

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
ETEC DE MAUÁ**

Curso Técnico em Farmácia

Gabrielle dos Santos Gonzaga Carvalho

Giovanna Amaro Silva

Igor Araújo de Oliveira

Luan Henrique Pereira Fante

Mariana Martins Zancanela

Pedro Henrique da Silva Ricci

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA TILÁPIA DO NILO
(*Oreochromis niloticus*) PARA SÍNTESE DE GEL DE COLÁGENO
(TIPO I E III) PARA FINS CICATRIZANTES.**

Mauá, SP 2026

Gabrielle dos Santos Gonzaga Carvalho

Giovanna Amaro Silva

Igor Araújo de Oliveira

Luan Henrique Pereira Fante

Mariana Martins Zancanela

Pedro Henrique da Silva Ricci

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA TILÁPIA DO NILO
(*Oreochromis niloticus*) PARA SÍNTESE DE GEL DE COLÁGENO
(TIPO I E III) PARA FINS CICATRIZANTES.**

Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado ao Curso
Técnico em Farmácia da Etec de
Mauá, orientado pelo Prof. Hélio
Campos, como requisito parcial
para obtenção do título de técnico
em farmácia.

Mauá, SP 2026

RESUMO

As queimaduras e outras lesões na pele representam um grande problema de saúde pública nacional e internacional afetando milhões de pessoas a cada ano. Esses casos estão frequentemente associados a processos de cicatrização lentos, riscos elevados de infecção e impactos físicos, psicológicos e econômicos significativos. Como forma de combater essa problemática, há um grande foco de estudo no campo científico moderno, que tem se aprofundado na investigação de bioativos e biocomponentes capazes de mitigá-la. Entre eles, destaca-se o colágeno de origem marinha, proveniente da pele da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), rico em colágeno dos tipos I e III. Diante deste contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um gel à base de colágeno extraído da pele de tilápia-do-Nilo, com o objetivo de avaliar seu potencial em acelerar o processo de cicatrização, reduzir cicatrizes e melhorar os resultados estéticos. Além disso, busca apresentar uma alternativa sustentável e de baixo custo, aproveitando resíduos da indústria pesqueira e contribuindo para a redução do impacto ambiental.

Palavras-chave: Colágeno, Tilápia-do-Nilo, Cicatrização, Biorresíduos, pele

RESUMEN

Las quemaduras y otras lesiones cutáneas representan um gran problema de salud pública, tanto a nivel nacional como internacional, afectando a millones de personas cada año. Estos casos suelen estar asociados a procesos de cicatrización lentos, altos riesgos de infección e impactos físicos, psicológicos y económicos significativos. Como uma forma de combatir esta problemática, existe um gran enfoque de estudio em el campo científico moderno, que se há profundizado em la investigación de bioactivos y biocomponentes capaces de mitigarla. Entre ellos, se destaca el colágeno de origen marino, proveniente de la piel de la tilapia del nilo *oreochromis niloticus*, rico em colágeno de los tipos i y iii.

Ante este contexto, este trabajo propone el desarrollo de um gel a base de colágeno extraído de la piel de tilapia del nilo, com el objetivo de evaluar su potencial para acelerar el proceso de cicatrización, reducir cicatrices y mejorar los resultados estéticos. Además, busca presentar uma alternativa sostenible y de bajo costo, aprovechando los residuos de la industria pesquera y contribuyendo a la reducción del impacto ambiental.

Palabras clave: colágeno, tilapia del nilo, cicatrización, biorresiduos, piel.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -Camadas da pele	10
Figura 2 -Estrutura geral dos Aminoácidos.....	18
Figura 3 -Estrutura geral do colágeno.....	19
Figura 4 -Efeito da aplicação tópica de extrato de colágeno de tilápia na redução de área ferida.....	23
Figura 5 -Estrutura molecular do colágeno.....	27
Figura 6 -Fluxograma de extração do colágeno	29
Figura 7 -Representação do comportamento estrutural do hidrogel em meio líquido.	30
Figura 8 -Estrutura do Carbopol.....	32
Figura 9 -Pele inteira da tilápia.....	37
Figura 10 -Tiras pele de tilápia	38
Figura 11 - Pele de tilápia após maceração	41
Figura 12 -Processo de fibrilogênese	43
Figura 13 - Filtração a vácuo.....	44
Figura 14 -Sistema de filtração a vácuo	46
Figura 15 - Bomba a vácuo	47
Figura 16 - Centrifugação das amostras de colágeno	48
Figura 17 -Hidratação de carbopol para confecção de gel	51
Figura 18 -Diferentes tipos de géis	52
Figura 19 -Estrutura tridimensional de um hidrogel.....	52
Figura 20 -Estrutura do carbopol.....	55
Figura 21 -Processo de neutralização do carbopol	56
Figura 22 -Gel de carpobol finalizado	59
Figura 23 -Envase de gel de colágeno	63
Figura 24 -Logo do produto	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -Composição da formulação do gel de colágeno.....	67
Tabela 2 -Preço gasto em uma unidade do gel	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -Pesquisa de campo: Com frequência essas lesões ocorrem ?.....	72
Gráfico 2 -Pesquisa de campo: Com qual frequência produtos cicatrizantes são utilizados?	73
Gráfico 3 -Pesquisa de campo: Qual a opinião das pessoas sobre os preços de mercado?	74
Gráfico 4 -Pesquisa de campo: O público teria interesse em adquirir o produto?	75

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. JUSTIFICATIVA.....	7
3. OBJETIVO	8
3.1. Objetivo Geral.....	8
3.2. Objetivo Específico.....	8
4.REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
4.1 Sistema tegumentar e queimaduras.....	9
4.1.1 Sistema Tegumentar.....	9
4.1.2 Epiderme.....	10
4.1.3 Derme.....	11
4.1.4 Hipoderme.....	12
4.1.5 Tipos de pele.....	12
4.1.6 Pele seca	12
4.3 Tilápia-Do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	15
4.3.1 Origem e Distribuição	15
4.3.2 Características Morfológicas e Biológicas	16
4.3.3 Alimentação e Manejo Nutricional.....	16
4.3.4 Reprodução e Melhoramento Genético	16
4.3.5 Visão Industrial	17
4.3.6 Impactos Ambientais.....	17
4.4 Colágenos extraídos da pele do peixe.....	18
4.5 O uso do colágeno de peixe para auxílio na cicatrização.....	20
4.6 Biorresíduo gerado e bioreciclagem	23
4.7 Curativo original de escama.....	25
4.8 Extração de colágeno por hidrólise ácida.....	26
4.9 Formulação de géis.....	30
5 METODOLOGIA.....	34
6 PROCEDIMENTO	35
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
8. CONCLUSÃO.....	76
9.REFERÊNCIAS.....	77

1. INTRODUÇÃO

As queimaduras representam um dos tipos de lesões mais recorrentes na área da saúde, podendo variar desde pequenos acidentes domésticos até casos clínicos que exigem longo período de internação. Além da dor intensa, esses ferimentos frequentemente resultam em cicatrizes de difícil tratamento, impactando diretamente a qualidade de vida e autoestima dos pacientes. (FONTOURA, 2019)

Atualmente, os tratamentos convencionais para queimaduras e cicatrizes incluem pomadas cicatrizantes, curativos sintéticos e enxertos de pele, mas muitos deles apresentam desvantagens. Entre as limitações estão o alto custo, a necessidade de trocas frequentes, desconforto durante o uso e eficácia limitada em estimular a regeneração profunda do tecido. (FONTOURA, 2019)

Nesse cenário, a utilização da pele de peixe surge como alternativa promissora, devido à sua composição rica em colágeno e à capacidade de favorecer a cicatrização de forma natural e menos invasiva. Curativos para queimaduras com pele de peixe já são utilizados no mercado há alguns anos, reconhecendo as propriedades regenerativas destes também para cicatrizes mais leves. (FONTOURA, 2019)

A propriedade que causa a regeneração de tecidos através da pele dos peixes é o colágeno tipo I e III, que tem uma ação biofilme que ajuda na fase proliferativa da cicatrização de tecidos dérmicos. Para grandes cicatrizes ou queimaduras, é recomendado a utilização deste curativo, tal qual para pessoas que possuem deficiência em colágeno no corpo. (MOURÃO, Campo, 2019)

A utilização da pele de tilápia, em particular, tem mostrado eficiência em estudos, devido ao seu colágeno de alta qualidade. Além disso, a pele de peixe facilita o uso, precisando de trocas menos frequentes em relação a outros curativos simples. (MOURÃO, Campo, 2019)

O grande consumo da tilápia e peixes em geral acaba desencadeando na geração de uma grande quantidade de resíduos orgânicos. No entanto, extrair esses subprodutos de pescados tem benefícios nutricionais e proteicos, além de maximizar a utilização da tilápia e aumentar o campo de mercado deste tipo de material.

(FONTOURA, 2019)

O trabalho visa extrair da pele da tilápia o colágeno e fazer a aplicação em um gel tópico, que iria resolver ambos os problemas, por ter uma aplicação mais prática e ser menos incômodo do que o material original. A utilização da escama do peixe causa certo desconforto por parte dos usuários. O produto será sintetizado visando o público-alvo de pessoas que apresentam feridas e queimaduras de primeiro e segundo grau. (FONTOURA, 2019)

O Brasil, por ser um dos maiores produtores e consumidores de tilápia no mundo, tornou-se referência em pesquisas sobre o aproveitamento de seus resíduos. Diversos estudos já comprovaram a eficiência da pele de tilápia como biomaterial no tratamento de queimaduras de segundo e terceiro grau, sendo inclusive aplicada em hospitais de referência. Esse avanço coloca o país em destaque na inovação em biotecnologia aplicada à saúde, reforçando o potencial científico e econômico desse recurso. (FONTOURA, 2019)

2. JUSTIFICATIVA

Os curativos oclusivos sintéticos ou biossintéticos possuem custos elevados de produção, têm-se buscado alternativas de substituição nos materiais biológicos para tratamento de feridas locais provocadas por queimaduras. A pele da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), surge com aplicabilidade clínica de novos biomateriais utilizáveis para a bioengenharia. O colágeno é um produto de alto valor comercial devido a sua abundância no tecido animal (bovinos, suínos, peixes, entre outros) e, dentre os subprodutos utilizados para obtenção deste produto, destacam-se os peixes, por conta da alta disponibilidade no mercado, ausência do risco de toxicidade e transmissão de doenças, ultrapassa barreiras religiosas, e possui alto rendimento de colágeno no processo de extração.

Estudos apontam que cerca de 1.000.000 de pessoas sofrem acidentes por queimaduras no Brasil (em 2012), os processos de cicatrização requerem uma atenção e apoio farmacêutico para impedir danos permanentes na aparência e funcionalidade da região afetada, cortes que geram cicatrizes dependem dessa mesma atenção, criando a necessidade de um produto que traga o conforto e a eficácia essenciais no tratamento desses ferimentos. O auxílio na cicatrização se dá na reposição deste material essencial para a revitalização do tecido danificado, podendo servir como um auxiliar para o tratamento já existente dos biomateriais a base da pele de tilápia para síntese de curativos, e esta nova agregação de valor pode auxiliar a reciclagem dos resíduos da indústria pesqueira, que já vem destinando muito do material descartado destes pescados para a indústria farmacêutica. (Lima-Junior EM, Picollo NS, Miranda MJB, Ribeiro WLC, Alves APNN, Ferreira GE, et al., 2017; Cruz BF, Cordovil PBL, Batista KNM, 2012; FONTOURA, 2019)

3. OBJETIVO

3.1. Objetivo Geral

Desenvolver um gel a base de colágeno tipo I e tipo III da pele da tilápia, para pessoas em período de cicatrização de cortes e queimaduras. O colágeno escolhido será obtido através de uma extração de hidrólise ácida realizada por bateladas.

3.2. Objetivo Específico

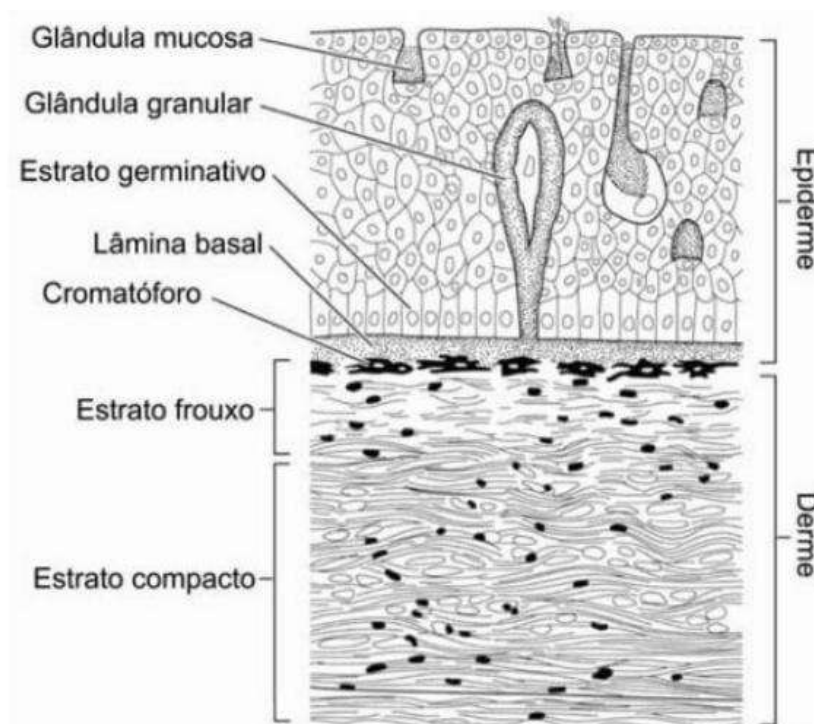
- Recolher o biorresíduo originário da tilápia em peixarias ou grandes mercados, de forma arrecadada ou abaixo do preço de mercado.
- Extrair o colágeno por meio do protocolo ácido.
- Avaliar o colágeno obtido por meio de análise de solubilidade e pH.
- Sintetizar um substituto para a pele de tilápia bruta.
- Contribuir para a bioreciclagem e diminuição de danos ambientais do descarte de lixo orgânico da indústria pesqueira.

4.REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Sistema tegumentar e queimaduras

4.1.1 Sistema Tegumentar

O tegumento humano é constituído pela pele e seus anexos, que incluem pelos, unhas, glândulas sebáceas, sudoríparas e mamárias. A pele, por sua vez, apresenta duas camadas principais: a epiderme, de origem ectodérmica (epitelial), e a derme, derivada do mesoderma (conjuntiva), que juntas representam cerca de 16% do peso corporal total. A espessura da epiderme determina sua classificação em pele fina ou espessa; a espessa é encontrada em regiões como palmas das mãos, plantas dos pés e certas articulações, enquanto a fina cobre a maior parte do corpo. Logo abaixo da derme encontra-se a hipoderme, ou tecido celular subcutâneo, formada por tecido conjuntivo frouxo que frequentemente contém panículo adiposo. É importante ressaltar que a hipoderme não faz parte da pele propriamente dita, servindo principalmente para unir a derme aos órgãos subjacentes. Como órgão de grande relevância, a pele desempenha múltiplas funções: atua como barreira contra desidratação, fricção e radiação ultravioleta; participa da percepção sensorial por meio de receptores como os corpúsculos de Vater-Pacini; contribui para termorregulação, excreção, síntese de vitamina D3 e defesa imunológica. A junção entre derme e epiderme é feita pelas papilas dérmicas, projeções irregulares que se encaixam nas cristas epidérmicas, proporcionando coesão mecânica entre as camadas. (CESAD, 2012) (UFPel, 2018).

Figura 1-Camadas da pele

Fonte: Adaptado de CESAD, UFS (2012). Cordados I – aula 02.

4.1.2 Epiderme

A epiderme é formada por epitélio estratificado pavimentoso queratinizado, sendo os queratinócitos as células predominantes. Ela apresenta entre quatro e cinco estratos, dispostos da camada basal até a superfície: basal, espinhosa, granulosa, lúcida (exclusiva da pele espessa) e córnea. O estrato basal contém células prismáticas ou cuboides basofílicas apoiadas sobre a membrana basal. Esta camada, também chamada de germinativa, é rica em células-tronco e apresenta intensa atividade mitótica, sendo essencial para a renovação da epiderme. Os queratinócitos desta camada possuem filamentos intermediários de queratina, cuja densidade aumenta conforme se aproximam da superfície. Nesta região, encontram-se também melanócitos, presentes na junção dermoepidérmica (UFPeI, 2018).

A camada espinhosa é constituída por células cuboides ou levemente achatadas com núcleo central e citoplasma contendo tonofilamentos, que se conectam aos desmossomos. Estas estruturas conferem às células o aspecto característico espinhoso. Os queratinócitos sintetizam as citoqueratinas 1 e 10, substituindo isoformas anteriores, além de produzir corpos lamelares, pequenos

grânulos glicolipídicos que contribuem para a barreira cutânea (CEDERJ, 2018) (UFPeI, 2018).

