamento deste trabalho a sessão contendo os resultados da revisão bibliográfica foi dividida em grupos referentes aos tipos de curativos.

3.1 Curativos de origem natural

Nos artigos estudados é falado sobre os biopolímeros, materiais biodegradáveis derivados de fontes naturais - plantas, animais ou microrganismos. Esse tipo de material pode ser à base de quitosana, celulose, fibrina, elastina, ácido hialurônico, dextrano, alginato, colágeno e gelatina. Possuem propriedades interessantes para o manejo de feridas como boa biocompatibilidade, não toxicidade, biodegradabilidade, disponibilidade pronta e não imunogenicidade. Esses polímeros são geralmente reticulados com polímeros sintéticos, como poli (2-hidroxietil metacrilato) (PHEMA), álcool polivinílico (PVA), poliuretanos (PUs) e poliésteres, como ácido poliglicólico (PGA), ácido poli(lático-co-glicólico) (PLGA) e polilactida (PLA). Devido a sua composição pode sofrer interações em ambientes fisiológicos que alteram sua propriedade físico-química e seu comportamento de forma geral (16). Apesar de suas vantagens, o uso de biopolímeros em curativos enfrenta desafios, como o risco de transmissão de doenças, devido à sua origem natural. A fim de contornar as

limitações e falhas encontradas, numerosas modificações químicas foram desenvolvidas (14, 17).

Acerca das formulações de origem natural à base de quitosana e celulose, sabe-se que a quitosana é um polímero derivado da quitina e apresenta propriedades hemostáticas, antimicrobianas favorecendo a cicatrização. A celulose, por sua vez, é utilizada em várias formulações como hidrogéis, filmes e nanofibras, oferecendo suporte estrutural e um ambiente úmido favorável à cicatrização (18).

Alguns pesquisadores desenvolveram hidrogéis à base de quitosana, que são termicamente estáveis, biodegradáveis e sensíveis ao pH, com potencial para uso no tratamento de feridas. Esses hidrogéis apresentaram uma capacidade de inchaço que variava com o pH e exibiram eficácia antibacteriana contra a *Escherichia coli*. A atividade antibacteriana é atribuída à interação da quitosana com a membrana plasmática da bactéria. Além disso, a quitosana se liga ao DNA bacteriano, inibindo a transcrição e a tradução. Os hidrogéis carregados com antibióticos, como a sulfadiazina de prata, mostraram um perfil de liberação de medicamentos controlado e sustentado, com mais de 91,2% do medicamento liberado em 1 hora (19). A formulação de hidrogéis à base de quitosana e celulose demonstrou fornecer propriedades únicas que são atraentes para o desenvolvimento de curativos de feridas, incluindo excelente capacidade hemostática e efeitos antibacterianos, disponibilidade de vários tipos de grupos funcionais que podem ser usados para sua modificação, adesividade, alta biocompatibilidade e características excepcionais de cicatrização de feridas (14, 18).

No estudo conduzido por Jialin (2023) foi realizado um ensaio clínico em que o grupo controle foi tratado com cobertura úmida e a ferida coberta com curativo biológico úmido contendo íons de prata e gaze estéril e o grupo de estudo foi tratado com compressa úmida combinada ao curativo de quitosana. Os curativos dos grupos foram trocados uma vez ao dia nos primeiros 3 dias e uma vez nos dois dias seguintes. O ciclo de tratamento normalmente durava de 3 a 4 semanas. A cada troca, toda a limpeza era realizada novamente. As variáveis de análise foram o tempo de cicatrização, a porcentagem de cicatrização da ferida e o escore de dor, além das taxas de eventos adversos e detecção de infecção nos exsudatos. Os resultados demonstraram que os curativos de quitosana reduziram o tempo de cicatrização e incidência de infecções, além de diminuir a dor e a formação de cicatrizes. Comparativamente, o grupo tratado com quitosana apresentou melhores resultados em termos de pontuação de cicatrizes e taxa de positividade de cultura de secreção da ferida, sem

diferença significativa nos custos de tratamento e sem ocorrência de eventos adversos, reforçando o valor dos curativos de quitosana para uso clínico (20).

Um biopolímero estudado na revisão de literatura, foi a celulose bacteriana, que é produzida por bactérias com características vantajosas em relação a celulose vegetal como pureza, alta porosidade, permeabilidade a líquidos e gases, elevada capacidade absorviva de água. A fonte natural de celulose é a madeira, principalmente devido a alta disponibilidade que atende a indústria de papel. No entanto, existem outras possíveis fontes como cânhamo, linho ou algodão. A celulose ainda pode ser produzida por algas marinhas, fungos e outras espécies de bactérias, em sua maioria não-patogênicas, do gênero *Komagateibacter*. A celulose bacteriana (CB) apresenta uma rede reticulada única de fibras finas com diâmetro 100 vezes menor que de outras fibras derivadas de plantas. A CB tem diversas características que a tornam uma possibilidade de curativo ideal para queimaduras, regeneração de tecidos e substituto temporário de pele. Essas características particulares incluem o fato de ser não-tóxico, não-carcinogênico e biocompatível, além da sua capacidade de reter umidade, absorver exsudatos e acelerar a granulação tecidual (21-23). Uma das características do material que altera a capacidade absorviva é a porosidade. Sabe-se que uma maior porosidade aumenta a retenção/liberação de água e essa modificação pode ser alcançada através de alterações sintéticas da celulose bacteriana como a adição de um agente secundário. Uma opção de agente secundário é a quitosana, um componente altamente hidrofílico já citado nesse trabalho, que se associado a celulose bacteriana pode absorver grande quantidade de água mesmo com a porosidade reduzida. Esse mecanismo ocorre devido à capacidade das moléculas de quitosana de fazer ligações de hidrogênio simultâneas com moléculas de água e fibrilas de CB (21, 24).

Outra combinação também tem sido estudada, celulose bacteriana com filmes de alginato. Foi verificado que essa associação forma uma estrutura nanoporosa e ajuda a reduzir o diâmetro dos poros, mas com aumento da capacidade de absorção de água. Isso se justificaria pelo rompimento das ligações de hidrogênio às fibras de celulose quando há mistura com outro componente, nesse caso o alginato (21, 25). Outro componente que parece ser vantajoso na combinação a CB é o gel de aloe vera, foi estudado que a introdução de um teor de gel inferior a 30% durante a biossíntese de CB proporciona um aumento de 1,5 vezes a capacidade de absorção de água em comparação ao material não modificado. Além de permitir uma maior permeabilidade a vapor de água (21, 26).

Outra base natural para curativos citada nos artigos estudados foi o mel, uma substância produzida por abelhas e rica em flavonoides, ácidos fenólicos, ácido ascórbico,

tocoferóis, catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD), glutathione reduzida (GSH) e peptídeos (27). A atividade antimicrobiana do mel é atribuída ao seu pH ácido, que varia entre 3,2 e 4,5. No tratamento de queimaduras, o mel oferece várias vantagens: cria um ambiente úmido, preserva a integridade da superfície queimada sem aderir a ela, e atua como uma barreira bacteriana, prevenindo contaminações cruzadas. Um estudo em camundongos conduzido por Febriyenti et al. (2019) demonstrou que filmes de mel são altamente eficazes na cicatrização de queimaduras (28).