O estrato granuloso apresenta três a cinco fileiras de células poligonais achatadas, com núcleo central e citoplasma repleto de grânulos de querato-hialina associados aos tonofilamentos, pertencentes às isoformas 2e e 9 de citoqueratina. Os corpos lamelares aumentam em número e são liberados nos espaços intercelulares, formando uma camada protetora sobre as células do estrato lúcido. Essa camada atua como barreira hídrica da epiderme (CEDERJ, 2018) (UFPeI, 2018).

O estrato lúcido, visível apenas na pele espessa, é composto por células achatadas, translúcidas e eosinofílicas, desprovidas de núcleo e organelas. Estas células possuem queratina parcialmente formada e são recobertas por uma camada glicolipídica que torna a membrana plasmática impermeável (CEDERJ, 2018) (UFPeI, 2018).

O estrato córneo consiste em células achatadas e mortas, sem núcleo, com citoplasma preenchido por queratina, formando placas que descamam continuamente. Nas regiões de pele fina, podem faltar os estratos granuloso e lúcido, além de apresentar o córneo mais delgado (UFPeI, 2018).

4.1.3 Derme

A derme divide-se em derme papilar, de tecido conjuntivo frouxo superficial, e derme reticular, mais profunda e densa. O limite entre elas é pouco definido. Ambas contêm fibras elásticas, vasos sanguíneos e linfáticos, nervos, folículos pilosos e glândulas sebáceas e sudoríparas (UFPeI, 2018).

O sistema de fibras elásticas da derme é composto por fibras oxitalânicas, elaunínicas e elásticas, produzidas em três estágios distintos que podem coexistir. As fibras oxitalânicas são formadas por microfibrilas de 10 nm de diâmetro, constituídas principalmente por fibrilina, servindo de arcabouço para deposição de elastina. As fibras elaunínicas possuem elastina disposta irregularmente entre microfibrilas, enquanto as fibras elásticas apresentam elastina central em grande quantidade (CEDERJ, 2018).

4.1.4 Hipoderme

A hipoderme, camada mais profunda da pele, conecta-a aos órgãos subjacentes. Constituída por tecido conjuntivo frouxo e células adiposas em quantidade variável, sua função inclui modelar o corpo e atuar como reservatório energético. Devido à presença de gordura, funciona também como isolante térmico, conferindo proteção contra baixas temperaturas (CEDERJ, 2018).

4.1.5 Tipos de pele

A pele humana, maior órgão do corpo, atua como barreira de proteção e desempenha funções vitais, como controle térmico, percepção sensorial e defesa imunológica. No entanto, sua estrutura e funcionamento variam significativamente entre os indivíduos. Essas diferenças são influenciadas por fatores genéticos, hormonais, climáticos, nutricionais e de idade, resultando em distintos tipos de pele, que determinam o aspecto externo e o tipo de cuidado necessário (CEDERJ, 2019; MARTINS et al., 2020).

De forma geral, os tipos de pele são classificados em normal, seca, oleosa e mista. Essa divisão baseia-se, principalmente, na quantidade de sebo produzida pelas glândulas sebáceas, na capacidade de retenção de água e na integridade da barreira cutânea. Cada tipo apresenta características próprias, vantagens e vulnerabilidades específicas.

4.1.6 Pele seca

A pele seca apresenta baixa produção de sebo e reduzida capacidade de reter água, o que resulta em aspereza, descamação e sensação de repuxamento. Essa condição pode ser agravada por banhos quentes, uso excessivo de sabonetes alcalinos e exposição prolongada ao vento e ao frio. A deficiência de lipídios na superfície prejudica a função de barreira, tornando a pele mais suscetível a microfissuras, irritações e inflamações (MARTINS et al., 2020).

Além do desconforto físico, a pele seca também está relacionada ao envelhecimento cutâneo precoce, pois a falta de hidratação compromete a elasticidade e a renovação celular. O uso de produtos emolientes e a reposição de componentes lipídicos são fundamentais para restaurar o equilíbrio e a maciez desse tipo de pele. (MARTINS et al., 2020).

4.1.7 Pele oleosa

A pele oleosa é caracterizada pela produção excessiva de sebo, o que confere brilho acentuado, poros dilatados e tendência ao aparecimento de acne. A hiperatividade das glândulas sebáceas é influenciada por fatores hormonais, especialmente durante a puberdade, e pode ser agravada por dietas ricas em gorduras, estresse e exposição à poluição (CEDERJ, 2019).

Apesar de ser mais propensa à obstrução dos poros e infecções bacterianas, a pele oleosa apresenta maior resistência à perda de umidade e ao envelhecimento precoce, devido à camada protetora de sebo que reduz a evaporação da água. O tratamento ideal envolve limpeza controlada e uso de cosméticos não comedogênicos para equilibrar a oleosidade sem agredir a barreira cutânea (MARTINS et al., 2020).

4.1.8 Pele mista

A pele mista é a mais comum entre os adultos e combina características da pele seca e oleosa. Normalmente, a região central do rosto (zona T: testa, nariz e queixo) apresenta oleosidade excessiva, enquanto as bochechas e extremidades tendem ao ressecamento (MARTINS et al., 2020).

Essa variação ocorre devido à distribuição desigual das glândulas sebáceas e sudoríparas, o que torna o cuidado mais complexo. É necessário empregar produtos que atuem de forma seletiva controlando a oleosidade da zona T sem ressecar as demais áreas. A rotina de cuidados deve priorizar a manutenção do equilíbrio cutâneo, com limpeza suave, hidratação leve e fotoproteção diária (MARTINS et al., 2020).

4.1.9 Queimaduras

A Organização Mundial da Saúde (OMS) atesta que as queimaduras são responsáveis por 180.000 mortes anualmente em todo o planeta, e os que sobrevivem a estas ocorrências possuem perda de função da região afetada que, em casos extremos, deixam deformidades e deficiências como sequelas. (ZIMBA; RWIZA; SAULI; et al., 2024)

Uma queimadura pode ser causada por agentes químicos, físicos ou biológicos; estas variam em classificações: superficiais, espessura parcial e espessura total, que estão relacionadas ao aumento da área de região corporal interna e externa, afetando a morbidade da lesão e mortalidade para o paciente. As superficiais (ou de primeiro grau) acometem apenas a região da epiderme, causando vermelhidão resultante da dilatação das veias no local afetado (normalmente uma lesão causada por agentes físicos, como a radiação ultravioleta), o período de recuperação varia de 10 a 14 dias; lesões de espessura parcial (ou de segundo grau) danificam a região da epiderme e derme, apresentando bolhas por conta da dilatação intensa das veias (parte do líquido escapa e acaba criando as bolhas), a região afetada é mais úmida e pode incluir edema, sendo o período de recuperação variável (10 dias a 6 semanas, uma margem de recuperação alta) que depende da área dérmica afetada que, se extensa, pode causar cicatrizes hipertróficas; queimaduras de espessura total (ou de terceiro grau) deteriora a epiderme, derme, e pode incluir a hipoderme, músculos e ossos (nomeada de quarto grau), caracterizada por ser indolor (por conta da destruição das terminações nervosas), tornar a pele esbranquiçada, marrom ou preta (carbonização do tecido), de aspecto seco e rígida como couro (coriácea). (ŻWIEREŁŁO; et al., 2023); (FONTANA, 2020)

4.2 Tratamentos atuais para cicatrização

As regiões mais afetadas pelas sequelas das queimaduras em estágio inicial de tratamento estão nos leitos das feridas, que são grandes alvos de desenvolvimento microbiano por conta das condições favoráveis (ambientes úmidos, quentes e nutritivos). Para a contenção do desenvolvimento de organismos estranhos e potenciais ameaças, utiliza-se comumente o creme de sulfadiazina de prata (SSD) 1% que, apesar de ser um antimicrobiano tópico com todos os sucessos de um antimicrobiano para o impedimento de infecção nos leitos das feridas, possui registros

de incidências relevantes para tornar o tratamento desconfortável para o paciente, dentre as incidências, notam-se: formação de queloides e cicatrizes hipertróficas com um significativo comprometimento de função da região afetada, necrose e isquemia do tecido, citotoxicidade nas células epidérmicas (resultando na morte do folículo piloso). Devido a estes fatores, estudos e laboratórios de pesquisa têm-se concentrado em procurar um tratamento alternativo ao SSD, com o objetivo de trazer maior benefício e dignidade no tratamento de queimaduras. (ZIMBA; RWIZA; SAULI; et al., 2024) Como uma alternativa barata e emergencial, o uso dos tradicionais curativos (gaze, fiapos, bandagens naturais ou sintéticas e algodão) ainda é muito presente nos hospitais pelo benefício da drenagem da ferida, alta disponibilidade de mercado, e custo de produção reduzido se comparado aos cremes antimicrobianos, mas tendem a aderir à ferida na medida em que secam, causando uma remoção traumática e dolorosa, este problema é somado na necessidade de troca recorrente, tornando um produto barato inicialmente barato, em algo caro no período de tratamento. (ZIMBA; RWIZA; SAULI; et al., 2024)

Os curativos modernos (hidrogéis, alginatos, hidrocoloides, filmes/membranas e espumas) foram criados como substitutos para os curativos tradicionais para feridas, e apresentam muitos benefícios: melhor biocompatibilidade, podem reduzir a temperatura da região afetada, e podem manter o ambiente da ferida ainda úmido (como é o caso de hidrogéis, por exemplo), ou apresentam biodegradabilidade e capacidade de absorção de água (alginatos). Estes curativos apresentam contrariedades também notórias, como absorção de água limitada, não recomendável para feridas secas, queimaduras de terceiro grau e feridas com escara. (ZIMBA; RWIZA; SAULI; et al., 2024)

4.3 Tilápia-Do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

4.3.1 Origem e Distribuição

A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie de peixe da família Cichlidae, originária da bacia do rio Nilo, no continente africano. Sua introdução em diversos países ocorreu principalmente para fins de piscicultura e controle biológico de algas e insetos aquáticos (EMBRAPA, 2019).

No Brasil, a espécie foi introduzida oficialmente na década de 1970, inicialmente em açudes do Nordeste, e posteriormente difundida em todo o território nacional. Atualmente, é o peixe mais cultivado em águas continentais brasileiras devido à sua alta adaptabilidade e rápido crescimento (EMBRAPA, 2019).

4.3.2 Características Morfológicas e Biológicas

A tilápia-do-Nilo apresenta corpo alongado e comprimido lateralmente, com coloração acinzentada e presença de listas verticais. Os machos são geralmente mais coloridos e possuem crescimento mais rápido que as fêmeas (GIA, 2017).

É uma espécie euriotérmica, tolerando ampla variação de temperatura — entre 25 °C e 30 °C é sua faixa ideal de desenvolvimento. Abaixo de 15 °C há redução no crescimento, e em torno de 10 °C ocorre mortalidade significativa (GIA, 2017). Além disso, demonstra resistência a variações de oxigênio dissolvido e salinidade, o que permite sua criação em ambientes de água doce ou salobra (EMBRAPA, 2019).

4.3.3 Alimentação e Manejo Nutricional

A tilápia-do-Nilo é um peixe onívoro, capaz de consumir fitoplâncton, detritos orgânicos e rações balanceadas. Essa característica favorece sua criação em diferentes sistemas de cultivo, como viveiros escavados, tanques-rede e sistemas de recirculação (GIA, 2017).

Seu índice de conversão alimentar é considerado alto, o que significa que transforma eficientemente o alimento em biomassa. A adoção de rações comerciais enriquecidas com proteínas e vitaminas tem contribuído para o aumento da produtividade e da qualidade da carne (JORNACITEC, 2020).

4.3.4 Reprodução e Melhoramento Genético

A espécie possui facilidade reprodutiva em cativeiro, realizando incubação bucal, onde a fêmea protege os ovos e alevinos dentro da boca até as fases iniciais de desenvolvimento (GIA, 2017).

Em ambientes extensivos, essa capacidade reprodutiva pode gerar superpopulação, reduzindo o crescimento médio dos peixes. Por isso, é comum o uso de técnicas hormonais para produção de lotes monosexuais masculinos, já que os machos apresentam melhor desempenho zootécnico (EMBRAPA, 2019).

Os avanços no melhoramento genético possibilitaram o desenvolvimento de linhagens como a GIFT (Genetically Improved Farmed Tilapia), que apresentam maior crescimento, resistência a doenças e eficiência alimentar (GIA, 2017).

4.3.5 Visão Industrial

A carne da tilápia-do-Nilo é branca, firme e de sabor suave, sendo amplamente aceita pelo mercado consumidor. O Brasil é um dos principais produtores mundiais, e o cultivo da espécie gera emprego e renda em diversas regiões (JORNACITEC, 2020).

Além da carne, subprodutos como pele, escamas e vísceras têm sido aproveitados pela indústria farmacêutica e cosmética. A pele da tilápia, por exemplo, apresenta alto teor de colágeno tipo I e tem sido utilizada na produção de curativos biológicos com propriedades cicatrizantes (JORNACITEC, 2020).

4.3.6 Impactos Ambientais

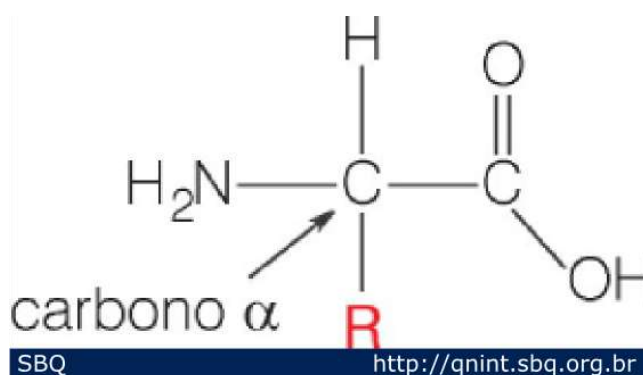
Apesar de seus benefícios econômicos, a tilápia-do-Nilo é considerada uma espécie exótica invasora em ecossistemas naturais. Sua introdução pode causar desequilíbrios ecológicos, competindo com espécies nativas por alimento e habitat (EMBRAPA, 2019).

Pesquisas apontam que, em alguns reservatórios brasileiros, a presença da tilápia resultou na redução da diversidade de espécies locais, especialmente no Nordeste (EMBRAPA, 2019). Por esse motivo, o cultivo deve ser feito em sistemas controlados, com medidas de biossegurança para evitar fugas e contaminação genética (GIA, 2017).

4.4 Colágenos extraídos da pele do peixe

O colágeno é uma proteína e as proteínas formam um grupo de macromoléculas biológicas que são polinômios naturais formados por unidades monoméricas chamadas aminoácidos. Os aminoácidos possuem certas características estruturais em comum. Sendo elas um grupo de ácido carboxílico e um grupo amina ligados ao carbono α , e no mesmo se ligam um hidrogênio e uma cadeia carbônica R. No da glicina, a cadeia carbônica R é substituída por outro hidrogênio (JUSTINO, 2021).

Figura 2-Estrutura geral dos Aminoácidos



Fonte: QUÍMICA NOVA ESCOLA, 2004.

As moléculas de colágeno são compostas por principalmente glicina, prolina e hidroxiprolina. A massa das três juntas constitui aproximadamente 50% do conteúdo de aminoácidos presentes no colágeno. A massa molecular é de aproximadamente 300.000 Da e é mantido estável por pontes de hidrogênio, forças intermoleculares dipolo-dipolo e ligações covalentes entre as cadeias (GOMES, 2021).

Para que ocorra a formação da tripla hélice é necessário que existam resíduos de glicina a cada terceira posição ao longo da cadeia, formando uma unidade repetitiva de Gly-X-Y na sequência dos aminoácidos onde Y representa a prolina e a hidroxiprolina (GOMES, 2021).

Figura 3-Estrutura geral do colágeno

Fonte: Dermaclub, 2024.

O colágeno é uma substância muito importante presente na estrutura da homeostase, que é a autorregulação do organismo para condições ótimas de sobrevivência. O colágeno é uma proteína fibrosa de origem animal que representa cerca de 30% das proteínas totais do ser humano e cerca de 6% em massa do corpo. O colágeno se faz presente nos vasos sanguíneos, ligamentos, tendões, ossos, cartilagem, veias, dentes, músculos, na matriz extracelular e na pele (ALVES, 2021; GOMES, 2021; CARDOSO, 2018).

Ele apresenta em sua família 28 isoformas (variantes de uma mesma macromolécula) conhecidas e 46 cadeias polipeptídicas. A variação dos tipos do colágeno ocorre devido a diferença na composição dos aminoácidos onde ocorre a diferenciação do tecido, espécies e forma de extração. A literatura atual indica a existência de 29 tipos diferentes de colágeno que compõem o grupo de proteínas mais abundantes no reino animal, sendo eles indicados a partir de algarismos romanos (ALVES, 2021).

Os tipos de colágenos extraídos da pele do peixe são os tipos I e III. O tipo I é o colágeno mais abundante e representa 90% da massa orgânica presente nos ossos, além de ser o principal tipo responsável pela formação da pele. Ele é o mais comum dentre os outros e é encontrado nos tendões, derme, ossos e na córnea e

é capaz de formar fibras e feixes de colágeno, é encontrado em maior quantidade em mamíferos e é altamente usado na produção de biomateriais por conter características compatíveis as estruturas que ele compõe. Nos peixes de água doce, como a tilápia do Nilo, ele pode ser encontrado na pele, escamas barbatanas, entre outras. Já o tipo III é encontrado na pele, nas paredes dos vasos, nas fibras reticulares e na maioria dos tecidos dos órgãos e não é alvo de pesquisas tão aprofundadas como o tipo I (ALVES, 2021; OLIVEIRA et al., 2024).

Ao comparar as estruturas proteicas, nenhuma delas possui uma quantidade tão abundante de prolina é hidroxiprolina em sua composição, o que faz da molécula um aminoácido não essencial, produzido pelo próprio corpo. No entanto, como o passar dos anos, estimasse que a produção de colágeno cai 1% por ano, diminuindo a espessura e a elasticidade da pele (GOMES, 2021).

Portanto, como uma proteína muito abundante e com funções muito importantes de estruturação, o estudo do colágeno e a aplicação dele para fins cicatrizantes atrai diversas áreas de interesse.

4.5 O uso do colágeno de peixe para auxílio na cicatrização

Uma ferida é uma lesão do tecido cutâneo que resulta em danos à integridade da pele ou comprometimento de sua função regular. Causada por fatores prejudiciais como calor, atrito, cirurgias, produtos químicos, cortes etc. A cicatrização de feridas é um processo biológico complexo que envolve vários estágios, incluindo hemostasia, inflamação, proliferação e remodelação. E envolve muita atenção devido ao risco e envolvimento de infecções e nível de gravidade. Feridas típicas comumente cicatrizam bem, feridas crônicas como queimaduras e úlceras diabéticas têm taxa de fatalidade mais alta e podem infringir de forma mais acentuada cargos psicológicos e econômicos de pacientes. A alta incidência de feridas crônicas tem causado impacto em todo o mundo, visto que o custo de curativos e qualidade de tratamento adequado é um desafio, principalmente em países em desenvolvimento. Além disto, são ainda notórios os desafios a serem superados em distintos quadros clínicos. Após queimaduras, ocorre o aumento significativo nos níveis de ácido láctico no sangue, o que promove um ambiente acidótico e reduz a afinidade da hemoglobina pelo oxigênio, intensificando o quadro de hipoxemia. Em contrapartida, feridas diabéticas são agravadas pela

hiperglicemia, que compromete a função nervosa da região afetada, favorecendo a proliferação bacteriana e a formação de biofilmes resistentes à ação de fármacos, o que frequentemente culmina em amputações. Além de feridas com risco de vida, ferimentos extensos de menor gravidade também podem resultar em cicatrizes, evidenciando a necessidade de aprimoramento nas técnicas de tratamento de feridas. Portanto, pesquisadores na área de regeneração de tecidos tem se interessado em alternativas para melhor desenvolvimento de curativos que combinem alto desempenho terapêutico, baixo custo e facilidade para atingir melhores resultados terapêuticos e estéticos na cicatrização de feridas. (Zou et al., 2024)

Uma das alternativas estudadas é o uso de biomateriais no tratamento de feridas crônicas, em especial o colágeno, uma proteína fibrosa, insolúvel e promissora de origem natural, presente em todas as matrizes extracelulares e tecidos conjuntivos. Há diferentes tipos de colágeno, sendo os mais abundantes, extraídos de animais marinhos, o tipo I e o tipo III. Suas propriedades físicas, como alta resistência, aderência, elasticidade e capacidade de remodelação, têm ganhado grande destaque no mercado e no campo das pesquisas farmacêuticas, uma vez que contribuem para o processo de cicatrização de feridas e para a engenharia de tecidos (SHARMA et al., 2022).

O colágeno tipo I é uma proteína fibrilar que confere resistência e rigidez aos tecidos, enquanto o colágeno tipo III forma uma rede elástica que garante flexibilidade e recuperação após a distensão. Durante o processo de cicatrização, há inicialmente uma maior produção de colágeno tipo III, responsável por dar suporte temporário ao novo tecido. Com o tempo, esse colágeno é substituído pelo tipo I, mais resistente, que confere força e elasticidade à ferida cicatrizada. Na fase inflamatória, fragmentos solúveis de colágeno atraem células imunes, como macrófagos e linfócitos, que realizam a limpeza da ferida, removendo microrganismos e tecido morto. Em seguida, tem início o estágio proliferativo, no qual os fragmentos de colágeno agem como sinais angiogênicos, promovendo a formação de novos vasos sanguíneos. Além disso, o colágeno estimula a migração de queratinócitos, células essenciais para a regeneração da epiderme sobre a ferida, contribuindo para o fechamento da lesão. Nas feridas crônicas, o processo de cicatrização é frequentemente comprometido por infecções bacterianas que liberam enzimas degradadoras de colágeno, conhecidas como metaloproteinases

da matriz (MMPs). Curativos a base de colágeno atuam de forma eficaz nesse contexto, pois estimulam o crescimento de novos tecidos, favorecem a angiogênese e a reepitelização. Além disso, esses curativos ligam e inativam o excesso de MMPs presentes na matriz extracelular (MEC), ajudando a restaurar o equilíbrio necessário para o bom andamento da cicatrização. A lesão do colágeno na pele ativa a cascata de coagulação, interrompendo o sangramento inicial, e formando um coágulo que serve como barreira que protege o local da ferida e prepara o ambiente para regeneração tecidual. (SINGH;RAI;AGRAWAL,2023) (LEHRMAN et al.,2020)

Apesar de ter sua eficácia comprovada no processo de cicatrização, ainda pouco se sabe sobre a forma de ação dos mecanismos potenciais provenientes do colágeno extraído da pele de tilápia. Um estudo realizado por “BMC veterinary Research”, acompanhou de forma bastante aprofundada o efeito do extrato de colágeno derivado da pele de tilápia-do-Nilo na cicatrização de feridas cutâneas em ratos, investigando tanto a evolução macroscópica das feridas quanto os mecanismos celulares e moleculares envolvidos. Durante o estudo, foram observados dois grupos distintos, o grupo GC (do qual teve as feridas tratadas naturalmente) e o Grupo TGC (que teve a ferida tratada com Extrato de colágeno). Os resultados apontaram que o grupo TGC apresentou uma contração significativamente mais rápida da ferida em comparação ao grupo GC. Nos dias 9,12 e 15 após o ferimento, como apontado na imagem x, a área da ferida foi menor no TGC, evidenciando um fechamento acelerado. (ELBIALY et al.,2020)

Figura 4-Efeito da aplicação tópica de extrato de colágeno de tilápia na redução de área ferida.



Fonte: BMC Veterinary Research,2020

Além disso, o tecido adjacente as feridas tornaram-se mais liso e organizado. Também foi possível observar o impacto do colágeno na Angiogênese, processo do qual o vaso sanguíneo renovado fornece nutrição e suplemento de oxigênio na área ferida, auxiliando na formação do tecido de granulação. Para isso, foi utilizado um processo de coloração imuno-Histoquímica, que sinalizou um aumento da expressão de proteínas como, TGF- β 1; que é essencial para síntese da Matriz extracelular, FGF; que desencadeia a proliferação e migração de fibroblastos. E VEGF que desencadeiam novo suprimento sanguíneo a área afetada. (ELBIALY et al.,2020)

4.6 Biorresíduo gerado e bioreciclagem

Os Biorresíduos (ou resíduos orgânicos) são resíduos biodegradáveis de origem biológica, como restos de alimentos e até mesmo partes descartadas de animais. Na indústria pesqueira e aquícola podemos citar muitos subprodutos que não são utilizadas, como peles, escamas, ossos, vísceras que são considerados resíduos orgânicos e devido ao seu descarte incorreto ou de forma inadequada acabam causando impactos ambientais, uma vez que mais de 30 a 40% do peso total do peixe seja descartado, o que representa uma perda que poderia ser

aproveitada por diversos fatores. (RAJABIMASHHADI et al., 2023) (APAMBIENTE, 2024)

Devido a diversas dificuldades atuais, o conceito de economia circular surgiu como uma estratégia para buscar maior sustentabilidade e eficiência de recursos, o que banne consequentemente a ideia de descarte irregular e o pensamento de que usar algo uma vez ou não aproveita-lo deve ser eliminado. A valorização desses resíduos e subprodutos transformando-os em produtos de alto valor é também uma das estratégias da economia circular, reduzindo diversos desperdícios e priorizando a reutilização, reciclagem e recuperação em bens (Nobre e Tavares, 2021). Cada procedimento para o peixe chegar em nossa mesa e estar pronto para o consumo gera subprodutos consideráveis até 60 a 70% do peso total do peixe incluindo cabeças, escamas, barbatanas, pele, vísceras e carcaças (de Medeiros et al., 2019). Logo, transformar esses subprodutos em produtos de valor agregado, como colágeno, gelatina, enzimas, peptídeos bioativos, óleos e biopolímeros, se alinha aos princípios da economia circular, promovendo sustentabilidade e redução de impactos ambientais (FERNANDES et al., 2024).

Existem diversos problemas ligados a indústria processadoras de peixe, já que seus resíduos criados e gerados possuem grande quantidade de nutrientes, e uma vez que seus procedimentos não são devidamente corretos para o uso na nutrição animal ou humana, podem gerar problemas futuros e criando conflitos resultantes de poluição e impactos ambientais, contaminando solos e consequentemente os lençóis freáticos, além de causar a proliferação de vetores de doenças. Ademais, o acúmulo de matéria orgânica no solo e em águas próximas, pode acarretar em uma sobrecarga de nutrientes prejudicando o ecossistema local, juntamente da poluição hídrica e emissão de gases para o efeito estufa durante sua decomposição. Além disso, chorume - líquido com elevada demanda biológica de oxigênio (DBO) é resultante de decomposição dos resíduos orgânicos descontrolados durante seu processo físicoquímico(ANJOS, 2021).

Nesse contexto, a biorreciclagem surge como uma alternativa sustentável para o aproveitamento dos biorresíduos gerados pela indústria pesqueira, transformando materiais de descarte em produtos de alto valor agregado. A pele da tilápia, por exemplo, tem se destacado como uma importante fonte de colágeno tipo I, resultante da retirada de colágeno da pele da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), onde é considerada uma fonte abundante de muitas propriedades

biológicas, como alta biocompatibilidade, baixa antigenicidade e capacidade de estimular o processo de cicatrização tecidual. Essas características é um dos motivos por quais os colágenos de suínos e bovinos são desconsiderados, além de que o colágeno da tilápia oferece maior biodisponibilidade e absorção superiores aos ambos citados. O colágeno agrega especialmente os avanços nas áreas da saúde, contribui para maior sustentabilidade e garante a possibilidade de gerar formulação de produtos biomédicos, como géis tópicos para o tratamento de queimaduras e cicatrizes (LIMA, 2023; SILVA et al., 2022; FERNANDES et al., 2024).

4.7 Curativo original de escama

A cicatrização de lesões teciduais (cortes e queimaduras) é um processo biológico complexo que envolve diversas etapas (hemostasia, inflamação, proliferativa e remodelagem). O colágeno é um componente-chave na matriz extracelular (MEC) e sua eficiência se dá de maneira nativa até em uma composição solúvel nas feridas, é uma deficiência de colágeno em qualquer fase citada pode impedir a cicatrização e paralisam a ferida de maneira que permaneça crônica e não cicatricial, exigindo uma intervenção externa para a conclusão do processo de cicatrização. (MATHEWSTEINER; ROY; SEM; et al., 2021)

Mesmo com os curativos atuais disponíveis no mercado, pesquisadores brasileiros buscam alternativas mais baratas, mais seguras, de maior eficácia, e que provoque dores diminutas. Em 2011, o médico cirurgião plástico pernambucano Marcelo Borges, leu em um jornal que o aproveitamento da Tilápia-do-Nilo (peixe mais consumido no Brasil) era quase total, com exceção da pele, e então surgiu a ideia de utilizar a pele de tilápia para o tratamento de queimaduras. (COSTA; et al., 2020)

Através de estudos pré-clínicos foi constatada a ausência de micro-organismos patogênicos em amostras da pele do animal, o que exclui um problema quanto a infecção e contaminação de possíveis pacientes; por meio de mais estudos, identificou semelhanças morfológicas da pele de tilápia com a pele humana, com uma presença alta de colágeno tipo I, e maior resistência. (COSTA; et al., 2020)

Após as fases pré-clínicas, o uso da pele de tilápia como curativo biológico temporário foi instituído nos estudos clínicos. Na terceira fase do estudo (havendo outras duas fases anteriores que apresentaram resultados satisfatórios), foi conduzido um ensaio clínico contendo 116 participantes acometidos de queimaduras de segundo grau superficial (área afetada da pele inferior à 15%). O resultado foi positivo; o grupo que foi tratado com o curativo de pele de tilápia (quando comparado a SSD) apresentou redução de dias até reepitalização completa, redução nas dores durante o tratamento (mensuradas através de questionários e, também, pelo teste de Von Frey eletrônico), menor ansiedade relacionada aos procedimentos dolorosos, e redução da quantidade de dipirona e do número de curativos para analgesia. Todo o ensaio apresentou uma redução de 50,4% dos custos ambulatoriais do tratamento. (COSTA; et al., 2020)

No estudo citado anteriormente, a pele de tilápia foi esterilizada no glicerol e através de irradiação, contudo, o glicerol pode causar desconforto se não for removido totalmente do leito da ferida, e exige uma lavagem constante do leito da ferida com soro fisiológico. Como alternativa, o processo de liofilização foi inserido, agora a pele de tilápia que passa por esse procedimento, ao ser aplicada, causa dor menos intensa ao paciente se comparada à sua versão inicial com glicerina, facilita a aplicação do curativo no paciente, reduz o risco de contaminação, por ser embalado a vácuo (impedindo crescimento bacteriano), e diminui o custo de transporte (principalmente internacional) por não exigir refrigeração constante. (COSTA; et al., 2020)

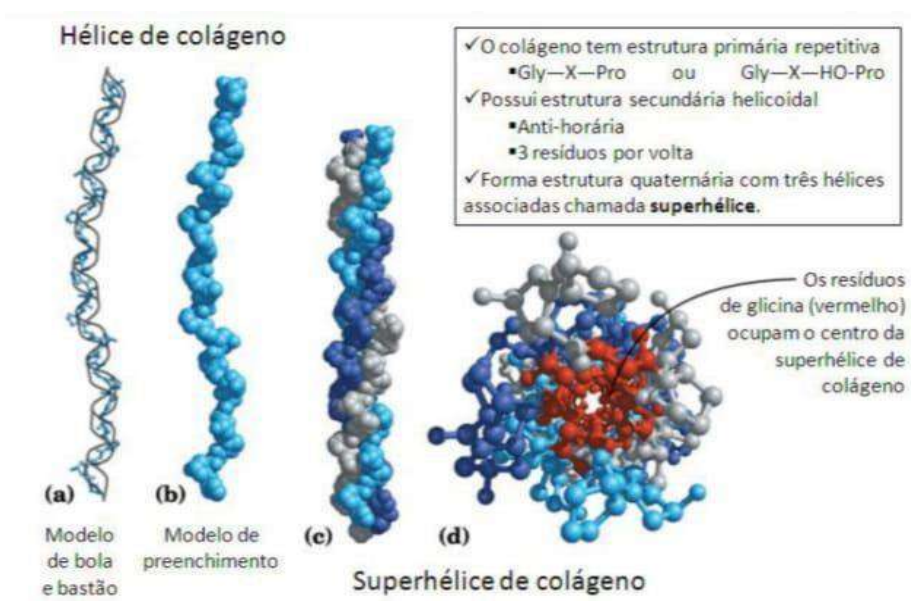
O uso da pele de tilápia se apresenta como uma alternativa inovadora, segura, com múltiplos benefícios psicológicos ao paciente acometido de queimaduras (por conta da intensidade de dores e sofrimento serem menores), redução de custos hospitalares e ambulatoriais, e diminuição na perda de líquidos, com o benefício da reposição de colágeno abundante na pele do peixe. A Tilápia-do-Nilo é abundante no Brasil, permitindo que a matéria-prima seja acessível. (COSTA; et al., 2020)

4.8 Extração de colágeno por hidrólise ácida

O colágeno é uma proteína estrutural composta por três cadeias polipeptídicas que se organizam em uma estrutura helicoidal tripla, conferindo resistência e elasticidade aos tecidos conjuntivos onde está presente. Os tipos I e III são os mais abundantes na pele de peixes como a tilápia (*Oreochromis niloticus*), sendo o tipo I responsável pela resistência mecânica e o tipo II pela elasticidade e suporte estrutural (SUN et al., 2021).