Quadro 2 - Visão geral dos curativos de origem natural e de origem inorgânica

Curativos para Feridas	Materiais	Forma	Aplicação	Vantagens e Propriedades	Desvantagens e Limitações
Hidrogéis à Base de Quitosana (14, 18, 19, 20)	Quitosana	Hidrogel	Queimaduras de espessura parcial e total (não substitui necessidade de enxerto)	Sensível ao pH, antibacteriano, hemostático, liberação controlada de antibióticos	Requer modificação para maior estabilidade e eficácia, necessidade de Curativo Secundário
Curativos de Celulose Bacteriana (21-24)	Celulose bacteriana, frequentemente combinada com outros materiais naturais - ex. gel de aloe vera, alginato.	Diversos (espumas, filmes, hidrogéis e esponjas)	Queimaduras de 1º e 2º graus, feridas exsudativas	Alta porosidade, permeabilidade a líquidos e gases, alta capacidade de absorção de água	Produção pode ser cara, potencial variabilidade na qualidade do material
Curativos à Base de Mel (27, 28)	Mel	Filmes, géis	Tratamento de feridas e queimadura de espessura parcial	Antimicrobiano, mantém ambiente úmido, não aderente, barreira contra bactérias	Manejo complicado, potencial para reações alérgicas
Curativos à base de plantas (babosa e confrei) (15, 36, 37)	Aloe barbadensis Mill (babosa) e Symphytum officinale (confrei)	Diversos (géis, cremes, pastas, pomadas, compressas)	Queimaduras de 1º grau e 2º grau superficial	Mantém ambiente úmido, promovem cicatrização, propriedades anti-inflamatórias e antimicrobianas	Reações alérgicas, contaminação das plantas, sensibilidade ao uso prolongado

Curativo à base de ácido hialurônico (13, 29)	Ácido hialurônico	Gel, creme, pomada	Queimaduras e feridas de face, principalmente	Hidratação da lesão, melhora da cicatrização e reepitelização, fácil aplicação	Custo mais elevado, necessidade de trocas frequentes dependendo do tipo e gravidade da ferida
Curativos à base de ácidos graxos essenciais (AGE) (15, 38)	Ácidos graxos essenciais	Cremes, pomadas, géis, óleos	Úlceras de pressão, feridas superficiais	Propriedades anti-inflamatórias, vitaminas A e E ajudam na cicatrização e proteção da pele	Troca diária, ocorrência de hipersensibilidade, uso prolongado leva a hipergranulação
Curativos de Alginato de Cálcio (30-35)	Alginato	Fibras, espumas	Feridas muito exsudativas (úlceras venosas, úlceras por pressão, feridas cirúrgicas exsudativas)	Forma gel ao contato com exsudato, promove hemostasia, altamente absorvente	Não é adequado para feridas secas ou com tecido necrótico, requer curativo secundário
Curativos de alginato reticulado com cério e quitosana (44, 45)	Alginato e íons de cério	Filmes/folhas, géis	Queimaduras de espessura parcial e total, feridas com exsudato moderado a alto	Ação antimicrobiana do íon, propriedades hemostáticas, estímulo da cicatrização, absorção de exsudato	Custo elevado, pouca disponibilidade, necessidade de condições específicas para uso
Cobertura com sulfadiazina de prata 1% (13, 15, 19, 39, 57)	Íons de prata	Creme, gaze impregnada	Queimaduras 2° e 3° graus, feridas crônicas (úlceras venosas e diabéticas)	Ação antimicrobiana (gram positivas e negativas), fácil aplicação, anti-inflamatória	Trocas frequentes, hipersensibilidade e a sulfas, resistência bacteriana
Curativos de Hidrofibra com prata iônica (Aquacel®-Ag) (39-42)	Carboximetilcelulose sódica e componentes da prata	Hidrofibra	Feridas de espessura parcial (queimaduras de 2° grau), feridas com exsudato moderado a alto	Alta absorção, gestão de exsudato, ação antimicrobiana, conformabilidade, redução de trocas e de dor	Pode secar e aderir ao leito da ferida se não for gerenciado adequadamente, custo elevado

<i>Scaffolds</i> de quitosana e álcool polivinílico (PVA) carregado com íons metálicos (42, 44)	Quitosana, íons selênio e prata	Membranas, esponjas e hidrogéis	Feridas de espessura parcial (queimaduras de 2º grau), feridas crônicas (úlceras de pressão, úlceras diabéticas)	Propriedades antimicrobianas, liberação controladas de drogas, biocompatibilidade	Toxicidade aos fibroblastos (<i>scaffolds</i> com prata), custo mais elevado pela tecnologia
---	---------------------------------	---------------------------------	--	---	---

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Uma cobertura citada foi o creme de ácido hialurônico (AH) 0,2% sendo muito indicada para regeneração cutânea. Alguns resultados mostram que esse efeito do ácido hialurônico seria associado a ação dos neutrófilos, crescimento da motilidade celular e favorecimento da angiogênese. Além disso, se mostrou especialmente efetivo para lesões de face ao favorecer o aparecimento de tecido de epitelização, levando a uma alta mais precoce. Como ácido hialurônico existe nas camadas basais da estrutura da pele, quando a cobertura é usada localmente, não induz reação inflamatória, promovendo assim uma cicatrização com controle da produção excessiva de colágeno, favorecendo para um melhor aspecto da área cicatrizada (13, 29).

Outro material muito usado e estudado no campo das queimaduras é o alginato, um polissacarídeo iônico muito utilizado no desenvolvimento de materiais para curativos, principalmente devido a sua eficácia para cicatrização de feridas. O alginato pode ser usado em diversos tipos de materiais como espumas, gazes e fibras. Ele ainda favorece o caráter hidrofílico de algumas coberturas criando um microambiente mais úmido (30, 31). Pode se ligar facilmente a vários materiais orgânicos ou inorgânicos, promovendo a cicatrização de feridas em aplicações clínicas. Isso ocorre devido a propriedade bioativa que pode melhorar as propriedades do hidrogel, como transmissão ideal de vapor de umidade, biodegradabilidade, absorção de exsudato, por exemplo (30, 32).

Os curativos de alginato são obtidos através das fibras macias e não tecidas do ácido algínico, um polissacarídeo semelhante à celulose derivada das algas marinhas, revestido com sais de cálcio e sódio (30, 33). Esse tipo de curativo é indicado para feridas muito exsudativas, pois ao entrar em contato com o exsudato, o alginato forma géis que são mais facilmente removidos. A formação desses géis é explicada pela troca iônica de íons de cálcio da fibra de alginato, com os íons de sódio do exsudato. Os íons de cálcio ainda ativam a protrombina na cascata de coagulação, ajudando também no hemostasia (30, 34). Como o alginato necessita de umidade para sua ação efetiva, seu uso não é indicado no tratamento de feridas secas ou com tecido necrótico, pois poderiam dificultar o processo de cicatrização ao

desidratar a ferida. O alginato necessita ainda de curativo secundário e a periodicidade de troca é em até 1 semana ou até que o gel perca a viscosidade. Como é um curativo solúvel, sua remoção pode ser com irrigação salina, fazendo com que as trocas sejam um procedimento sem dor (30).

Em uma pesquisa conduzida por Unnithan et al. (2016) foram preparadas uma série de sais de amônio de alginato e testaram a eficiência antimicrobiana e a viabilidade dos fibroblastos de diferentes íons. Descobriu-se que o alginato de amônio possui propriedades anti-hemolíticas e antibacterianas ideais com menos citotoxicidade em comparação com outros íons. Além disso, a análise histopatológica revelou que esse tipo de curativo melhorou a reepitelização de feridas cutâneas infectadas de espessura total, em conjunto com o curativo de ferida de alginato de cálcio impregnado com prata comercial (35).

Na medicina popular, são utilizadas plantas para o tratamento de queimaduras: *Aloe barbadensis* Mill (babosa) e *Symphytum officinale* (confrei), que possuem ação cicatrizante e são utilizadas geralmente *in natura*, como cataplasma ou decocção. Ambas são reconhecidas pelo Ministério de Saúde e disponibilizadas na rede pública, constando na Lista de Fitoterápicos da Farmacopeia Brasileira (15, 36, 37).

Por fim, alguns ácidos graxos essenciais (AGE) têm sido usados na prática preventiva e para o tratamento de feridas. O ácido linoleico e o ácido linolênico são os ácidos graxos mais importantes para o tratamento de feridas, e produtos à base de AGE podem conter um ou ambos, além disso, possuir vitaminas A e E, e lecitina de soja (15, 38).

3.2 Curativos de origem inorgânica

Alguns materiais inorgânicos usados para aplicações médicas incluem minerais (como argilas minerais, zeólitos), materiais contendo metais (como prata, cobre, óxido de zinco), fosfatos e derivados do carbono. As opções de curativos de origem não-biológica são opções seguras para o fechamento de feridas superficiais. Eles permitem o desenvolvimento de um ambiente úmido que promove epitelização acelerada com uma necessidade menor de troca de curativos. Normalmente, essa classe de curativo tem custo-benefício menor que os substitutos de pele biológicos (14).

A sulfadiazina de prata é um curativo tópico muito usado que tem a capacidade de inibir a reprodução bacteriana, no entanto essa habilidade tem sido reduzida devido ao desenvolvimento de resistência bacteriana ao produto. A fim de superar isso, uma nova classe de curativos têm se desenvolvido baseado na cicatrização úmida de feridas, e na liberação dinâmica de íons de prata – capazes de resistir às bactérias e prevenir infecções. Uma das

coberturas que faz parte é a Aquacel®-Ag. Essa cobertura é composta por carboximetilcelulose sódica e componentes da prata. É um curativo de hidrofibra que tem a capacidade de absorver até vinte e cinco vezes seu próprio peso de líquido, e converter o líquido exsudado absorvido em gel para evitar que o exsudato afete a cicatrização da ferida (39).

Quadro 3 - Visão geral dos curativos com a tecnologias de nanopartículas

Curativos para Feridas	Materiais	Forma	Aplicação	Vantagens e Propriedades	Desvantagens e Limitações
Hidrogéis Infundidos com Nanopartículas (8, 44, 46-48)	Hidrogéis com nanopartículas de prata ou ouro	Hidrogel	Queimaduras e feridas infectadas	Liberação prolongada e controlada de agentes antimicrobianos, melhor penetração em feridas profundas	Potencial toxicidade, custo de produção de nanopartículas
Coberturas de nanopartículas de ouro (AuNPs) com celulose bacteriana (21, 51)	Nanopartículas de ouro e celulose bacteriana	Filmes, hidrogéis e membranas	Queimaduras de 1º e 2º grau, feridas infectadas	Atividade antimicrobiana contra bactérias gram negativas, alta biocompatibilidade, alta absorção (hidrogel) e conformabilidade (membranas e filmes)	Alto custo, dificuldade para manter estabilidade e a uniformidade da dispersão das AuNPs na matriz de CB.
Curativo de espuma com nanocargas de zinco (52)	Nanopartículas de zinco	Espumas	Queimaduras de 1º e 2º grau, feridas infectadas, feridas pós-operatórias	Propriedades antimicrobiana, fotobioestimulação, anti-inflamatório	Reatividade das nanocargas em condições específicas - afetando durabilidade e funcionalidade do curativo

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Uma análise comparativa indicou que o uso de curativos Aquacel®-Ag em pacientes com queimaduras resulta em uma recuperação mais rápida, com um aumento na taxa de cicatrização das feridas, redução nos níveis de TNF- α , e menor frequência de troca de curativos quando comparado ao tratamento com sulfadiazina de prata (39, 40). Os curativos Aquacel®-Ag contribuem para a manutenção de um ambiente úmido sobre a ferida,

diminuindo a formação de escara, favorecendo a proliferação celular epitelial no tecido lesado, estimulando a formação de tecido granulado saudável, e promovendo a autólise e desbridamento da superfície da ferida, o que, em conjunto, acelera o processo de cicatrização. A lesão inicial pode desencadear uma resposta inflamatória aguda, caracterizada pela síntese e liberação de interleucina-6, TNF- α , e outros fatores inflamatórios, responsáveis por danos imunológicos significativos e sensação de dor, além de prejudicarem as células do endotélio vascular, interferindo no processo de cicatrização e aumentando o risco de infecção. Os curativos Aquacel-Ag, no entanto, liberam íons de prata de forma sustentada, mantendo uma concentração alta o suficiente para garantir uma ação bactericida prolongada e mais efetiva, além de uma capacidade anti-inflamatória reforçada, o que minimiza o risco de infecções. Um estudo realizado por Lu, Luo e Zeng (2012) também revelou que o uso desses curativos pode reduzir o tempo de cicatrização em pacientes com pé diabético. Outro estudo com resultado semelhante foi conduzido por Gao et. al. (2017) em que identificou que a cobertura Aquacel®-Ag reduz o tempo de cicatrização e sua melhora estética, reduzindo a ocorrência de cicatriz hipertrófica em pacientes pediátricos com queimaduras na cabeça e face (39, 41, 42).

O estudo realizado por Biswas et al. (2018) produziram *scaffolds* porosos de quitosana/PVA associado aos metais selênio e prata por um método de deposição in situ, carregados com prata (Ag) ou selênio (Se) para serem usados em curativos para feridas. Os *scaffolds* carregados com prata apresentaram forte atividade bactericida contra *Staphylococcus aureus* (gram-positiva), *Escherichia coli* (gram-negativa) e *Staphylococcus aureus* resistente à metilicina (MRSA), mas causaram citotoxicidade em fibroblastos. Os *scaffolds* carregados com selênio mostraram atividade membranolítica contra as mesmas cepas bacterianas, mas não foram tóxicos para os fibroblastos (42, 44).

Ainda sobre as inovações com materiais metálicos, Kaygusuz et al. (2017) compararam as propriedades antibacterianas de filmes de alginato reticulados com cério (III) (filmes Ce) e filmes de alginato reticulados com cério (III)-quitosana (filmes Ce-Chi), com filmes convencionais de alginato de cálcio, contra *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*. Os resultados mostraram que os filmes reticulados com cério e cério-quitosana apresentaram maior atividade antibacteriana do que os filmes com cálcio, sugerindo que esses filmes sejam usados em curativos antibacterianos para feridas (44, 45).

3.3 Tecnologias em curativos

3.3.1 Nanopartículas

A tecnologia de nanopartículas (NPs) tem sido muito estudada nos últimos anos devido ao potencial de melhorar a entrega transdérmica de medicamentos e agentes terapêuticos. A interação das nanopartículas com a pele e sua meia-vida no local de ação, é determinado tanto pelo grau de injúria da pele, quanto pelo tipo e tamanho das nanopartículas (44). O nanocarreador ideal para a administração tópica de medicamentos em feridas cutâneas deve ser biodegradável, não tóxico e não imunogênico, além de possuir a capacidade de liberar o medicamento de maneira controlada. Apesar das outras variantes que interferem, o pequeno tamanho (1-100 nm) favorece a melhor penetração das substâncias em feridas (8, 44).

A forma de hidrogéis controla a liberação de medicamentos, mas podem acabar liberando rapidamente. Já as NPs permitem liberação controlada e sustentada, protegendo os agentes de proteólise intensa na ferida, isso melhora a bioatividade e a biodisponibilidade nos tecidos locais. Portanto, hidrogéis carregados com NPs são uma estratégia eficaz para prevenir e tratar infecções de feridas e promover a reepitelização (46).