A extração de colágeno para fins farmacêuticos exige métodos que preservem sua conformação nativa e funcionalidade bioquímica, sendo a hidrólise o processo central para romper as cadeias peptídicas e disponibilizar os fragmentos proteicos para aplicações farmacotécnicas (ALVES, 2019).

Figura 5-Estrutura molecular do colágeno



Fonte:BIANCA, F.; PEDRO MÁRIO, F. C. F.

Existem três principais métodos de hidrólise do colágeno: ácida, alcalina e enzimática. Cada abordagem atua de forma distinta sobre as ligações peptídicas, influenciando diretamente a estrutura secundária, o peso molecular e a bioatividade dos peptídeos obtidos (ARAÚJO et al., 2024).

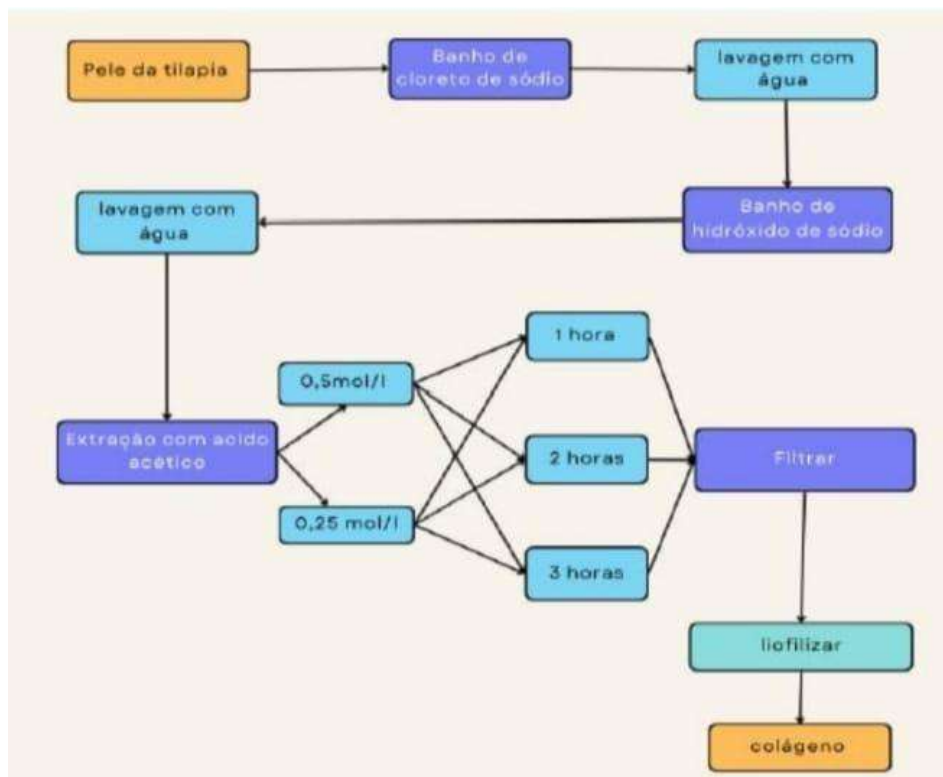
A hidrólise ácida é amplamente utilizada para a extração de colágeno tipo I e III a partir de pele e escamas de tilápia, utilizando ácidos fortes como ácido clorídrico (HCl) ou ácido acético (CH₃COOH), os quais promovem a protonação

dos grupos carbonílicos, rompendo as ligações peptídicas e desestabilizando a tripla hélice (ALVES, 2019; UFRGS, 2022).

Bioquimicamente, o HCl em concentrações entre 0,5 M e 1 M é capaz de hidrolisar parcialmente o colágeno, preservando fragmentos com atividade biológica. A temperatura e o tempo de exposição são variáveis críticas: temperaturas entre 4 °C e 25 °C por 24 a 48 horas são ideais para evitar desnaturação completa. Estudos demonstram que a hidrólise ácida favorece a obtenção de colágeno com alto teor de glicina e hidroxiprolina, aminoácidos essenciais para o processo cicatricial (LIU et al., 2019).

A hidrólise alcalina, por sua vez, utiliza soluções de NaOH ou KOH para romper ligações peptídicas por desaminação e saponificação de resíduos laterais. Embora eficaz na remoção de proteínas não colagênicas, esse método pode comprometer a integridade estrutural do colágeno, reduzindo sua bioatividade. Por isso, é mais comum como etapa de prétratamento para desengorduramento e limpeza dos biorresíduos (MORAES et al., 2023).

A hidrólise enzimática é considerada a mais seletiva, utilizando enzimas como pepsina, tripsina ou alcalase, que atuam em sítios específicos da cadeia polipeptídica, preservando a estrutura funcional do colágeno. No entanto, seu custo elevado e a necessidade de condições rigorosas de pH e temperatura limitam sua aplicação industrial. Zhang et al. (2021) demonstraram que a pepsina é altamente eficiente na extração de colágeno tipo I com elevado grau de pureza. Entre os métodos apresentados, hidrólise ácida destaca-se como a mais viável para produção de colágeno com fins cicatrizantes. Além de apresentar menor custo em relação à hidrólise enzimática, promove a quebra das macromoléculas proteicas em peptídeos menores e mais biodisponíveis, aumentando sua eficácia terapêutica (VAZ, 2022). Durante o processo de hidrólise, o ácido penetra na matriz proteica, rompendo ligações de hidrogênio e peptídicas, liberando cadeias de colágeno solúveis. A eficácia do processo depende de fatores como concentração do ácido, temperatura, tempo de reação e pH, sendo este ideal em torno de 2,0 (VAZ, 2022).

Figura 6-Fluxograma de extração do colágeno

Fonte:CARVALHO, Alex Aparecida de, et. al

No caso da pele da tilápia, a hidrólise ácida é especialmente eficiente devido à estrutura da matriz extracelular do peixe, que permite maior penetração do ácido e solubilização das fibras colagenosas. Estudos realizados por universidades brasileiras demonstram que o pré-tratamento da pele com solução de NaOH a 0,1 mol/L por 24 horas, seguido de desengorduramento com solução hidroalcoólica e hidrólise com ácido acético a 0,5 mol/L por 72 horas, resulta em uma solução viscosa e rica em colágeno tipo I e III (UFRGS, 2022).

Após a hidrólise, o colágeno é precipitado por salting-out com NaCl e $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, purificado por diálise e liofilizado, obtendo-se um produto com alta pureza e estabilidade (MORAES et al., 2023).

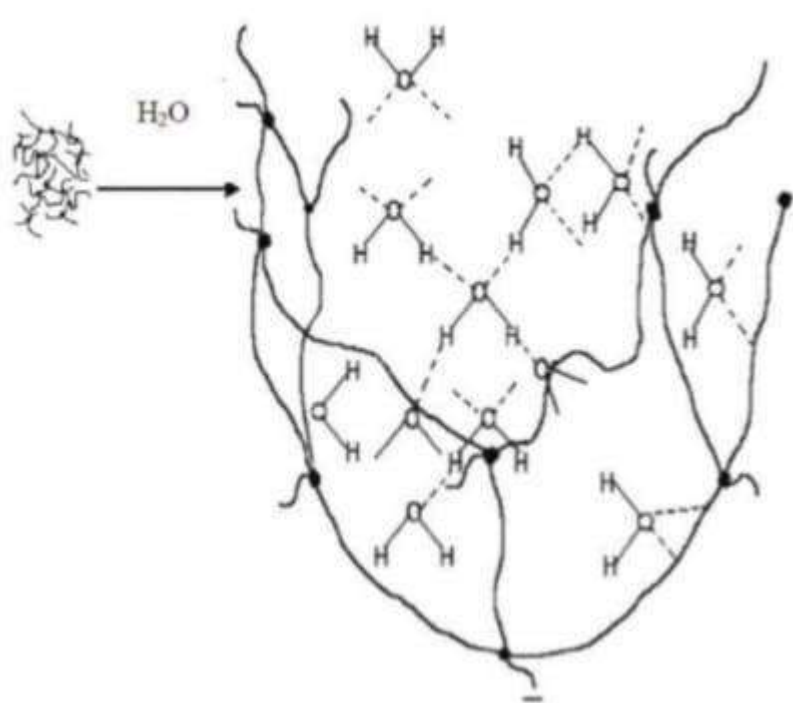
Esse processo apresenta vantagens em relação à hidrólise enzimática, como menor custo, maior simplicidade operacional e maior rendimento. Embora a hidrólise com pepsina seja eficaz na preservação da estrutura helicoidal do colágeno, exige condições específicas de temperatura e pH, além de apresentar maior custo de produção (WANG; XU, 2020).

Por outro lado, a hidrólise ácida permite a obtenção de colágeno solúvel com propriedades bioativas adequadas para aplicações farmacêuticas, sendo ideal para formulações tópicas como géis cicatrizantes (ARAÚJO et al., 2024).

4.9 Formulação de géis

A formulação de géis cicatrizantes tem evoluído significativamente, incorporando ativos biotecnológicos como o colágeno tipo I e III, extraído da pele da tilápia, por sua alta biocompatibilidade e eficácia na regeneração tecidual. Para garantir a estabilidade e funcionalidade desses ativos, a escolha da matriz do gel é fundamental. Os hidrogéis, por sua estrutura tridimensional formada por polímeros hidrofílicos, são os mais indicados para aplicações tópicas, pois mantêm a umidade da ferida, promovem liberação controlada de ativos e favorecem o ambiente ideal para cicatrização (HOARE; ROHR, 2007).

Figura 7-Representação do comportamento estrutural do hidrogel em meio líquido.



Fonte: LIMA, 2008.

Entre os componentes mais utilizados em géis cicatrizantes destacam-se a carboximetilcelulose (CMC), o carbopol, a glicerina, a alantoína e o extrato de

cebola. A CMC é valorizada por sua capacidade de formar géis estáveis e biocompatíveis, com boa consistência e adesividade, sendo amplamente utilizada em excipientes orais e preparações tópicas (ACOFARMA, 2025).

O carbopol, por sua vez, é amplamente utilizado por sua alta viscosidade, transparência e estabilidade em formulações tópicas, além de permitir a incorporação de ativos hidrossolúveis e lipossolúveis (ACOFARMA, 2025).

A glicerina atua como umectante, mantendo a hidratação da pele lesionada, enquanto a alantoína estimula a proliferação celular e epitelização. O extrato de cebola é reconhecido por sua ação antiinflamatória e prevenção de cicatrizes hipertróficas (PENSAR CURSOS, 2021).

Atualmente, estudos têm explorado novos componentes para géis cicatrizantes, como nanopartículas de prata, ácido hialurônico, quitosana e extratos vegetais com propriedades antimicrobianas e antioxidantes. Esses ativos visam ampliar o espectro terapêutico da formulação, promovendo não apenas a cicatrização, mas também a prevenção de infecções e a melhora estética da pele (EDITORAREALIZE, 2021).

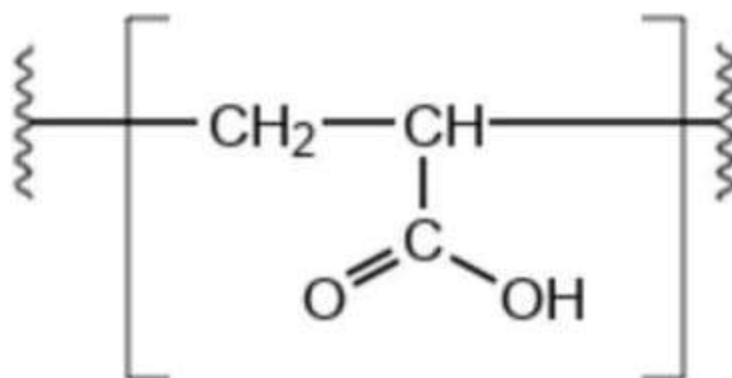
Além disso, agentes como a hidroxipropilmetilcelulose e a hidroxietilcelulose têm sido utilizados por sua alta transparência, extensibilidade e compatibilidade com sais metálicos e compostos orgânicos iônicos, sendo indicados em preparações oftálmicas e dermatológicas (ACOFARMA, 2025).

A escolha do gelificante é outro ponto crítico na formulação. Os principais tipos incluem os naturais (como goma xantana bentonite), os vegetais (como goma guar e amido) e os sintéticos (como carbopol e poloxamer). Os naturais apresentam boa biocompatibilidade, mas baixa estabilidade térmica e menor controle de viscosidade. Os vegetais são biodegradáveis, porém sensíveis ao pH e à presença de íons. Já os sintéticos, como o carbopol, oferecem maior controle reológico, estabilidade em diferentes faixas de pH e excelente capacidade de incorporação de ativos, sendo o mais indicado para formulações farmacêuticas (ACOFARMA, 2025).

Carbopol, especificamente, é escolhido por sua capacidade de formar géis transparentes, estáveis e com textura agradável ao toque. Sua concentração ideal varia entre 0,5% e 1%, dependendo da viscosidade desejada. Além disso, sua compatibilidade com outros componentes da formulação, como colágeno, glicerina e fragrâncias, o torna versátil e eficaz para aplicações cicatrizantes. A gelificação

do carbopol pode ser ajustada com trietanolamina ou propilenoglicol, dependendo da estabilidade desejada e da presença de ativos ácidos (ACOFARMA, 2025).

Figura 8-Estrutura do Carbopol



Fonte:SINERGIA CIENTÍFICA, 2025

A incorporação de fragrâncias em géis cicatrizantes visa melhorar a experiência sensorial do usuário, tornando a aplicação mais agradável. No entanto, a escolha da fragrância deve considerar não apenas o aroma, mas também sua compatibilidade com a pele lesionada e o potencial terapêutico. Fragrâncias da família aromática e fresca, como lavanda, hortelã-pimenta e alecrim, são as mais indicadas para géis cicatrizantes. Elas oferecem propriedades calmantes, antissépticas e refrescantes, além de serem bem toleradas pela maioria dos usuários. A concentração ideal varia entre 0, 1% e 0,3%, garantindo aroma agradável sem comprometer a estabilidade da formulação ou causar irritações (HOARE; ROHR, 2007).

Antes da utilização de qualquer cosmético que contém aromas, é indicado que o indivíduo dê atenção ao rótulo para verificar possíveis componentes alergênicos. Alguns óleos essenciais não devem ser usados diretamente sobre a pele devido à sua alta concentração, podendo causar lesões. Nestes casos, recomenda-se o uso de carreadores neutros, como óleos vegetais, emulsões, sabonetes, xampus, álcool de cereais e cremes, que não interferem nas propriedades dos óleos essenciais (MORETTO et al., 2015; CAVAGLIERI et al., 2017).

Exemplos de óleos aromáticos que precisam ser diluídos incluem alecrim (*Rosmarinus officinalis*), bergamota (*Citrus bergamia*) e canela (*Cynammomum cassia*) (PHYTOTERÁPICA, s.d.).

Cada tipo de pele reage de forma distinta às fragrâncias. Em peles secas, há maior evaporação dos compostos aromáticos devido à menor aderência. Peles normais apresentam maior retenção por possuírem mais óleo natural, enquanto peles oleosas têm a melhor adesão das moléculas aromáticas, proporcionando maior durabilidade do perfume (AKIBA et al., 2020).

Em síntese, a formulação de um gel cicatrizante à base de colágeno tipo I e III da tilápia deve priorizar componentes com alta biocompatibilidade, estabilidade e eficácia terapêutica. O uso de carbopol como gelificante, glicerina como umectante, alantoína e extrato de cebola como cicatrizantes, e fragrâncias frescas e aromáticas como agentes sensoriais, resulta em uma formulação moderna, eficaz e agradável ao usuário. A incorporação de novos ativos em estudo pode ampliar ainda mais o potencial terapêutico desse tipo de produto, consolidando-o como uma alternativa promissora na cicatrização de feridas e cicatrizes (ACOFARMA, 2025)

5 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada a partir da coleta de dados em abordagem mista quantitativa e qualitativa. A qualitativa tem como foco a profundidade do trabalho e a quantitativa usa de dados numéricos e estatísticos.

O principal material de estudo usado são os colágenos tipo I e III extraídos da pele da Tilápia do Nilo por meio de protocolo ácido, método que consiste na extração de colágeno com métodos de hidrólise para o rompimento das cadeias peptídicas disponibilizando os fragmentos proteicos de colágeno para aplicação no gel cicatrizante com valor de extração estimado de 1% da formulação total para efeito terapêutico.

A formulação é composta pelos colágenos extraídos em quantidade suficiente para que realize o efeito cicatrizante. Carbopol para viscosidade, gelificação, transparência e estabilidade da formulação, além do auxílio para incorporação de outros ativos. Extrato de cebola por sua ação antiinflamatória. Glicerina para fins umectantes e manter a hidratação da área afetada, e a alantoína para o estímulo da proliferação celular e epitelização e por fim, Trietanolamina, para o ajuste da gelificação do Carbopol e ajuste de pH, e água como qsp

Os instrumentos de coleta de dados foram o Google Acadêmico e o sciELO com o total de 52 artigos e teses nos idiomas português, inglês, árabe e japonês.

6 PROCEDIMENTO

Inicialmente, para o preparo da pele, depois de se tornarem isentas de carne, foram lavadas e purificadas devidamente em água destilada, e em seguida separou-se 100g da pele da tilápia, cortando-as em pequenas tiras, verificou-se o peso em uma balança analítica, e então levou-as mergulhando em banho de uma solução de 0,8M de NaCl para retirar os minerais presentes na pele da tilápia. Com a pele limpa se iniciou o processo de desengorduramento, colocando pele em meio básico no NaOH 0,1M durante um período de 10 horas, da noite do dia 23/03 para o dia 24/03. As trocas foram realizadas 2 vezes, de 40 em 40 minutos, ainda no dia 24/03. Após o tempo estipulado, a pele foi lavada com água destilada novamente e congelada para ser trabalhada em outra semana.

No dia 30/03 a pele foi descongelada em micro-ondas, e levada ao meio ácido para realizar a extração do colágeno, utilizando o Ácido Acético 5%, sendo realizado 3 trocas, a primeira sendo do dia 30/03 para 31/03, a segunda de 31/03 para 02/04 e a última de 02/04 para 06/04. Após a maceração em ácido acético, levou-se a pele macerada para filtração a vácuo.

No dia 08/04, realizou-se uma segunda filtração a vácuo e uma filtração simples. Obteve-se parte do colágeno impuro de ambas as filtrações, então, seguiu-se com a identificação e armazenamento do extraído filtrado.

No dia 13/04, realizou-se novamente a filtração a vácuo seguido do processo de peneiração; uma para o colágeno e outra para o restante de pele não filtrada anteriormente. Para a produção do gel de carbopol, pesou-se e deixou-se hidratar 0,57g de carbopol em 40mL de água por 24 horas.

No dia 14/04, levou-se as amostras de colágeno peneirado para centrifuga em velocidade 6 por 20 minutos. Retirou-se as amostras da centrífuga e descartou-se o líquido separado do colágeno depositado ao fundo. Após o processo de centrifugação, armazenou-se todos os tubos de ensaio contendo o colágeno em um becker identificado.

No dia 27/04, realizou-se o experimento anterior até obtenção de todo o colágeno restante para ser centrifugado.

No dia 04/05, o colágeno centrifugado foi pesado e obteve-se o valor de 10,0159g; executou-se a neutralização de ácido acético 5% utilizando NaOH 1M. A

solução de ácido neutralizada foi adicionada em 10,0159g de colágeno em um béquer para solubilização do produto de interesse por 24h.

No dia 05/05, filtrou-se o colágeno de aspecto mais gelatinoso (parcialmente solubilizado) de todo o conteúdo da solução ácido-base, restando apenas o sólido, onde foi levado para o liquidificador e colocou-se 75mL de água, realizando a solubilização por agitação mecânica. Incorporou-se a solução de água e colágeno no gel realizado anteriormente (0,5mL) – o equivalente a metade da pipeta de pasteur. Após a incorporação e solubilização do colágeno, adicionou-se em um becker 0,55g de Nipaguard e 2,75g de glicerina, em seguida com auxílio de um bastão de vidro, realizou-se a solubilização e posterior adição ao gel. Para finalização, adicionou-se trietanolamina em quantidade suficiente para conferir a viscosidade adequada.

No dia 11/05, confeccionou-se NaOH a 10% através da solubilização de 27,7g do reagente em quantidade suficiente de água para 250mL; procedeu-se os testes de controle de qualidade (pH com uso da fita para medição) do produto, e de outros dois produtos (uma variante utilizando NaOH 10% como espessante, e outro semelhante ao gel anterior utilizando trietanolamina) para que fosse possível a comparação entre os mais recentes e o mais antigo. Por fim, o gel foi envasado.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O procedimento se iniciou no dia 23 de março retirando as escamas da pele da tilápia. As vidrarias utilizadas foram higienizadas com água destilada para posterior limpeza da matéria prima, essa que foi cortada em tiras para aumentar a superfície de contato (figura 9 e 10).

Figura 9-Pele inteira da tilápia.



Fonte:AUTORAL,2026

Figura 10-Tiras pele de tilápia**Fonte:**AUTORAL,2026

O grupo realizou um solução de cloreto de sódio (NaCl) 0,8M em 250 mL para desmineralização das peles utilizando a seguinte fórmula de molaridade, a fim de identificar a massa a ser pesada:

$$M = \frac{m}{MM.V}$$

Substituindo na fórmula

$$0,8 = m/58,44.0,25$$

$$0,8 = m/14,61$$

$$m = 0,8 \times 14,61$$

$$m = 11,68 \text{ gramas}$$

Essa quantidade fora posta sob agitação para homogeneização e finalização da solução do sal.

A desmineralização utilizando NaCl e ácido acético (CH₃COOH) a 5%, é uma etapa técnica aplicada na extração de compostos de alto valor, por exemplo: o colágeno e a gelatina a partir das escamas da tilápia. A técnica visa remover os minerais da matriz e purificar o colágeno. (MARTINS; et al., 2015).

A desmineralização e limpeza da pele da tilápia visam retirar escamas, toxinas, gorduras e microrganismos. O processo deixa o colágeno mais puro e aparente, garantindo biocompatibilidade com o organismo humano para uso médico ou cosmético dos mais diversos tipos, por exemplo: curativos oclusivos biossintéticos de colágeno. Este processo, está relacionado, primeiramente: com segurança e higiene; uma vez que elimina significativos riscos de contaminação bacteriológica de origem animal para o paciente. Em segundo: com a preservação do colágeno; já que garante o comprometimento estrutural intacto da proteína, que é fundamental para a regeneração tecidual e cicatrização de queimaduras e feridas. Ademais: com a adesão e proteção; já que o procedimento torna o material maleável e oclusivo, evitando a perda de líquidos, e infecções no leito das feridas (UCHÔA et. al, 2020).

Após a desmineralização, as peles foram limpas com solução de NaOH 0,1 M. A solução foi feita para 1L, utilizando a fórmula da molaridade para descobrir a quantidade em gramas a serem pesadas do reagente.

$$M = m/MM.V$$

Substituindo com os valores experimentais:

$$0,1 = m/40.1$$

$$0,1 = m/40$$

$$0,1 \times m/40$$

$$m = 4 \text{ gramas}$$

Com o auxílio da balança analítica, foram pesados 4g de hidróxido de sódio (NaOH); a massa fora submetida a homogeneização, e transferência para um balão volumétrico de 1L.

A solução foi utilizada para a dupla limpeza da gordura da tilápia, processo denominado desengorduramento. O processo de desengorduramento com hidróxido de sódio (NaOH) em peixes, frequentemente utilizado como pré-tratamento para extração de colágeno e gelatina, atua na remoção de lipídios e proteínas não colagênicas de subprodutos como peles e escamas, mantendo a integridade estrutural da matriz proteica (MOREIRA, et. al, 2018). A primeira passagem da solução básica teve duração de 10 horas, após esse período foi feita uma troca da solução, permanecendo por 40 minutos até a próxima troca, que também pendurou por mais 40 minutos em descanso no NaOH, seguido de mais uma lavagem em água destilada e congelamento em congelador comum, pois era necessário a preservação da matéria prima para o próximo manuseio. A solução foi utilizada para desengorduramento da pele, realizado duas vezes. O processo de desengorduramento com NaOH, em peixes, atua na remoção dos lipídeos e proteínas não colagênicas contidos em suas estruturas, funcionando como pré-tratamento para extração de colágeno, garantindo integridade estrutural da matriz proteica colagênica (MOREIRA, et. al, 2018).

A primeira imersão da matéria prima em solução básica durou 10 horas, realizando-se a troca da solução após o período. Intercalou-se as duas outras trocas em 40 minutos cada, que seguiu para lavagem em água destilada, e armazenamento em baixas temperaturas no congelador convencional; esta operação teve como objetivo retirar o excesso de reagente contido na pele, e preservação para os próximos passos da extração. No trigésimo dia do terceiro mês, a pele da tilápia foi descongelada em micro-ondas convencional, para que a extração do colágeno pudesse ser realizada. O processo extrativo a partir dos conceitos da hidrólise ácida com CH_3COOH (ácido acético) se prolongou com o método da maceração estatística da pele com o ácido. A matéria prima imersa no ácido, manteve-se – inicialmente – por 24 horas. Após esse tempo, houve a troca da solução, permanecendo por mais 3 dias em maceração no meio ácido substituído; a última troca prolongou-se por mais 4 dias. O resultado pode ser observado na figura 11.

Figura 11- Pele de tilápia após maceração



Fonte:AUTORAL,2026

A maceração é uma técnica de extração a frio em que a parte da planta utilizada e o solvente são colocados em um recipiente fechado e permanecem em temperatura ambiente durante um período prolongado, sob agitação ocasional e sem renovação do líquido extrator (MEREGALLI, 2017).

No início do processo o solvente entra nos capilares da matéria-prima e dissolve o extrato produzindo uma solução de alta concentração. Por causa da difusão uma mudança da concentração entre a solução no material da extração e a solução que cerca as partículas contínuas ocorrem. Ao final do processo da extração uma determinada quantidade da solução (que consiste em uma mistura de solvente e soluto extraído) é retida ainda nas partículas contínuas. Esta é a razão pela qual, praticamente nenhuma extração completa é possível (GAMSE, 2002).

As vantagens deste processo estão no baixo custo operacional e de capital, pois utiliza geralmente equipamentos simples e temperaturas próximas à ambiente (KOTOVICZ, 2014). Entretanto, possuem desvantagens como elevados tempos para se alcançar a concentração máxima do composto de interesse, grande demanda de solvente e degradação térmica devido ao tempo elevado de processo (WANG;WELLER, 2006).

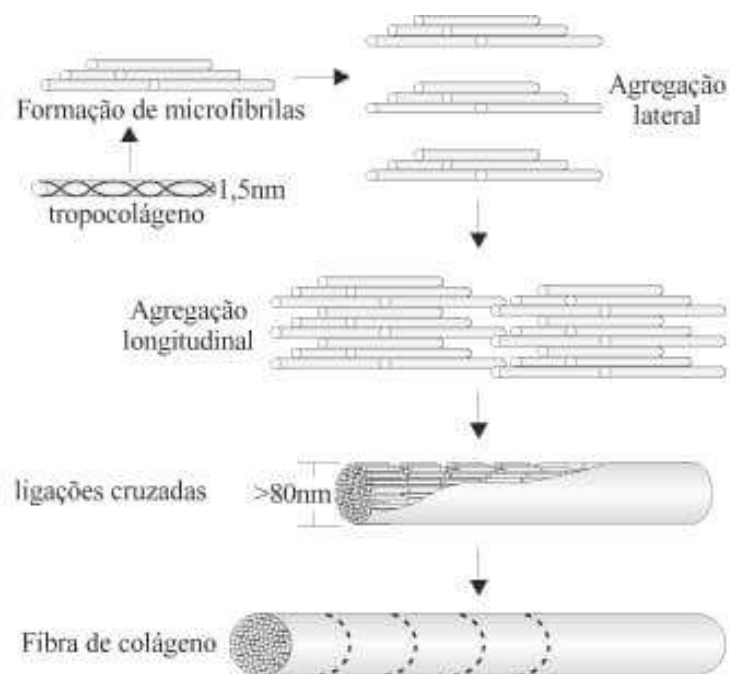
Durante a etapa de maceração em ácido acético, observou-se alteração na aparência e na textura da pele de tilápia, tornando-se mais amolecida e inchada. Esse

comportamento pode ser atribuído não apenas ao processo de maceração, que favorece a difusão do solvente para o interior da matriz biológica, mas também à hidrólise ácida promovida pelo ácido acético.

A hidrólise ácida constitui uma das etapas mais importantes na extração de colágeno a partir de resíduos da indústria pesqueira, especialmente peles de tilápia. Esse processo consiste na exposição da matéria-prima a soluções ácidas diluídas, como o ácido acético, promovendo modificações estruturais na matriz extracelular do tecido conjuntivo. A ação do meio ácido provoca a ruptura de ligações intermoleculares responsáveis pela estabilização das fibras colagênicas, além de promover o rompimento parcial de ligações cruzadas presentes entre as moléculas de colágeno. Como consequência, ocorre o intumescimento das fibras, aumentando sua hidratação e facilitando a difusão do solvente para regiões mais internas da matriz biológica. Esse fenômeno favorece a solubilização do colágeno e aumenta significativamente sua disponibilidade para as etapas subsequentes de extração e purificação (SILVA et al., 2014; LIU et al., 2015).

Em condições ácidas, grupos funcionais presentes nas proteínas são protonados, reduzindo as interações eletrostáticas entre as moléculas e favorecendo a expansão da rede fibrilar do colágeno. Esse aumento da hidratação promove maior separação entre as fibras e reduz a resistência mecânica da matriz, facilitando a extração da proteína sem causar degradação excessiva de sua estrutura helicoidal característica. Dessa forma, o ácido acético é amplamente empregado na obtenção de colágeno solúvel devido à sua capacidade de preservar propriedades biológicas importantes da molécula, como biocompatibilidade e bioatividade (NAGAI; SUZUKI, 2000; AHMAD; BENJAKUL, 2010).

A figura 12 apresenta o processo de fibrilogênese do colágeno, no qual moléculas de tropocolágeno se associam por agregações laterais e longitudinais, formando microfibrilas, fibrilas e fibras colagênicas estabilizadas por ligações cruzadas. Durante a hidrólise ácida realizada com ácido acético, ocorre a desorganização parcial dessas estruturas supramoleculares, promovendo o intumescimento das fibras e a ruptura de interações intermoleculares responsáveis pela estabilidade da matriz colagênica (GOISSIS, 1997)

Figura 12-Processo de fibrilogênese

Esquema 1: Diagrama para o processo de fibrilogênese de colágeno a partir de soluções ácidas.

Fonte:GOISSIS,1997

Dando continuidade ao procedimento seguido, levou-se as amostras pós maceração para uma filtração a vácuo, a fim de remover o restante de impurezas e ácido presente na pele. A filtração a vácuo se repetiu por três dias, porém seus devidos resultados não foram totalmente satisfatórios. Na primeira tentativa, o aparato de filtração foi montado e adicionou-se ao funil uma porção da pele ainda ácida. A pele ainda continha aparência gelatinosa, viscosa e se mostrava ter odor forte, por conta da impregnação da solução ácida. Deixou-se o sistema funcionar por alguns minutos, obtendo-se pouco filtrado, que seria um líquido esbranquiçado. (figura 13)

Figura 13- Filtração a vácuo



Fonte:AUTORAL,2026

Após certas pesquisas, foi descoberto que para esse tipo de filtração, era necessário tipo específico de papel de filtro para a retenção correta, utilizando o papel de filtro disponível no ambiente escolar foi possível observar sua baixa eficácia para esse processo. Através de testes, foram utilizados duas camadas de papel de filtro e em outro teste a gaze, porém em ambas as tentativas de melhorar o sistema, o resultado foi negativo.

Para processos de filtração a vácuo, frequentemente são empregados papéis de filtro endurecidos ou reforçados, que apresentam maior resistência mecânica e suportam a diferença de pressão gerada pelo sistema de sucção. Durante a filtração a vácuo, o papel é colocado sobre um funil de Büchner ou Hirsch e submetido a uma pressão inferior à atmosférica, o que acelera significativamente a remoção do líquido. Nessa condição, papéis convencionais muito finos podem sofrer rompimentos ou deformações, comprometendo a eficiência do procedimento. (CUNNIFF, 1995).

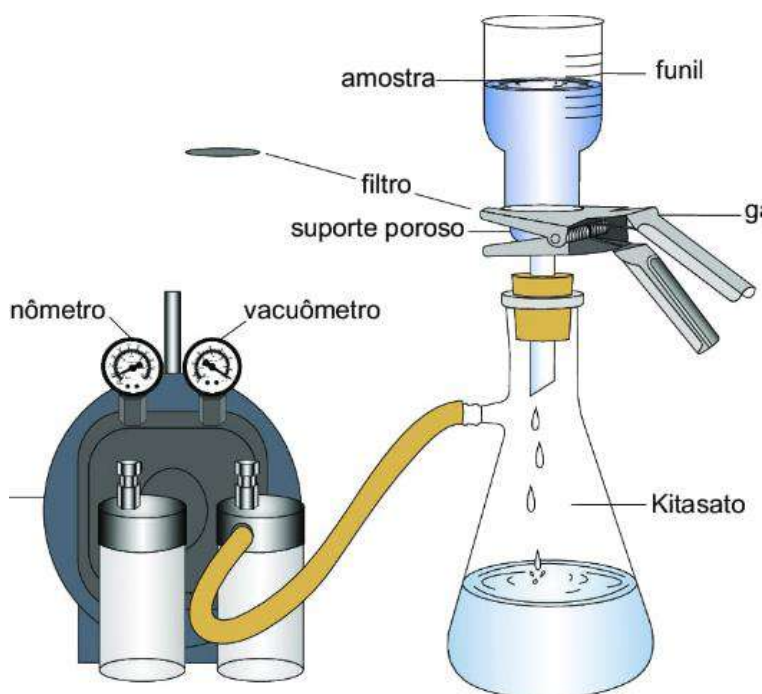
Como o colágeno apresenta elevada viscosidade e forma soluções ou suspensões que podem dificultar a passagem do líquido através do filtro, recomenda-se a utilização de papéis de filtração rápida ou intermediária, com boa resistência mecânica e porosidade suficiente para evitar obstruções frequentes.