As nanopartículas de metais e óxidos metálicos têm sido amplamente pesquisadas. A incorporação de nanopartículas de prata (AgNPs) em hidrogel supera os problemas de segurança e eficácia associados ao hidrogel que incorpora íons de prata. Ao incorporar AgNPs, o hidrogel pode alcançar uma liberação prolongada e controlada das nanopartículas no tecido da ferida segundo Bai et al. (2022). Além disso, devido ao seu pequeno tamanho, as nanopartículas de prata têm melhor capacidade de penetração em feridas profundas em comparação com os íons de prata (47). As propriedades antimicrobianas da prata são devidas à sua capacidade de perturbar a membrana plasmática, o que altera a permeabilidade, resultando na lise do microorganismo. AgNPs também podem se ligar ao DNA, impedindo sua replicação, ou se ligar aos ribossomos, impedindo a síntese de proteínas (44, 48).

Um estudo que analisou prontuários médicos de crianças de zero a 14 anos, com traumas por queimaduras evidenciou que os curativos de prata nanocristalina e aqueles associados à interface não traumática da ferida e da espuma absorvente foram melhores do que os da sulfadiazina de prata (15, 49). Outro estudo recente testou o uso compósito de celulose bacteriana, nanopartículas de prata e antibióticos (amicacina e ceftriaxona) em curativos para queimaduras obtendo eficácia inibitória contra patógenos, sem dificultar o crescimento de células epidérmicas (21, 50). Os compósitos de nanopartículas de ouro com

celulose bacteriana (CB) mostraram uma eficácia superior à maioria dos antibióticos contra bactérias gram-negativas, ao mesmo tempo em que preservaram propriedades físico-químicas importantes, como capacidade de absorção de água, alta resistência mecânica e biocompatibilidade. O amplo espectro antibacteriano desses compósitos, juntamente com a boa retenção de umidade, os torna um excelente material para curativos de feridas segundo Li et al. (2017) (21, 51).

O estudo de Han et al. (2019) analisou a adição de nanocargas de ZnO (óxido de zinco) ao curativo de espuma. Observou-se que os curativos obtidos possuem morfologia para manter o ambiente adequado na interface ferida-curativo e ainda demonstraram baixo potencial citotóxico associado a eficácia contra bactérias gram positivas e negativas (52).

3.3.2 Terapia à vácuo

A Terapia de Pressão Negativa em Feridas (TPN), também conhecida como fechamento assistido por vácuo (VAC), é uma técnica terapêutica usada para promover a cicatrização de feridas agudas ou crônicas e melhorar a cicatrização de queimaduras de segundo e terceiro graus. A terapia envolve a aplicação controlada de pressão subatmosférica ao ambiente local da ferida, usando um curativo selado conectado a uma bomba de vácuo (53).

O uso da terapia de pressão negativa pode ser visto pelas primeiras vezes na Era Romana, em que era usada sucção direta na ferida por via oral. O tratamento era tão eficaz que era indispensável, sendo observados grupos de curandeiros sugadores. Junto com a sucção direta pela boca, o uso de “ventosas” foi utilizado para retirar fluido de uma ferida aberta. Essas ventosas em forma de cúpula foram aplicadas sobre o local da ferida e deixadas no lugar por pelo menos uma hora para retirar o fluido. Para ativar a sucção, o calor foi aplicado na parte interna do vidro e colocado contra a carne do paciente, à medida que ocorria o resfriamento a sucção aumentava (53, 54).

Em uma das revisões selecionadas foram analisados seis estudos que incluíam um total de 701 pacientes que atenderam aos critérios de inclusão. Os desfechos, como a taxa de adesão do enxerto na primeira semana, a taxa de infecção e a taxa geral de complicações, foram observados. Os resultados indicaram que a terapia por pressão negativa é um método seguro para estimular a cicatrização e reduzir a taxa de infecção de feridas de queimadura (53).

Alguns dos pontos importantes sobre como a TPN afeta a cicatrização de feridas é através da remoção de fluidos, a TPN consiste em um curativo de ferida selada que é

conectado a uma bomba de vácuo. Esta bomba suga o fluido da ferida, o que pode ajudar na cicatrização e reduzir o risco de infecção. Essa terapia ainda pode acelerar o processo de cicatrização de feridas, reduzindo assim o tempo de tratamento, além de reduzir a incidência de infecção da ferida operatória em feridas cirúrgicas com encerramento primário (53). Seus modos de aplicação podem variar, existindo o modo intermitente, no qual a pressão negativa é repetidamente ligada e desligada por um período de 24 horas. Por fim, o método da terapia de pressão negativa pode ser combinado com outros tratamentos, como enxertos de pele de espessura parcial ou matrizes dérmicas acelulares porcinas (ADM), para melhorar a eficácia do tratamento (55). Outras ponderações sobre os benefícios da terapia por pressão negativa é a capacidade de melhorar a revascularização, aderir ao curativo de silicone ao leito da ferida e, eventualmente, melhorar a adesão do enxerto de pele (53, 55).

A terapia de pressão negativa é sugerida para diminuir a taxa de infecção por vários motivos. Primeiro, para o cuidado da ferida, os sistemas TPN reduzem a frequência de curativos, expondo menos o local da ferida. Além disso, pode proporcionar um ambiente de cicatrização positivo ao remover inibidores de cicatrização, como metaloproteínases no exsudato da ferida, e limpar microorganismos, promovendo uma melhor circulação microvascular para diminuir a colonização bacteriana (56).

Na revisão conduzida por Silva et al. (2020) foi ressaltado o potencial da terapia por pressão negativa no tratamento da contratura cicatricial, que além de proporcionar melhor taxa de sucesso da cicatrização, fornece a vantagem do paciente não precisar ficar imobilizado após as cirurgias, devido ao risco de perda do enxerto, isso porque a pressão negativa promove estabilidade das estruturas abaixo desse curativo (57, 58).

Quadro 4 - Visão geral das novas tecnologias em curativos para queimaduras

Curativos para Feridas	Materiais	Forma	Aplicação	Vantagens e Propriedades	Desvantagens e Limitações
Terapia de Pressão Negativa (53-58)	Vários materiais, geralmente inclui um curativo de espuma conectado a um vácuo	Espuma, dispositivo	Feridas agudas e crônicas, queimaduras (2° e 3° graus)	Promove cicatrização mais rápida, reduz risco de infecção, remove exsudato, melhora circulação	Requer equipamento e treinamento especializados, potencial desconforto para o paciente

Terapia Larval (59-62)	Larvas vivas (<i>Lucilia Sericata</i>)	Larvas vivas	Feridas crônicas, queimaduras de 3º grau	Desbridamento rápido de feridas, estimula cicatrização, eficaz contra infecções bacterianas resistentes	Desconforto psicológico para os pacientes, requer manuseio cuidadoso
Xenoinxerto com pele de peixe(63- 67)	Pele de peixe acelular (Espécies <i>Oreochromis niloticus</i> e <i>Gadus morhua</i>)	Folhas	Feridas de espessura total (queimaduras de 3º grau)	Promove regeneração tecidual, previne infecção	Disponibilidade limitada, potencial para reações alérgicas
Curativos Biológicos Irrradiados (69-72)	Pele de porco acelular embebidas com prata	Folhas	Feridas de espessura parcial profunda e de espessura total	Suporta regeneração tecidual, alta homologia ao tecido humano	Caro, requer armazenamento especializado, pouco efeito bactericida

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

3.3.3 Terapia larval

Nos últimos anos, as terapias biológicas têm ganhado destaque no tratamento de feridas por queimaduras, sendo amplamente estudadas para uso clínico potencial. A terapia de desbridamento com larvas de *Lucilia Sericata* tem se mostrado benéfica no manejo de várias feridas crônicas, incluindo úlceras diabéticas e escaras, com evidências de eficácia em ensaios clínicos (59, 60). A literatura sugere que a terapia larval pode limpar as feridas mais rapidamente em comparação com os tratamentos convencionais, estimulando o processo de cicatrização, desbridando tecido necrótico e eliminando infecções bacterianas, especialmente as espécies de MRSA (61).

Em um dos estudos selecionados foi conduzido uma análise comparativa em um hospital especialista em queimadura no Irã entre 2018 e 2020, comparando o tratamento para queimadura de 3º grau usando a terapia larval e o tratamento convencional para queimaduras de espessura total. Nele observou-se que o grupo tratado com larvas mostrou uma redução significativa na necrose já nos dias 2 e 4 de tratamento, com resultados estatisticamente significativos. Além disso, a formação de tecido de granulação foi significativamente maior nesse grupo, favorecendo a terapia larval sobre o tratamento convencional, com a razão granulação/necrose apresentando um aumento considerável conforme o avanço do tratamento. Quanto ao tempo até o desbridamento e até a cicatrização, foram significativamente menor no grupo submetido à terapia larval em comparação ao tratamento convencional. Entretanto, não

foram identificadas diferenças significativas em relação à contaminação bacteriana entre os dois métodos de tratamento, indicando que a eficácia da terapia larval se destaca sem aumentar o risco de infecção (59).

Outros estudos demonstraram que, além do desbridamento e da limpeza de infecções, o secretoma das larvas de *L. sericata* induz a proliferação celular e o remodelamento tecidual por meio do aumento dos níveis de expressão do gene do fator de crescimento transformador (TGF)- β , uma citocina envolvida no processo de cicatrização de tecidos, que em maiores níveis favorece a formação do tecido de granulação (62).

3.3.4 Xenoenxerto com pele de peixe

Atualmente o campo dos xenotransplantes têm se desenvolvido em larga escala. Os xenotransplantes usados são enxertos de pele acelular colhidos de duas espécies diferentes: Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e Bacalhau do Atlântico do Norte (*Gadus morhua*). Enquanto o enxerto de pele da Tilápia do Nilo pode ser exclusivamente usado em regiões tropicais ou subtropicais do mundo, os curativos desenvolvidos a partir da espécie Bacalhau do Atlântico Norte estão disponíveis mundialmente e foram inicialmente aprovados para o tratamento de várias feridas pela Administração de Alimentos e Medicamentos dos EUA (*US Food and Drug Administration*) em 2013 (63).

Os enxertos de pele de peixe acelular contém colágeno, fibrina, proteoglicanos e glicosaminoglicanos, agindo portanto como um substituto da pele. Diferente dos enxertos acelulares de mamíferos, os enxertos de pele de peixe não apresentam o risco de carregar e transmitir doenças e podem ser submetidos a um processo mais simples de esterilização mantendo uma fonte de gordura ômega-3 (64, 65). Alguns estudos evidenciam que ácidos graxos poliinsaturados ômega-3, ácido eicosapentaenóico e docosahexaenoico, que são abundantes na pele dos peixes, reduzem as respostas inflamatórias e promove citocinas pró-inflamatórias que promovem a cicatrização de feridas (64).

O estudo conduzido por Lima Junior et al. (2020), compara o tempo de cicatrização dos tratamentos convencionais aos métodos alternativos com pele acelular do peixe Tilápia do Nilo. Concluindo que o método com pele acelular era capaz de reduzir cerca de 1,43 dias em pacientes ambulatoriais, e 1,14 dias em pacientes internados. Esse estudo também avaliou o grau de dor relacionado a cobertura, concluindo que os enxertos de Tilápia do Nilo estão associados a menor intensidade de dor geral, avaliada pela escala visual analógica, e uma reduzida necessidade de anestésicos em comparação ao tratamento convencional com creme de sulfadiazina de prata a 1% (66).

Além disso, Wallner et al. (2022) observaram que o tratamento combinado de desbridamento enzimático e Kerecis® Omega3 - pele de peixe, especificamente pele de bacalhau do Atlântico - resultou em menores índices de dor e coceira em comparação com o uso de Suprathel®, um copolímero sintético de ácido láctico (PLA), poli(ε-caprolactona) (PCL) e polidioxanona (PDO). Na gestão de queimaduras pediátricas, a quantidade total de analgésicos necessária e a dor durante o tratamento mostraram-se equivalentes aos métodos de tratamento convencionais. Esses resultados consistentes sugerem que o xenoenxerto com pele de peixe pode ser uma opção clínica viável para casos selecionados, onde a redução de dor e desconforto pode melhorar a saúde e o funcionamento a longo prazo dos pacientes (67).

Um dos estudos selecionados propôs-se a realizar um ensaio clínico sobre a eficácia da utilização da pele da Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) como curativo biológico no tratamento de queimadura de 2º grau superficial e profundo em comparação ao curativo à base de hidrofibra com prata. A pele da Tilápia-do-Nilo foi aplicada no tratamento de 15 pacientes com queimaduras de 2º grau superficial e profundo. Com relação ao tempo de tratamento, o xenoenxerto obteve resultado semelhante às coberturas de prata (médias e desvio padrão de $9,6 \pm 2,4$ e $10,7 \pm 4,5$ dias, respectivamente). Ao final do tratamento, nova avaliação quanto a dor foi realizada e mais de 80% dos pacientes tratados com a pele de Tilápia-do-Nilo relataram sentir menos dor, com pontuações iguais ou inferiores a cinco na escala de dor. Este resultado é consideravelmente positivo em comparação com o grupo tratado com Aquacel-AG®, onde cerca de 46% dos pacientes relataram menos dor. Foi observado ainda que 60% dos pacientes tratados com Tilápia-do-Nilo não precisaram de substituições durante o tratamento. Em contraste, 53,3% dos pacientes tratados com hidrofibra com prata tiveram mais de uma substituição de curativos (68).

3.3.5 Curativo biológico irradiado

Os curativos biológicos irradiados (IBD), classe de coberturas analisadas em um dos artigos selecionados, são obtidos pelo processamento de pele de porco em finas folhas de pele que são embebidas com medicamentos contendo prata e então são irradiadas e esterilizadas com Cobalto-60. Esse tipo de cobertura possui características como baixa antigenicidade e boa compatibilidade com o tecido da ferida (69, 70).

No ensaio clínico conduzido por Zhang et al (2023) foram separados dois grupos, sendo submetido ao curativo tradicional e outro ao curativo biológico irradiado. Os curativos selecionados eram cobertos com gaze vaselinada e fixados com gaze estéril e curativo. No caso dos pacientes submetidos a IBD, o curativo era armazenado em freezer na temperatura

de -18°C e antes do uso era reaquecido e amolecido a 35°C e após isso aplicado a superfície interna diretamente na ferida, usando gaze estéril e bandagem para curativo externo. Após 3 dias o curativo era trocado a primeira vez e observada a adesão ao IBD, se fosse satisfatória, era feito outro curativo até a cicatrização; se houvesse mais exsudação local, uma pequena incisão deveria ser feita em tempo para drenagem. Ao final do ensaio, o grupo tratado com IBD demonstrou resultados significativamente melhores em várias métricas. A pontuação de feridas secundárias foi notavelmente menor, indicando menos complicações na área afetada. Além disso, observou-se uma redução significativa na hiperplasia da cicatriz da ferida, sugerindo uma melhoria na qualidade da cicatrização. O tempo necessário para a cura das feridas também foi consideravelmente reduzido, refletindo uma eficácia maior no processo de recuperação. Adicionalmente, o conforto proporcionado pela cobertura do curativo foi avaliado como significativamente superior, oferecendo não apenas um tratamento mais eficaz, mas também uma experiência mais confortável para os pacientes (69). Os pesquisadores justificam que o tecido de porco possui alta homologia com o tecido humano, sendo similar a estrutura da pele e presença de colágeno. A estrutura do IBD favorece a permeabilidade ao ar e reduz a formação de exsudação, evitando aderências à superfície da ferida, o que facilita a formação de granulação e minimiza a irritação do tecido epitelial novo, contribuindo para uma redução significativa na formação de cicatrizes (71).