Papéis excessivamente finos tendem a reduzir drasticamente a vazão e podem prolongar o tempo de filtração, especialmente quando o material apresenta alta concentração proteica (LIU et al., 2015).

Os papéis de filtro qualitativos de velocidade média a rápida, como os equivalentes ao Whatman nº 1 ou nº 4, são geralmente os mais apropriados para a remoção de resíduos sólidos grosseiros sem comprometer significativamente o rendimento do colágeno dissolvido. O papel Whatman nº 1 apresenta retenção aproximada de 11 μm e velocidade intermediária, sendo amplamente utilizado em procedimentos laboratoriais gerais. Já o Whatman nº 4 possui retenção em torno de 20–25 μm e maior velocidade de filtração, tornando-se adequado quando o objetivo principal é remover fragmentos maiores e acelerar o processo. A escolha final depende das características da suspensão obtida experimentalmente, mas, em geral, papéis de média ou alta vazão associados ao sistema de filtração a vácuo oferecem o melhor equilíbrio entre eficiência, preservação do colágeno e rapidez operacional (GE Healthcare, 2014).

Na segunda filtração foi observado problemas com o equipamento utilizado, onde seu reservatório que contém óleo estava acima de sua média recomendada. Esse fator causou a desistência de seu uso, pois ao ser ligada e utilizada por alguns minutos, foi possível observar e sentir um odor de queimado e fumaça saindo do equipamento.

A filtração a vácuo é uma técnica amplamente utilizada em laboratórios e processos industriais para acelerar a separação entre fases sólida e líquida. Diferentemente da filtração por gravidade, na qual o líquido atravessa o meio filtrante apenas pela ação do peso da própria solução, a filtração a vácuo utiliza uma bomba para criar uma região de baixa pressão abaixo do filtro, aumentando a diferença de pressão entre as duas faces do meio filtrante (figura 14)

Figura 14-Sistema de filtração a vácuo

Fonte: MANZOLLI, 2011

Essa diferença de pressão promove uma passagem mais rápida do líquido através do papel de filtro, reduzindo significativamente o tempo necessário para a separação e permitindo a obtenção de resíduos sólidos mais secos. Em processos envolvendo biomateriais, como a extração de colágeno de pele de tilápia, a filtração a vácuo é especialmente vantajosa devido à elevada viscosidade das soluções proteicas, que podem tornar a filtração convencional lenta e pouco eficiente (SKOOG et al., 2015).

Entre os diversos tipos de bombas de vácuo utilizadas em laboratório, as bombas rotativas lubrificadas a óleo destacam-se pela capacidade de gerar níveis elevados e estáveis de vácuo (figura 15)

Figura 15- Bomba a vácuo

Fonte: AUTORAL,2026

Nesses equipamentos, o óleo exerce funções fundamentais para o funcionamento adequado do sistema. Primeiramente, atua como agente lubrificante, reduzindo o atrito entre as partes móveis internas da bomba e minimizando o desgaste mecânico. Além disso, o óleo auxilia na vedação entre os componentes internos, permitindo que o equipamento mantenha a pressão reduzida necessária para uma sucção eficiente. Outra função importante é a dissipação do calor gerado durante a operação contínua, contribuindo para a estabilidade térmica do equipamento (BUSCH, 2023).

A manutenção adequada do óleo da bomba de vácuo é essencial para garantir a eficiência e a durabilidade do sistema de filtração. Durante o uso, o óleo pode sofrer contaminação por vapor d'água, solventes, partículas sólidas ou resíduos químicos provenientes das amostras processadas. Essa contaminação reduz sua capacidade de lubrificação e vedação, comprometendo o desempenho da bomba e dificultando a obtenção do nível de vácuo desejado. Como resultado, a filtração pode tornar-se mais lenta, menos eficiente e sujeita a falhas operacionais. Em situações mais graves, o

óleo degradado pode causar corrosão interna, aumento do desgaste mecânico e até danos permanentes aos componentes do equipamento (LEYBOLD, 2022).

Na última tentativa da filtração a vácuo do colágeno, obteve-se novamente um resultado negativo, levando a utilização do processo de peneiração da amostra. Os dois beakers que continham o restante das amostras ainda mergulhadas na solução 5% de ácido acético, foram peneirados com auxílio de um bastão de vidro até que grande parte do ácido fosse descartado.

Após a conclusão desse procedimento, o colágeno filtrado foi submetido a centrifugação por 20 minutos em velocidade 6. Ao término do tempo sugerido, observou-se a decantação do colágeno no tubo de ensaio, descartou-se o líquido que fugia do interesse e guardou-se todas as amostras centrifugadas em um becker de 1L. Em outro momento o restante das amostras, também foram submetidos ao mesmo processo, resultando numa amostra ainda gelatinosa, porém mais rígida do que anteriormente, a amostra final não apresentou odor forte. (Figura 16)

Figura 16- Centrifugação das amostras de colágeno



Fonte: AUTORAL,2026

A centrifugação é uma técnica de separação amplamente utilizada em laboratórios químicos, biológicos e industriais para promover a separação de componentes com diferentes densidades por meio da aplicação de força centrífuga. Esse processo ocorre quando uma amostra é submetida a altas velocidades de rotação em uma centrífuga, gerando uma força muito superior à gravidade terrestre. Como consequência, as partículas mais densas tendem a migrar para a região mais externa do tubo, formando um sedimento ou pellet, enquanto os componentes menos densos permanecem na porção superior, denominada sobrenadante. A eficiência da centrifugação depende de fatores como velocidade de rotação, tempo de processamento, temperatura e diferenças de densidade entre as fases presentes na amostra (MADIGAN et al., 2021).

Nos processos de obtenção e purificação de biomoléculas, a centrifugação desempenha papel fundamental por permitir a separação rápida e eficiente de partículas suspensas, resíduos celulares, proteínas agregadas e outras impurezas. Em comparação com métodos convencionais de filtração, a centrifugação apresenta a vantagem de processar soluções viscosas ou contendo partículas muito finas que poderiam obstruir meios filtrantes. Além disso, a técnica reduz perdas de material e possibilita a recuperação de componentes biológicos sensíveis sem a necessidade de aplicar pressões elevadas ou agentes químicos adicionais (NELSON; COX, 2021).

Na extração de colágeno a partir da pele de tilápia, a centrifugação é frequentemente empregada após etapas de hidrólise ácida ou solubilização do colágeno. Durante esses procedimentos, o material biológico é submetido à ação de soluções ácidas, geralmente contendo ácido acético diluído, que promovem o rompimento de interações intermoleculares presentes nos tecidos e favorecem a solubilização das fibras de colágeno. Ao final da extração, a suspensão obtida contém não apenas o colágeno dissolvido, mas também fragmentos de tecido, resíduos celulares, proteínas não solubilizadas e outras partículas provenientes da matéria-prima. Nesse contexto, a centrifugação permite separar eficientemente essas impurezas sólidas da fração líquida que contém o colágeno em solução (LIU et al., 2015).

O princípio físico dessa separação está relacionado às diferenças de densidade entre os componentes presentes no sistema. As partículas insolúveis e os resíduos mais densos sedimentam no fundo do tubo durante a centrifugação, enquanto o colágeno solubilizado permanece predominantemente na fase líquida sobrenadante.

Dessa forma, após o término do processo, o sobrenadante pode ser cuidadosamente coletado para as etapas subsequentes de purificação, precipitação ou secagem. Essa etapa é considerada essencial para aumentar a pureza do colágeno obtido, reduzindo a presença de contaminantes que poderiam interferir em análises físico-químicas ou comprometer a qualidade do produto final (SILVA et al., 2014).

Com a matéria prima pós centrifuga, foi pesado 2 gramas totais, essas que foram neutralizadas e solubilidas com solução de NaOH 1M previamente preparada. Novamente realizou-se uma filtração do líquido básico para que pudesse ser solubilizado em água, sendo possível prosseguir com sua devida incorporação no gel de carbopol.

Com a matéria prima pós centrifuga, foi pesado 2 gramas totais e a solução de ácido acético foi neutralizada com solução de NaOH 1M previamente preparada. Nessa solução neutra, solubilizou-se as 2 gramas por 24 horas. Após esse período, filtrou-se toda a solução em funil de vidro, retendo a matéria prima gelatinosa que posteriormente foi solubilizada em 75mL, levando-se para agitação mecânica em liquidificador.

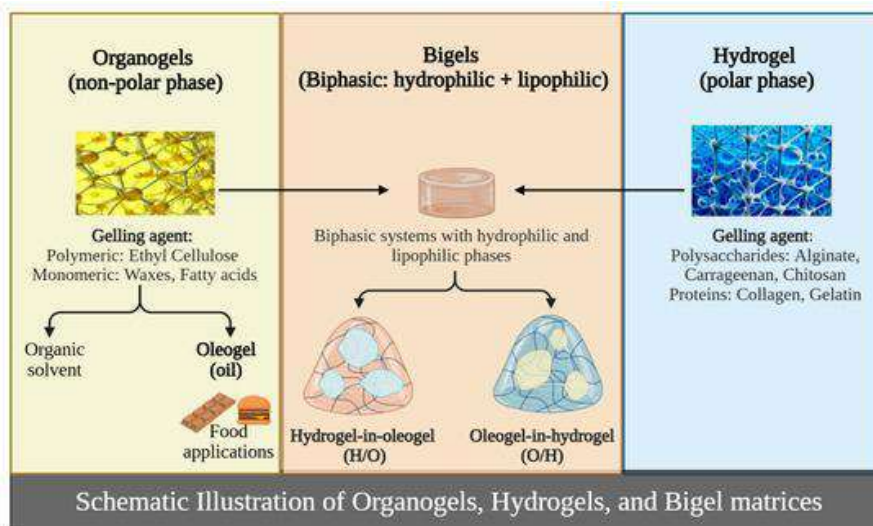
Para a confecção do gel carbopol, pesou-se 0,57gramas de carbopol e solubilizou-se em 40mL de água, logo deixou-se em hidratação por 24 horas. (Figura 17)

Figura 17-Hidratação de carbopol para confecção de gel



Fonte: AUTORAL,2026

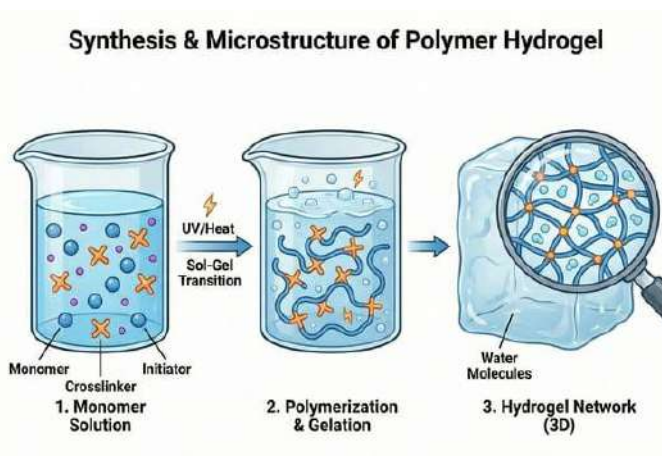
A formulação de géis farmacêuticos constitui uma das áreas mais importantes da tecnologia farmacêutica para administração tópica de fármacos. Os géis são sistemas semissólidos nos quais um líquido, geralmente água, encontra-se aprisionado em uma rede tridimensional formada por polímeros naturais ou sintéticos, denominados agentes gelificantes. Essa estrutura confere ao produto características intermediárias entre líquidos e sólidos, permitindo fácil espalhamento sobre a pele, boa adesão ao local de aplicação e liberação controlada de substâncias ativas. De acordo com a Farmacopeia Brasileira, os géis podem ser classificados como sistemas monofásicos, quando o líquido está uniformemente distribuído na rede polimérica, ou bifásicos, quando partículas sólidas encontram-se dispersas em uma fase líquida estruturada (figura 18).

Figura 18-Diferentes tipos de géis

Fonte: DIAZ, et. al, s.d

Entre os agentes gelificantes mais utilizados destacam-se carbômeros, hidroxietilcelulose, carboximetilcelulose, poloxâmeros, alginatos, quitosana e derivados do ácido hialurônico. A escolha do polímero influencia diretamente a viscosidade, estabilidade, capacidade de hidratação, permeação cutânea e liberação do princípio ativo (BRASIL, 2019).

A classificação dos géis pode ser realizada de acordo com sua composição e finalidade terapêutica. Os hidrogéis são constituídos predominantemente por água, podendo apresentar teor hídrico superior a 90%, característica que favorece elevada hidratação tecidual e conforto ao paciente (figura 19).

Figura 19-Estrutura tridimensional de um hidrogel

Fonte: BOC SCIENCES, s.d

Os organogéis utilizam solventes orgânicos e são empregados principalmente para incorporação de substâncias lipofílicas. Existem ainda os xerogéis, obtidos pela remoção parcial da água do sistema, e os géis responsivos ou inteligentes, capazes de modificar suas propriedades em resposta a estímulos externos como temperatura, pH ou concentração iônica. Em aplicações biomédicas, destacam-se hidrogéis à base de quitosana, colágeno, alginato e ácido hialurônico, amplamente estudados devido à elevada biocompatibilidade e semelhança estrutural com a matriz extracelular da pele (ZHANG et al., 2025).

Entre os exemplos de géis utilizados na prática clínica encontram-se os géis anti-inflamatórios contendo diclofenaco ou cetoprofeno, os géis anestésicos formulados com lidocaína, os géis dermatológicos contendo peróxido de benzoíla para tratamento da acne, os géis de silicone para prevenção de cicatrizes hipertróficas e os hidrogéis empregados em curativos para queimaduras e feridas crônicas. Em comparação com outras formas farmacêuticas semissólidas, como cremes e pomadas, os géis apresentam vantagens relacionadas à melhor aceitação cosmética, menor oleosidade, sensação refrescante e facilidade de remoção da pele, fatores que contribuem para a adesão ao tratamento (BRASIL, 2019; AULTON; TAYLOR, 2018).

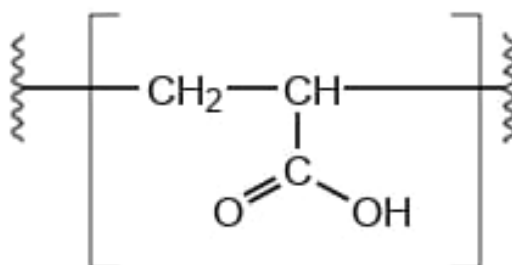
Para o tratamento de queimaduras e lesões cutâneas, os hidrogéis destacam-se por sua elevada capacidade de retenção de água, proporcionando um ambiente úmido favorável ao processo de cicatrização. A manutenção da hidratação local favorece a migração de queratinócitos, a proliferação de fibroblastos e a formação organizada do tecido de granulação. Além disso, a elevada quantidade de água presente nesses sistemas promove efeito refrescante, contribuindo para a redução da dor e do desconforto do paciente. Estudos demonstram que os hidrogéis podem reduzir o tempo de cicatrização e melhorar a qualidade do tecido regenerado, especialmente quando associados a agentes bioativos como prata, mel medicinal, ácido hialurônico ou fatores de crescimento (SUROWIECKA et al., 2022; DIMITRIOU et al., 2020).

Em relação à quantidade mínima necessária para obtenção de efeito terapêutico, não existe um valor universal aplicável a todos os tipos de géis. A eficácia depende da concentração do princípio ativo, da extensão da área tratada, da frequência de aplicação e das características da formulação. Em produtos

cicatrizantes e hidratantes, recomenda-se normalmente a aplicação de uma camada fina e homogênea capaz de recobrir toda a área lesionada. Para géis contendo fármacos, as concentrações costumam variar entre 0,1% e 5%, enquanto em hidrogéis regenerativos a eficácia está mais relacionada à manutenção contínua da hidratação do tecido do que à quantidade absoluta aplicada. Nos géis de silicone, por exemplo, uma película extremamente fina é suficiente para produzir os efeitos desejados, desde que sua utilização seja contínua e adequada (BRASIL, 2019; AULTON; TAYLOR, 2018).

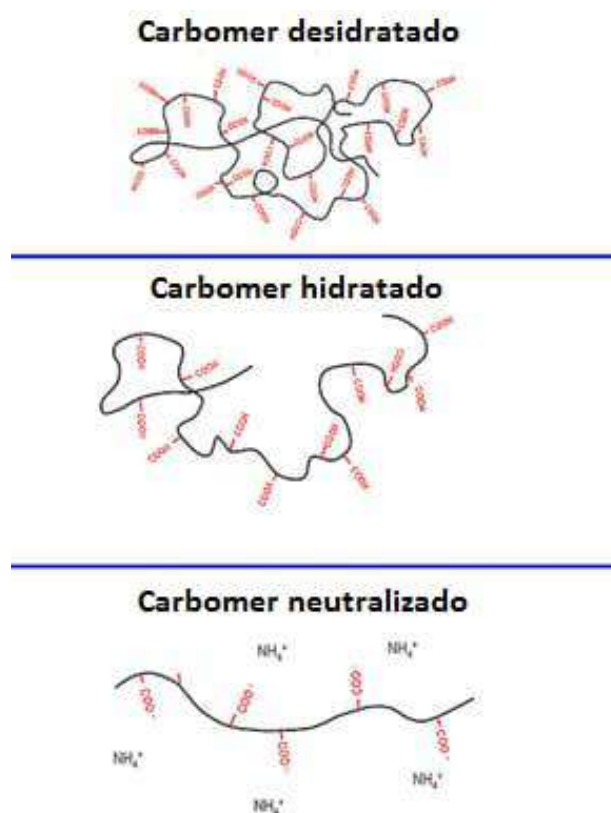
Os avanços mais recentes na área concentram-se no desenvolvimento de hidrogéis bioativos e hidrogéis inteligentes capazes de liberar substâncias terapêuticas de forma controlada e responder a alterações do ambiente da ferida. Esses sistemas podem incorporar antibióticos, fatores de crescimento, compostos antioxidantes e até células-tronco, funcionando simultaneamente como curativos e plataformas de regeneração tecidual. Dessa forma, representam uma das estratégias mais promissoras para o tratamento de queimaduras extensas, úlceras crônicas e lesões de difícil cicatrização, aproximando-se cada vez mais das propriedades biológicas da matriz extracelular natural da pele (ZHANG et al., 2025; MADAGHIELE et al., 2014)

Os géis de Carbopol representam uma das formulações semissólidas mais utilizadas na indústria farmacêutica, cosmética e biomédica devido à sua elevada capacidade de formação de gel, excelente estabilidade físico-química, transparência, compatibilidade com diversos princípios ativos e facilidade de aplicação tópica. O termo Carbopol refere-se a uma família de polímeros sintéticos derivados do ácido poliacrílico reticulado (crosslinked polyacrylic acid), desenvolvidos inicialmente pela empresa B. F. Goodrich e atualmente comercializados sob diferentes denominações pela empresa Lubrizol. Quimicamente, o Carbopol é constituído por longas cadeias de ácido acrílico unidas entre si por agentes de reticulação, como éteres de sacarose ou alil éteres de pentaeritritol. Essa estrutura tridimensional altamente ramificada confere ao polímero a capacidade de absorver grandes quantidades de água, expandindo-se e formando sistemas viscosos mesmo quando utilizado em baixas concentrações, geralmente entre 0,1 e 2,0% em massa. Sua estrutura molecular contém elevada quantidade de grupos carboxila (-COOH), responsáveis por suas propriedades reológicas e pela capacidade de responder às variações de pH do meio, a ilustração a seguir mostra a estrutura desse polímero (QUINN, 2009).

Figura 20-Estrutura do carbopol

Fonte:SINERGIA CIENTÍFICA,s.d

O mecanismo de formação dos géis de Carbopol está diretamente relacionado ao comportamento dos grupos carboxílicos presentes em sua estrutura. Quando disperso em água, o polímero inicialmente apresenta as cadeias enroladas sobre si mesmas devido às interações intermoleculares existentes entre os grupos carboxila protonados. Nessa condição, a viscosidade da dispersão permanece relativamente baixa. Entretanto, após a neutralização com bases apropriadas, como hidróxido de sódio, hidróxido de potássio, trietanolamina ou aminometil propanol, ocorre a ionização dos grupos carboxila, formando íons carboxilato ($-\text{COO}^-$). A repulsão eletrostática gerada entre as cargas negativas faz com que as cadeias poliméricas se expandam intensamente no meio aquoso. Como consequência, ocorre um aumento expressivo do volume hidrodinâmico das moléculas, promovendo a formação de uma rede tridimensional capaz de aprisionar água em sua estrutura. Esse fenômeno é responsável pela transformação da dispersão líquida em um gel altamente viscoso e estável (figura 21) (BONACUCINA et al., 2004)

Figura 21-Processo de neutralização do carbopol

Fonte: SOUZA,2016

Uma das características mais importantes dos géis de Carbopol é seu comportamento reológico pseudoplástico. Isso significa que a viscosidade diminui quando uma força é aplicada, como durante o espalhamento sobre a pele, retornando posteriormente ao estado inicial após a remoção dessa força. Esse comportamento facilita significativamente a aplicação do produto, pois o gel torna-se mais fluido durante o uso, mas recupera sua viscosidade quando permanece em repouso. Além disso, muitos géis de Carbopol apresentam tixotropia, fenômeno no qual a viscosidade diminui progressivamente sob agitação e retorna gradualmente após o repouso. Essas propriedades são extremamente desejáveis em formulações farmacêuticas tópicas, pois permitem distribuição uniforme do produto sem escoamento excessivo após a aplicação (QUINN, 2009).

Diversos tipos de Carbopol foram desenvolvidos para atender diferentes necessidades tecnológicas. Entre os mais utilizados destacam-se o Carbopol 940, Carbopol 934, Carbopol 980, Carbopol 971P e Carbopol 974P. O Carbopol 940 é amplamente empregado na produção de géis transparentes devido à sua elevada

capacidade espessante e excelente aparência visual. O Carbopol 934 apresenta maior resistência mecânica e é frequentemente utilizado em suspensões farmacêuticas. Já os Carbopol 971P e 974P possuem grau farmacêutico específico para aplicações orais e mucosas, sendo empregados em sistemas bioadesivos capazes de aumentar o tempo de contato dos medicamentos com os tecidos biológicos. A escolha entre esses diferentes tipos depende da viscosidade desejada, da compatibilidade com os ingredientes da formulação e da via de administração pretendida (LUBRIZOL, 2020).

Os géis de Carbopol apresentam diversas vantagens farmacotécnicas. Sua elevada transparência permite a obtenção de formulações visualmente atrativas e facilita a inspeção de possíveis alterações durante o armazenamento. A capacidade de formar géis estáveis em baixas concentrações reduz custos de formulação e minimiza interferências na liberação dos princípios ativos. Além disso, esses sistemas apresentam boa espalhabilidade, toque não oleoso, rápida absorção e excelente aceitação pelos pacientes. Outra característica relevante é a capacidade de suspender partículas sólidas e estabilizar emulsões, tornando o Carbopol um excipiente multifuncional utilizado tanto como gelificante quanto como agente suspensor, estabilizante e modificador reológico (AULTON; TAYLOR, 2018).

No contexto da liberação de fármacos, os géis de Carbopol apresentam mecanismos complexos que envolvem difusão, intumescimento polimérico e erosão superficial. Quando um princípio ativo é incorporado ao gel, a rede polimérica atua como uma barreira física que controla sua difusão para o meio externo. Quanto maior a concentração de Carbopol, mais densa será a rede tridimensional formada e mais lenta será a liberação do fármaco. Esse comportamento permite o desenvolvimento de sistemas de liberação prolongada e controlada, reduzindo a frequência de aplicação e aumentando a eficácia terapêutica. Além disso, os grupos carboxila presentes na estrutura podem estabelecer ligações de hidrogênio com proteínas da mucosa, conferindo propriedades bioadesivas importantes para formulações oftálmicas, bucais, vaginais e nasais (BONACUCINA et al., 2004).

Na área da cicatrização e regeneração tecidual, os géis de Carbopol são frequentemente empregados como veículos para incorporação de compostos bioativos, incluindo extratos vegetais, antibióticos, anti-inflamatórios, fatores de crescimento, nanopartículas metálicas e colágeno. O Carbopol em si não possui atividade cicatrizante significativa, mas cria um ambiente favorável para a ação dos

princípios ativos ao manter a hidratação local, promover contato prolongado com a lesão e facilitar a distribuição uniforme das substâncias terapêuticas. Em queimaduras superficiais e feridas cutâneas, os géis de Carbopol proporcionam sensação refrescante devido ao elevado teor de água presente na formulação, contribuindo para o conforto do paciente durante o tratamento (MIRANDA et al., 2021).

Apesar de suas inúmeras vantagens, os géis de Carbopol apresentam algumas limitações. A viscosidade pode ser reduzida pela presença de elevadas concentrações de eletrólitos, uma vez que íons dissolvidos diminuem a repulsão eletrostática entre as cadeias poliméricas. Alterações extremas de pH também podem comprometer a estabilidade do gel, sendo a faixa ideal geralmente situada entre pH 5 e 7. Além disso, alguns solventes orgânicos e determinados ingredientes catiônicos podem interagir com os grupos carboxilato, provocando redução da viscosidade ou precipitação do polímero. Por essa razão, estudos de compatibilidade são fundamentais durante o desenvolvimento farmacotécnico das formulações (SHESKEY, 2009).

Após a obtenção do hidrogel base, procedeu-se à incorporação da solução de colágeno previamente preparada, utilizando-se uma pipeta pasteur para a adição de 0,5 mL da solução ao sistema. Em seguida, a formulação foi submetida à homogeneização contínua por alguns minutos, visando garantir a distribuição uniforme do colágeno na matriz polimérica.

Paralelamente, em um béquero de 50 mL, foram pesados e misturados 2,75 g de glicerina e 0,55 g de nipaguard, promovendo-se a completa solubilização do conservante no agente umectante. Posteriormente, essa mistura foi incorporada gradualmente ao gel de carbopol contendo colágeno, sob agitação constante, a fim de assegurar a homogeneidade da formulação e evitar a formação de agregados ou regiões de concentração localizada dos componentes.

Após a completa dispersão e solubilização dos constituintes, realizou-se a etapa de neutralização do carbopol mediante adição lenta e controlada de trietanolamina, utilizando uma pipeta pasteur. A base foi adicionada gota a gota sob agitação contínua até que a formulação atingisse a viscosidade e consistência desejadas. Ao final dessa etapa, obteve-se um gel cicatrizante homogêneo (figurax)

Figura 22-Gel de carpobol finalizado



Fonte:AUTORAL,2026

Na formulação do gel cicatrizante, a utilização da trietanolamina desempenha papel fundamental no processo de gelificação. Esse composto atua como agente neutralizante do Carbopol, elevando o pH da dispersão e promovendo a conversão dos grupos carboxila ($-\text{COOH}$) em grupos carboxilato ($-\text{COO}^-$). Como consequência, ocorre a expansão das cadeias poliméricas e a formação da estrutura tridimensional responsável pela consistência característica do gel. Além de influenciar diretamente a viscosidade, a trietanolamina auxilia na estabilização da formulação e na obtenção de um pH compatível com a aplicação cutânea, contribuindo para a segurança e o conforto durante o uso tópico (TAYLOR, 2018).

A glicerina, por sua vez, atua como agente umectante e hidratante. Quimicamente, trata-se de um álcool trihidroxilado altamente higroscópico, capaz de atrair e reter moléculas de água provenientes do ambiente e das camadas mais profundas da pele. Sua presença na formulação reduz a perda transepidérmica de água, aumenta a hidratação do estrato córneo e contribui para a manutenção da elasticidade tecidual. Além disso, a glicerina melhora as características sensoriais do gel, reduzindo a sensação de ressecamento após a aplicação e favorecendo a espalhabilidade da formulação sobre a superfície cutânea (FLUHR; DAANEN; VAN DE KERKHOF, 2008).

Outro componente importante da formulação é o nipaguard, utilizado como sistema conservante. Esse composto é constituído por uma combinação de agentes antimicrobianos capazes de inibir o crescimento de bactérias, fungos e leveduras que poderiam contaminar o produto durante o armazenamento ou uso. A incorporação de conservantes torna-se especialmente importante em hidrogéis devido ao elevado teor de água presente na formulação, condição que favorece o desenvolvimento microbológico. Dessa forma, o nipaguard contribui para a estabilidade microbológica do gel, prolongando sua vida útil e garantindo a segurança do produto durante sua utilização (ROWE, 2009).

A incorporação do colágeno extraído da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) confere ao gel uma importante função biológica relacionada à regeneração tecidual. O colágeno é a principal proteína estrutural da matriz extracelular dos tecidos conjuntivos, sendo responsável pela resistência mecânica, sustentação celular e organização da arquitetura da pele. Estudos demonstram que o colágeno de origem marinha apresenta elevada biocompatibilidade, baixa imunogenicidade e excelente capacidade de estimular processos regenerativos, tornando-se uma alternativa promissora ao colágeno bovino e suíno tradicionalmente utilizado na indústria biomédica (ELIAS et al., 2023).

Quando incorporado à matriz de carbopol, o colágeno de tilápia passa a interagir fisicamente com a rede polimérica do hidrogel por meio de ligações de hidrogênio e interações eletrostáticas. Essas interações podem promover modificações nas propriedades reológicas da formulação, resultando em alterações na viscosidade, elasticidade e capacidade de retenção de água. Dependendo da concentração empregada, o colágeno pode aumentar a estabilidade estrutural do gel e favorecer a formação de uma matriz mais semelhante ao ambiente fisiológico encontrado nos tecidos lesionados. Essa característica é particularmente relevante em aplicações cicatrizantes, uma vez que o gel passa a atuar não apenas como veículo de liberação, mas também como suporte biomimético para adesão, proliferação e migração celular (LI et al., 2022).

Além de suas propriedades estruturais, o colágeno de tilápia apresenta atividade biofuncional relevante no processo de cicatrização. Durante a regeneração tecidual, fragmentos peptídicos derivados do colágeno podem atuar como sinais bioquímicos capazes de estimular fibroblastos, aumentar a síntese de matriz extracelular e favorecer a deposição organizada de novas fibras colágenas. Estudos

in vitro e in vivo demonstram que biomateriais contendo colágeno marinho aceleram a reepitelização, promovem maior formação de tecido de granulação, aumentam a angiogênese local e contribuem para a obtenção de cicatrizes com melhor organização estrutural. Dessa forma, a associação entre o hidrogel de carbopol e o colágeno de tilápia resulta em uma formulação que combina propriedades físico-químicas favoráveis à aplicação tópica com potencial atividade regenerativa e cicatrizante (ZHANG et al., 2024; LI et al., 2022).

Com o objetivo de avaliar a influência do agente neutralizante sobre as características finais da formulação, o procedimento de incorporação do colágeno foi realizado três vezes. Em duas formulações utilizou-se trietanolamina como agente neutralizante e, em uma terceira, hidróxido de sódio (NaOH). Após a comparação das características físicas e reológicas dos géis obtidos, verificou-se que as formulações neutralizadas com trietanolamina apresentaram desempenho superior em relação àquela produzida com NaOH.

Esse comportamento pode ser explicado pelas diferenças químicas existentes entre os dois neutralizantes. A trietanolamina é uma base orgânica fraca que promove a neutralização gradual dos grupos carboxílicos presentes na estrutura do Carbopol, permitindo uma expansão mais uniforme das cadeias poliméricas e favorecendo a formação de uma rede tridimensional estável. Como resultado, obtém-se um gel mais homogêneo, transparente e com viscosidade adequada para aplicação tópica. Além disso, a neutralização mais controlada reduz a ocorrência de variações bruscas de pH que poderiam comprometer a estabilidade dos demais componentes da formulação e interfere menos nas interações intermoleculares responsáveis pela manutenção da estrutura do hidrogel (JONES et al., 1997).

Por outro lado, o hidróxido de sódio é uma base forte que promove rápida ionização dos grupos carboxílicos do Carbopol. Embora também seja capaz de formar o gel, sua elevada alcalinidade pode gerar aumentos abruptos do pH e concentrações localizadas de íons sódio na formulação. A presença excessiva desses eletrólitos pode reduzir parcialmente as forças de repulsão responsáveis pela expansão das cadeias poliméricas, afetando a organização da rede gelificada e resultando em alterações na viscosidade, estabilidade e aparência do produto final. Diversos estudos demonstram que sistemas de Carbopol apresentam sensibilidade à presença de eletrólitos, os quais podem provocar redução da viscosidade e comprometimento das propriedades reológicas da formulação (BONACUCINA et al., 2004).

Outro fator relevante está relacionado à presença do colágeno de tilápia. Por se tratar de uma proteína fibrosa sensível às condições do meio, valores elevados de pH podem provocar alterações conformacionais nas cadeias polipeptídicas, afetando a organização da tripla hélice característica do colágeno. Essas modificações podem comprometer propriedades importantes, como biocompatibilidade, capacidade de retenção de água e potencial regenerativo. A utilização da trietanolamina proporciona condições menos agressivas durante a neutralização, favorecendo a preservação da estrutura proteica do colágeno e sua distribuição homogênea na matriz de Carbopol (LI et al., 2022).