Contudo, a ausência de efeito bactericida ativo dos IBDs sugere uma limitação no seu uso para feridas infectadas. Em suma, o IBD oferece um método eficaz para acelerar a recuperação de queimaduras de segundo grau, melhorando o conforto do paciente, diminuindo o risco de trauma secundário e cicatrizes, o que resulta numa melhoria significativa na qualidade de vida dos indivíduos afetados (71, 72).

4 DISCUSSÃO

A presente revisão bibliográfica explorou a diversidade de curativos utilizados no tratamento de queimaduras, com o objetivo de identificar as metodologias mais eficazes e fornecer uma base sólida de conhecimento aplicável à prática clínica. A análise dos 19 estudos selecionados revelou uma diversidade significativa de metodologias e materiais, variando desde curativos biológicos irradiados até a aplicação de nanopartículas de prata e xenoenxertos de pele de peixe. Destacou-se também a gravidade das queimaduras como um problema de saúde pública global, especialmente em países de baixo a médio desenvolvimento, onde ocorrem mais de 90% dos casos.

No que se refere aos cuidados com as queimaduras, é importante ressaltar que

existem vários tipos de curativos e produtos disponíveis no mercado. Contudo, devido à dinamicidade do processo de cicatrização da queimadura, não é possível utilizar um mesmo curativo durante todo o tratamento, sendo necessário reavaliá-lo constantemente, considerando fatores como custo, adequação à realidade pessoal, características e evolução da ferida. Algumas das propriedades que podem ajudar na escolha do curativo adequado incluem a não aderência, a redução da dor, o baixo custo, a atividade antimicrobiana, a capacidade de absorção e a ausência da necessidade de trocas frequentes, entre outras características.

Entre os principais tipos de curativos analisados, destacam-se os biossintéticos, os hidrogéis, os hidrocoloides, as hidrofibras, os curativos com prata nanocristalina, e os enxertos biológicos, como a pele de peixe. Esses curativos foram avaliados em termos de sua eficácia na promoção da cicatrização, capacidade absorptiva, propriedades antimicrobianas, e impacto na dor e na necessidade de trocas frequentes.

Destacou-se na análise a eficácia dos curativos biológicos, como enxertos de pele e substitutos dérmicos, que demonstraram promover uma cicatrização mais rápida e com menor incidência de infecções em comparação aos curativos tradicionais. No entanto, os custos elevados e a necessidade de recursos especializados ainda são desafios a serem superados.

As tecnologias emergentes, como o uso de nanopartículas, mostraram-se promissoras ao melhorar a entrega transdérmica de medicamentos e agentes terapêuticos, oferecendo uma liberação controlada e sustentada que protege os agentes de proteólise intensa na ferida e melhora a bioatividade nos tecidos locais.

Um dos achados mais significativos foi a eficácia dos curativos biológicos, como a pele de Tilápia-do-Nilo. Estudos mostraram que esse tipo de curativo pode reduzir significativamente a dor e a necessidade de trocas frequentes, sendo uma alternativa promissora para o tratamento de queimaduras de segundo grau. Mais de 80% dos pacientes tratados com pele de Tilápia relataram menos dor e não precisaram de substituições constantes do curativo, indicando um potencial considerável para melhorar a qualidade de vida dos pacientes.

Além disso, a revisão revelou uma heterogeneidade regional na produção de pesquisas sobre curativos para queimaduras. A China se destacou com uma produção significativa de estudos, seguida por Brasil, Portugal, Áustria e Polônia. Essa diversidade geográfica reflete um interesse global em avançar as tecnologias de tratamento de queimaduras, demonstrando que a inovação nessa área é uma prioridade em várias partes do mundo.

Contudo, a revisão também identificou algumas lacunas no conhecimento atual. Embora existam muitos estudos sobre diferentes tipos de curativos, há uma necessidade de mais pesquisas clínicas comparativas de longo prazo para avaliar de forma robusta a eficácia dos curativos biossintéticos. Devido ao recorte temporal, o período pandêmico foi incluído na revisão, o que poderia justificar a prevalência de revisões no trabalho. Isso porque com os esforços científicos voltados à doença emergente, pouco se realizou em demais áreas. Além disso, uma dificuldade maior haveria devido ao isolamento nos estudos que envolviam estudo clínico com pacientes humanos.

Adicionalmente, a análise econômica do uso de diferentes curativos é limitada, impedindo uma avaliação completa do custo-benefício dessas tecnologias. Essa informação é crucial para a tomada de decisões em ambientes clínicos com recursos limitados.

Outro ponto importante é a adaptação dos curativos às características individuais de cada paciente e às particularidades das lesões. As queimaduras variam amplamente em termos de profundidade, localização e extensão, o que exige uma abordagem personalizada para o tratamento. A escolha do curativo deve considerar não apenas a eficácia clínica, mas também fatores como conforto, facilidade de aplicação e remoção, e impacto na qualidade de vida do paciente.

Para aprimorar o conhecimento na área de queimaduras, são necessários estudos mais amplos e com maior rigor metodológico. Investigações futuras devem focar em ensaios clínicos randomizados e de longo prazo que comparem a eficácia dos diversos tipos de curativos em diferentes contextos clínicos. Além disso, é importante explorar o impacto econômico da utilização de curativos avançados, considerando os custos e os benefícios a longo prazo para o sistema de saúde e para os pacientes.

A constante evolução das tecnologias e materiais para curativos é crucial para enfrentar os desafios persistentes no tratamento de queimaduras. Inovações como curativos inteligentes e o uso de engenharia de tecidos prometem revolucionar o cuidado de queimaduras, oferecendo soluções mais eficazes e personalizadas. A colaboração interdisciplinar entre pesquisadores, profissionais de saúde e a indústria pode acelerar o desenvolvimento de novos produtos e técnicas que melhorem a qualidade de vida dos pacientes.

Em conclusão, os achados deste trabalho reforçam a importância de uma abordagem individualizada e baseada em evidências no tratamento de queimaduras. A integração de novas tecnologias e a realização de estudos adicionais são fundamentais para aprimorar as práticas clínicas e melhorar os resultados para os pacientes. As descobertas

também sublinham a necessidade de um maior investimento em pesquisa e desenvolvimento, especialmente em regiões com recursos limitados, para garantir que todos os pacientes tenham acesso a tratamentos eficazes e de alta qualidade.

REFERÊNCIAS

1. WORLD HEALTH ORGANIZATION. A WHO plan for burn prevention and care [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2008. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/97852>. Acesso em: 11 jan. 2024.
2. GREENHALGH, D. G. Management of burns. In: LONGO, D. L. (Ed.). New England Journal of Medicine [Internet]. 2019;380(24):2349-59. Disponível em: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra1807442>. Acesso em: 11 jan. 2024.
3. LEÃO, C. E. G. et al. Epidemiologia das queimaduras no estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Cirurgia Plástica [Internet]. 2011;26. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1983-51752011000400006>. Acesso em: 25 fev. 2024.
4. SHEPPARD, N. N. et al. Prognostic scoring systems in burns: A review. Burns, v. 37, n. 8, p. 1288-1295, 2011.
5. DHALIWAL, K.; LOPEZ, N. Hydrogel dressings and their application in burn wound care. British Journal of Community Nursing [Internet]. 2018;23(Supl. 9). Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30156874>. Acesso em: 25 fev. 2024.
6. SOCIEDADE INTERNACIONAL PARA CUIDADOS DE QUEIMADURAS. Guidelines for the management of burn injuries. [S.l.]: ISBI, 2020.
7. OPRIESSNIG, Elisa et al. Epidemiology of burn injury and the ideal dressing in global burn care—Regional differences explored. Burns, v. 49, n. 1, p. 1-14, 2023.
8. GOH, Meei Chyn et al. Advancing burn wound treatment: exploring hydrogel as a transdermal drug delivery system. Drug Delivery, v. 31, n. 1, p. 2300945, 2024.
9. SZYMAŃSKI, K.; WAŚ, J. Potencjalne możliwości leczenia i regeneracji skóry w rozległych ranach oparzeniowych przy zastosowaniu substytutów regenerujących skórę. Leczenie Ran, v. 11, p. 11-20, 2014.
10. BAZALIŃSKI, D.; KARNAS, M.; WOŁKOWICZ, M.; KÓZKA, M.; WIĘCH, P. Zastosowanie larw *Lucilla sericata* w oczyszczaniu ran przewlekłych—opis trzech przypadków. Leczenie Ran, v. 15, p. 153-159, 2018.
11. MARKIEWICZ-GOSPODAREK, Agnieszka et al. Burn wound healing: clinical complications, medical care, treatment, and dressing types: the current state of knowledge for clinical practice. International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 19, n. 3, p. 1338, 2022.
12. NISCHWITZ, S. P. et al. Global burn care and the ideal burn dressing reloaded – a

- survey among global experts. *Burns*, v. 47, p. 1665-1674, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.burns.2021.02.008>. Acesso em: 27 fev. 2024.
13. SENA, Claudiana Nunes; BRANDÃO, Marlise Lima. Curativos em queimaduras: revisão da prática brasileira. *Revista Brasileira de Queimaduras*, p. 53-59, 2021.
 14. 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.
 15. CARBONI, Rosadélia Malheiros et al. Therapy for patients with burns-an integrating review. *Revista da Associação Médica Brasileira*, v. 65, p. 1405-1412, 2019.
 16. HUSSAIN, Z. et al. Recent advances in polymer-based wound dressings for the treatment of diabetic foot ulcer: an overview of state-of-the-art. *Current Drug Targets*, v. 19, p. 527-550, 2017.
 17. ALMEIDA, J. F. et al. Photocrosslinkable biodegradable responsive hydrogels as drug delivery systems. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 49, p. 948-954, 2011.
 18. ALVEN, Sibusiso; ADERIBIGBE, Blessing Atim. Chitosan and cellulose-based hydrogels for wound management. *International journal of molecular sciences*, v. 21, n. 24, p. 9656, 2020.
 19. RASOOL, A.; ATA, S.; ISLAM, A. Stimuli responsive biopolymer (chitosan) based blend hydrogels for wound healing application. *Carbohydrate Polymers*, v. 203, p. 423-429, 2019.
 20. HU, Jialin et al. Clinical efficacy of wet dressing combined with chitosan wound dressing in the treatment of deep second-degree burn wounds: A prospective, randomised, single-blind, positive control clinical trial. *International Wound Journal*, v. 20, n. 3, p. 699-705, 2023.
 21. PORTELA, Raquel et al. Bacterial cellulose: a versatile biopolymer for wound dressing applications. *Microbial biotechnology*, v. 12, n. 4, p. 586-610, 2019.
 22. LI, Y. et al. Bacterial cellulose-hyaluronan nanocomposite biomaterials as wound dressings for severe skin injury repair. *Journal of Materials Chemistry B*, v. 3, p. 3498-3507, 2015.
 23. KHALID, A. et al. Bacterial cellulose-TiO₂ nanocomposites promote healing and tissue regeneration in burn mice model. *RSC Advances*, v. 7, p. 47662-47668, 2017.
 24. UL-ISLAM, M.; KHAN, T.; PARK, J. K. Water holding and release properties of bacterial cellulose obtained by in situ and ex situ modification. *Carbohydrate*

- Polymers, v. 88, p. 596-603, 2012.
25. CHIAOPRAKOBKIJ, N. et al. Characterization and biocompatibility of bacterial cellulose/alginate composite sponges with human keratinocytes and gingival fibroblasts. *Carbohydrate Polymers*, v. 85, p. 548-553, 2011.
 26. PHISALAPHONG, M. Novo aloe vera—bacterial cellulose composite film from biosynthesis. *Carbohydrate Polymers*, v. 79, p. 455-460, 2010.
 27. MIRZAEI, B. et al. Construction and analysis of alginate-based honey hydrogel as an ointment to heal of rat burn wound related infections. *International Journal of Burns and Trauma*, v. 8, p. 88-97, 2018.
 28. FEBRIYENTI, F. et al. Wound-healing effect of honey gel and film. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, v. 11, p. 176-180, 2019.
 29. SILVA, M. N. et al. Efeitos do tratamento tópico com ácido hialurônico 0,2% em queimadura de segundo grau: um relato de experiência. *Revista Brasileira de Queimaduras*, v. 16, n. 1, p. 49-52, 2017.
 30. STOICA, Alexandra Elena; CHIRCOV, Cristina; GRUMEZESCU, Alexandru Mihai. Nanomaterials for wound dressings: an up-to-date overview. *Molecules*, v. 25, n. 11, p. 2699, 2020.
 31. FAN, Z. et al. A novel wound dressing based on Ag/graphene polymer hydrogel: Effectively kill bacteria and accelerate wound healing. *Advanced Functional Materials*, v. 24, p. 3933-3943, 2014.
 32. THIRUMALESHWAR, S.; KULKARNI, P. K.; GOWDA, D. V. Liposomal hydrogels: A novel drug delivery system for wound dressing. *Current Drug Therapy*, v. 7, p. 212-218, 2012.
 33. RAHMANI, S.; MOONEY, D. J. Tissue-engineered wound dressings for diabetic foot ulcers. In: *The Diabetic Foot*. Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2018. p. 247-256.
 34. PAWAR, H. V. et al. Comparison of in vitro antibacterial activity of streptomycin-diclofenac loaded composite biomaterial dressings with commercial silver based antimicrobial wound dressings. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 121, p. 191-199, 2019.
 35. UNNITHAN, A. R. et al. Electrospun zwitterionic nanofibers with in situ decelerated epithelialization property for non-adherent and easy removable wound dressing application. *Chemical Engineering Journal*, v. 287, p. 640-648, 2016.
 36. COSTA, V. P.; MAYWORM, M. A. Plantas medicinais utilizadas pela comunidade do

- bairro dos Tenentes - município de Extrema, MG, Brasil. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v. 13, n. 3, p. 282-292, 2011.
37. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Formulário de Fitoterápicos Farmacopeia Brasileira. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/farmacopeia/formulario-fitoterapico/2024-ffb2-1-er-3-atual-final-versao-com-capa-em-word-2-jan-2024.pdf>. Acesso em: 29 fev. 2024.
 38. FERREIRA, A. M. et al. Utilização dos ácidos graxos no tratamento de feridas: uma revisão integrativa da literatura nacional. Revista da Escola de Enfermagem da USP, v. 46, n. 3, p. 752-760, 2012.
 39. WU, Juan-juan et al. Effect of silver-containing hydrofiber dressing on burn wound healing: A meta-analysis and systematic review. Journal of Cosmetic Dermatology, v. 22, n. 5, p. 1685-1691, 2023.
 40. LEI, D. M. et al. Application effect of Liuhe Dan combined with hydrophilic fiber-containing silver dressing on the nursing of limbs trauma combined with infection. Journal of Sichuan Traditional Chinese Medicine, v. 38, p. 198-201, 2020.
 41. LU, S. Y.; LUO, S. Z.; ZENG, C. P. Nursing of patients with diabetic foot using Aquacel AG dressing. Chinese Journal of Practical Nursing, v. 28, p. 6-7, 2012.
 42. GAO, Y.; LI, J. H.; GUO, Z. Q.; ZHANG, X. H. Application of hydrogel dressing Aquacel-Ag in the treatment of partial thickness burns of the head and face in children. Chinese Journal of Aesthetic Plastic Surgery, v. 28, p. 485-487, 2017.
 43. BISWAS, D. P. et al. Comparative study of novel in situ decorated porous chitosan-selenium scaffolds and porous chitosan-silver scaffolds towards antimicrobial wound dressing application. Journal of Colloid and Interface Science, v. 515, p. 78-91, 2018.
 44. SOUTO, Eliana B. et al. New nanotechnologies for the treatment and repair of skin burns infections. International journal of molecular sciences, v. 21, n. 2, p. 393, 2020.
 45. KAYGUSUZ, H. et al. Antimicrobial cerium ion-chitosan crosslinked alginate biopolymer films: A novel and potential wound dressing. International Journal of Biological Macromolecules, v. 105, p. 1161-1165, 2017.
 46. BLANCO-FERNANDEZ, B. et al. Nanotechnology approaches in chronic wound healing. Advances in Wound Care (New Rochelle), v. 10, p. 234-256, 2021. DOI: 10.1089/wound.2019.1094.
 47. BAI, Q. et al. Current challenges and future applications of antibacterial nanomaterials

- and chitosan hydrogel in burn wound healing. *Materials Advances*, v. 3, p. 6707-6727, 2022. DOI: 10.1039/D2MA00695B.
48. SCHRÖFEL, A. et al. Applications of biosynthesized metallic nanoparticles—A review. *Acta Biomaterialia*, v. 10, p. 4023-4042, 2014.
 49. MOSER, H. H. et al. Uso de curativos impregnados com prata no tratamento de crianças queimadas internadas no Hospital Infantil Joana de Gusmão. *Revista Brasileira de Queimaduras*, v. 13, n. 3, p. 147-153, 2014.
 50. VOLOVA, T. G. et al. Antibacterial properties of films of cellulose composites with silver nanoparticles and antibiotics. *Polymer Testing*, v. 65, p. 54-68, 2018.
 51. LI, Y. et al. Composites of bacterial cellulose and small molecule-decorated gold nanoparticles for treating Gram-negative bacteria-infected wounds. *Small*, v. 13, p. 10, 2017.
 52. HAN, L. et al. Mussel-inspired cryogels for promoting wound regeneration through photobiostimulation, modulating inflammatory responses and suppressing bacterial invasion. *Nanoscale*, v. 11, p. 15846-15861, 2019.
 53. LIN, Dai-Zhu et al. Negative pressure wound therapy for burn patients: A meta-analysis and systematic review. *International Wound Journal*, v. 18, n. 1, p. 112-123, 2021.
 54. MILLER, C. The history of negative pressure wound therapy (NPWT): from “lip service” to the modern vacuum system. *Journal of the American College of Clinical Wound Specialists*, v. 4, p. 61-62, 2012.
 55. NORMAN, G. et al. Negative pressure wound therapy for surgical wounds healing by primary closure. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, Issue 4, Art. No.: CD009261, 2022. DOI: 10.1002/14651858.CD009261.pub.
 56. AYCART, M. A. et al. Mechanisms of action of instillation and dwell negative pressure wound therapy with case reports of clinical applications. *Cureus*, v. 10, n. 9, p. e3377, 2018.
 57. SILVA, Andréia Vieira et al. Terapias aplicadas no tratamento das lesões por queimaduras de terceiro grau e extensão variável: revisão integrativa. *Medicina (Ribeirão Preto)*, v. 53, n. 4, p. 456-463, 2020.
 58. ALDUNATE, J. L. C. B. et al. Uso de matriz dérmica associado ao curativo por pressão negativa na abordagem da contratatura em pacientes queimados. *Revista Brasileira de Cirurgia Plástica*, v. 27, n. 3, p. 369-373, 2012.
 59. GAFFARI, Jasem et al. Larval therapy vs conventional silver dressings for

- full-thickness burns: a randomized controlled trial. *BMC medicine*, v. 21, n. 1, p. 361, 2023.
60. DUMVILLE, J. C. et al. VenUS II: a randomised controlled trial of larval therapy in the management of leg ulcers. *Health Technology Assessment*, v. 13, n. 55, p. 1-220, 2009.
 61. MOHD ZUBIR, Mohd Zurairie; HOLLOWAY, Samantha; MOHD NOOR, Norhayati. Maggot therapy in wound healing: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 17, p. 6103, 2020.
 62. HONDA, Kenjiro et al. A novel mechanism in maggot debridement therapy: protease in excretion/secretion promotes hepatocyte growth factor production. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, v. 301, n. 6, p. C1423-C1430, 2011.
 63. LUZE, Hanna et al. The use of acellular fish skin grafts in burn wound management—a systematic review. *Medicina*, v. 58, n. 7, p. 912, 2022.
 64. YANG, C. K.; POLANCO, T. O.; II, J. C. L. A prospective, postmarket, compassionate clinical evaluation of a novel acellular fish-skin graft which contains omega-3 fatty acids for the closure of hard-to-heal lower extremity chronic ulcers. *Wounds*, v. 28, p. 112-118, 2016. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27071138>. Acesso em: 29 mar. 2024.
 65. KJARTANSSON, H. et al. Use of acellular fish skin for dura repair in an ovine model: A pilot study. *Open Journal of Modern Neurosurgery*, v. 5, p. 124-136, 2015.
 66. JÚNIOR, E. M. L. et al. Innovative burn treatment using tilapia skin as a xenograft: A phase II randomized controlled trial. *Journal of Burn Care & Research*, v. 41, p. 585-592, 2020.
 67. WALLNER, C. et al. The use of intact fish skin as a novel treatment method for deep dermal burns following enzymatic debridement: A retrospective case-control study. *European Burn Journal*, v. 3, p. 43-55, 2022.
 68. MIRANDA, MARCELO JOSÉ BORGES DE; BRANDT, Carlos Teixeira. Xenoenxerto (pele da Tilápia-do-Nilo) e hidrofibra com prata no tratamento das queimaduras de II grau em adultos. *Revista Brasileira de Cirurgia Plástica*, v. 34, n. 01, p. 79-85, 2019.
 69. ZHANG, Xia et al. Effects of irradiated biological dressings on second-degree burn wounds. *African Health Sciences*, v. 23, n. 2, p. 367-73, 2023.
 70. RAHMAN, S. et al. Biological versus non-biological dressings in the management of split-thickness skin-graft donor sites: a systematic review and meta-analysis. [ano de

publicação].

71. ZHANG, Z. et al. Xenogenic (porcine) acellular dermal matrix promotes growth of granulation tissues in the wound healing of Fournier gangrene. *The American Surgeon*, v. 81, n. 1, p. 92-95, 2015.
72. ABDEL-SAYED, Philippe et al. Evolution of biological bandages as first cover for burn patients. *Advances in wound care*, v. 8, n. 11, p. 555-564, 2019.