Após a obtenção das formulações, foram realizados testes de controle de qualidade preliminares, incluindo análises organolépticas e determinação do pH. A avaliação visual dos géis demonstrou características satisfatórias quanto à aparência, apresentando boa transparência, homogeneidade, viscosidade e textura compatíveis com uma formulação tópica à base de Carbopol. Não foram observados sinais de separação de fases, formação de grumos ou precipitação dos componentes incorporados, indicando adequada estabilidade física inicial da formulação.

Em relação às características organolépticas, avaliou-se também o odor dos géis produzidos. Como não foi incorporada nenhuma fragrância ou agente mascarante à formulação, observou-se predominância do odor característico da trietanolamina, composto utilizado na etapa de neutralização do Carbopol. Apesar de perceptível, esse odor não indicou alterações físico-químicas ou microbiológicas do produto. Dessa forma, considerando os parâmetros de aparência, textura, consistência e odor, as formulações apresentaram resultados satisfatórios nos testes organolépticos realizados. A análise organoléptica é amplamente utilizada como ferramenta inicial para identificação de possíveis alterações relacionadas à estabilidade e aceitabilidade de produtos farmacêuticos e cosméticos (QUINN, 2009).

Posteriormente, procedeu-se à determinação do pH utilizando fitas indicadoras universais. A análise inicial dos três géis demonstrou valores de pH situados em faixa mais ácida do que a desejada para aplicação tópica, evidenciando a necessidade de correção. Para o ajuste do pH, foi preparada uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 10%, a qual foi adicionada gradualmente às formulações sob agitação controlada.

Após o procedimento de correção, os géis neutralizados originalmente com trietanolamina atingiram pH próximo de 5, enquanto a formulação neutralizada com

hidróxido de sódio apresentou pH final em torno de 4. Esses resultados sugerem que as formulações contendo trietanolamina apresentaram maior eficiência na neutralização dos grupos carboxílicos do Carbopol e melhor capacidade de estabilização do sistema, produzindo valores de pH mais próximos da faixa fisiológica da pele, que normalmente varia entre 4,5 e 5,5. A manutenção do pH nessa faixa é considerada importante para a preservação da barreira cutânea, redução de processos irritativos e favorecimento do processo cicatricial. Além disso, valores de pH adequados contribuem para a estabilidade estrutural do colágeno incorporado à formulação e para a manutenção das propriedades reológicas do gel (LAMBERS et al., 2006).

Após a conclusão de todos os testes, procedeu-se com o envase de 50 gramas do gel em recipientes de vidro com tampas brancas. Inicialmente a formulação foi realizada para 55 gramas, porém na compra dos recipientes foi observado que não é encontrado quantidades para 55 gramas, então o recipiente final foi comprado para suportar 50 gramas do produto, conforme ilustrado na figura 23.

Figura 23-Envase de gel de colágeno



Fonte:AUTORAL,2026

O processo de rotulagem teve início com o levantamento e a organização das informações referentes ao produto e aos componentes empregados em sua formulação. Os dados inseridos no rótulo foram estruturados de acordo com as diretrizes estabelecidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para

produtos cosméticos. Entretanto, em razão do produto ter sido desenvolvido em ambiente laboratorial pedagógico, algumas informações obrigatórias para produtos destinados à comercialização não puderam ser incluídas na rotulagem, tais como CNPJ, identificação do importador e número de registro junto ao órgão regulador. Após a definição das informações aplicáveis ao produto, os dados foram organizados de forma sistemática em tópicos, visando facilitar a estruturação do rótulo e a posterior inserção dos elementos textuais e gráficos necessários para sua adequada apresentação e identificação:

Nome do produto: Aquafish

Quantidade: 50 gramas - gel sólido

Data de fabricação: 05/05/2026

Data de validade: 6 meses após 1º uso

Composição: Aqua, Glycerin, Carbomer, Hydrolyzed Collagen, Triethanolamine, Phenoxyethanol, Methylparaben, Ethylparaben, Propylparaben, Butylparaben.

Modo de uso: Aplicar o produto com cuidado e pouca quantidade do gel na área lesionada massageando o lugar e deixando em repouso.

Contraindicação: Pessoas que possuem alergia a algum componente da fórmula;

Manter longe do alcance de crianças menores 10 anos;

Evitar aplicação nos olhos e boca.

Lote: 000001

Endereço de fabricação: Jardim Pedroso, Rua Ribeirão Preto

A rotulagem de produtos cosméticos constitui uma etapa fundamental para garantir a segurança do consumidor, a transparência das informações e a conformidade regulatória dos produtos comercializados. Por meio do rótulo, são disponibilizadas informações essenciais sobre a composição, modo de uso,

precauções, finalidade do produto e dados do fabricante, permitindo que o consumidor faça escolhas conscientes e utilize o produto de maneira segura. Além disso, a rotulagem desempenha importante papel na rastreabilidade dos produtos, facilitando ações de controle sanitário e monitoramento de possíveis eventos adversos relacionados ao seu uso (BRASIL, 2023).

No Brasil, a rotulagem de cosméticos é regulamentada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que estabelece requisitos obrigatórios para a apresentação das informações nos rótulos. Entre essas informações estão o nome do produto, a marca, a finalidade, o conteúdo líquido, a identificação do fabricante ou importador, o número do lote, o prazo de validade, as advertências específicas quando aplicáveis e a lista de ingredientes. Essas exigências visam garantir que os consumidores tenham acesso a informações claras e adequadas, reduzindo riscos associados ao uso incorreto dos produtos cosméticos (ANVISA, 2023).

Um dos aspectos mais importantes da rotulagem cosmética é a declaração da composição dos ingredientes por meio da nomenclatura INCI (International Nomenclature of Cosmetic Ingredients). Esse sistema padronizado permite a identificação universal das substâncias presentes nas formulações, independentemente do idioma ou do país de comercialização. Os ingredientes devem ser apresentados em ordem decrescente de concentração, exceto aqueles presentes em concentrações inferiores a 1%, que podem ser listados em qualquer ordem após os demais componentes. Essa padronização facilita o trabalho de profissionais da saúde, pesquisadores e consumidores que necessitam identificar substâncias potencialmente alergênicas ou incompatíveis com determinadas condições de uso (MILANI; JOÃO, 2018).

Além das informações obrigatórias, a rotulagem deve evitar alegações enganosas ou sem comprovação científica. Termos como “hipoalergênico”, “dermatologicamente testado”, “não comedogênico” ou “natural” somente podem ser utilizados quando houver evidências técnicas que sustentem tais afirmações. Dessa forma, a regulamentação busca proteger o consumidor contra práticas de marketing que possam induzir a interpretações equivocadas sobre a eficácia ou segurança do produto. A veracidade das informações presentes nos rótulos é um dos princípios fundamentais das boas práticas regulatórias aplicadas ao setor cosmético (BRASIL, 2023).

O processo de elaboração da rotulagem envolve a integração entre os setores de pesquisa e desenvolvimento, garantia da qualidade, assuntos regulatórios e marketing. Inicialmente, são reunidas as informações técnicas da formulação, incluindo composição, características físico-químicas e finalidade do produto. Em seguida, essas informações são avaliadas conforme a legislação vigente para garantir que todos os requisitos legais sejam atendidos. Após a validação regulatória, o rótulo é desenvolvido graficamente e submetido a revisões antes da impressão e aplicação nas embalagens finais. Esse procedimento contribui para minimizar erros de informação e assegurar a conformidade do produto perante os órgãos fiscalizadores (LEONARDI; SPERS, 2015).

Portanto, a rotulagem cosmética representa um importante instrumento de comunicação entre a indústria e o consumidor, contribuindo para a segurança, a rastreabilidade e o uso adequado dos produtos. O cumprimento das exigências regulatórias e a disponibilização de informações claras e precisas são essenciais para a proteção da saúde pública e para a manutenção da confiança do consumidor no mercado de cosméticos (ANVISA, 2023).

Para o desenvolvimento da rotulagem, foram realizadas pesquisas de mercado e análises de identidade visual com o objetivo de definir a marca e a nomenclatura do produto. O processo de criação iniciou-se pela elaboração de um nome que transmitisse conceitos associados à refrescância, suavidade e bem-estar, características diretamente relacionadas à proposta do gel desenvolvido. A partir desses critérios, foi definido o nome “Aquafish”, acompanhado por uma identidade visual baseada em uma paleta cromática composta predominantemente por tons de azul-claro e branco, cores frequentemente associadas à sensação de frescor, pureza e tranquilidade. A concepção da logomarca fundamentou-se em referências visuais obtidas por meio de pesquisas em plataformas de inspiração e design, com destaque para a rede social Pinterest. A Figura a seguir apresenta a versão final da logomarca desenvolvida para o produto.

Figura 24-Logo do produto

Fonte:AUTORAL,2026

No processo de rotulagem, também foram descritos os componentes constituintes da formulação final. Conforme mencionado anteriormente, a formulação foi inicialmente

calculada para um volume total de 55 g. Entretanto, devido à indisponibilidade de recipientes com capacidade compatível para essa quantidade, realizou-se a adequação da formulação para 50 g de produto final. A composição final foi constituída por água, Carbopol, Nipaguard, glicerina, trietanolamina e colágeno hidrolisado, ingredientes que desempenham funções específicas relacionadas à estabilidade, conservação, viscosidade e propriedades hidratantes da formulação. A seguir, apresenta-se uma tabela 1 contendo a composição da formulação final, bem como as respectivas concentrações e quantidades em massa utilizadas para a obtenção do produto.

Tabela 1-Composição da formulação do gel de colágeno

COMPONENTE	PORCENTAGEM	MASSA
Carbopol	1%	0,55g
Colágeno	3%	1,65g
Nipaguard	1%	0,55g
Glicerina	5%	2,75g
Água	q.s.p	55g
Trietanolamina	q.s.	(2 gotas)

Fonte:AUTORAL,2026

Em uma formulação de gel cicatrizante à base de colágeno de tilápia, cada componente exerce uma função específica e complementar, contribuindo para a estabilidade físico-química do produto, para a manutenção das propriedades biológicas do colágeno e para a promoção do processo de reparação tecidual. O desenvolvimento de sistemas semissólidos para cicatrização requer a utilização de excipientes capazes de garantir adequada viscosidade, espalhabilidade, hidratação e conservação microbiológica, fatores essenciais para a eficácia terapêutica da formulação (ANSEL; POPOVICH; ALLEN, 2013).

O Carbopol, presente na concentração de 1%, atua como o principal agente gelificante da formulação. Trata-se de um polímero sintético derivado do ácido poliacrílico, amplamente empregado na indústria farmacêutica devido à sua elevada capacidade de absorção de água e formação de géis de alta viscosidade. Quando disperso em meio aquoso e posteriormente neutralizado, o Carbopol sofre expansão de suas cadeias poliméricas, originando uma rede tridimensional responsável pela consistência característica do gel. Além de conferir viscosidade, esse polímero promove maior tempo de permanência do produto sobre a lesão, favorecendo a liberação gradual dos princípios ativos e proporcionando uma barreira protetora que auxilia na manutenção da umidade do tecido lesionado, condição considerada fundamental para uma cicatrização eficiente (ROWE; SHESKEY; QUINN, 2009).

O colágeno de tilápia, empregado na concentração de 3%, constitui o principal componente bioativo da formulação. O colágeno é a proteína estrutural mais abundante da matriz extracelular e desempenha papel essencial na regeneração tecidual, atuando como um arcabouço biológico que favorece a migração e proliferação de fibroblastos, a deposição de nova matriz extracelular e a neoangiogênese. O colágeno extraído da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) tem recebido grande destaque na área biomédica por apresentar elevada biocompatibilidade, baixa antigenicidade, abundância de aminoácidos como glicina, prolina e hidroxiprolina e excelente capacidade de formação de filmes e biomateriais cicatrizantes. (ALVES et al., 2015).

O Nipaguard, utilizado na concentração de 1%, exerce a função de conservante antimicrobiano. Esse sistema conservante é constituído por uma combinação de compostos capazes de inibir o crescimento de bactérias, fungos e leveduras, evitando a contaminação microbiológica da formulação durante o armazenamento e o uso pelo

paciente. A presença de água em formulações semissólidas favorece a proliferação de microrganismos, tornando indispensável a incorporação de conservantes adequados. Dessa forma, o Nipaguard garante maior estabilidade microbiológica e prolonga a vida útil do produto, preservando a integridade do colágeno e das demais substâncias presentes no gel (ALLEN, 2013).

A glicerina, presente em concentração de 5%, atua principalmente como um agente umectante e emoliente. Por apresentar elevada higroscopicidade, a glicerina possui a capacidade de atrair e reter moléculas de água, promovendo hidratação contínua do tecido lesionado e prevenindo o ressecamento da formulação. A manutenção de um ambiente úmido é um dos fatores mais importantes no processo de cicatrização, uma vez que favorece a migração celular, a síntese de colágeno e a formação de tecido de granulação. Além disso, a glicerina melhora a espalhabilidade do gel, reduz a perda de água por evaporação e contribui para o conforto do paciente durante a aplicação tópica (AULTON; TAYLOR, 2016).

A água purificada, utilizada em quantidade suficiente para completar a formulação, constitui o veículo do sistema semissólido. Sua principal função é promover a dissolução ou dispersão dos demais componentes, além de proporcionar o meio necessário para o intumescimento do Carbopol e para a hidratação do colágeno. A água também influencia diretamente propriedades importantes da formulação, como viscosidade, estabilidade e capacidade de liberação dos ativos. Em géis farmacêuticos, a água desempenha ainda papel fundamental na manutenção da umidade da ferida, contribuindo para um ambiente favorável ao reparo tecidual (ANSEL; POPOVICH; ALLEN, 2013).

Por fim, a trietanolamina, adicionada em quantidade suficiente para ajuste do pH, atua como agente neutralizante do Carbopol. Após sua adição, ocorre a ionização dos grupos carboxílicos presentes no polímero, provocando a repulsão entre as cadeias poliméricas e, conseqüentemente, a formação do gel. Além de permitir a obtenção da viscosidade desejada, a trietanolamina contribui para o ajuste do pH da formulação para valores próximos ao pH fisiológico da pele, fator importante para minimizar irritações e garantir maior estabilidade do colágeno e dos demais componentes da preparação (ROWE; SHESKEY; QUINN, 2009).

Para o cálculo do rendimento, foi utilizada somente uma única fórmula:

$$n = \frac{Mf}{Mi} = x 100$$

Aonde, n é o valor em % de rendimento, Mf é a massa final do produto ativo, após todo o processo extrativo, Mi é a massa inicial da amostra, ou seja, antes de todo o processo, em sua forma ainda bruta.

No trabalho, inicialmente foram selecionadas e removidas escamas de pele de tilápia e outras sujidades, dessas peles limpas, foram separadas 100g para começar a extração de colágeno. Após o processo de purificação do colágeno, foi pesado uma massa de 10,0159g final, de colágeno e algumas impurezas desconhecidas.

Substituindo os valores obtidos na fórmula, tem-se que o rendimento obtido foi de aproximadamente 10%.

$$n = \frac{10,0159}{100} = x 100$$

$$n = 10,0159\%$$

Segundo a literatura, o rendimento deste processo seria de aproximado 3%, e o grupo obteve um rendimento de aproximadamente 10%, o que causa confusão e pode levar à controvérsia, ao ser levado em conta que foi feito em unidade escolar, e sem equipamentos necessários para um processo concreto, e como não é possível realizar processos quantitativos nessa amostra, não é possível afirmar que aquele colágeno é puro, muito menos que o rendimento foi positivo, já que ao menos 70% desse produto é composto por impurezas.

Para identificação dos valores corretos correspondentes a uma unidade do produto, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$p1 = m1 \times pt/mt$$

Em que:

$p1$ - preço do componente contido no produto;

$m1$ - massa do componente contida no produto;

pt - preço total do componente;
mt - massa total do componente.

Onde obteve-se os seguintes valores de acordo com a tabela 2:

Tabela 2-Preço gasto em uma unidade do gel

Componentes utilizados	Massa do componente comprado(em g/L)	Preço do Produto	Massa utilizada (em gramas/L)	Preço da Massa Utilizada
NaCl	1000g	R\$13,28	11,68g	R\$0,63
NaOH	1000g	R\$25,55	4g	R\$0,10
Ácido acético	2L	R\$62,00	0,109L	R\$6,81
Carbopol	250g	R\$26,90	0,55g	R\$0,06
Nipaguard	0,05L	R\$25,99	0,55g	R\$0,37
Trietanolamina	Doação	—	q.s.p	—
Colágeno	—	—	0,55g	—
Glicerina	0,25L	R\$28,20	2,75g	R\$0,20

Preço total	Margem de Lucro (do grupo)	Taxa do Distribuidor	Taxa do Varejista	Preço Total com taxas
R\$8,17	R\$15,00	20%	60%	R\$44,49

Fonte:AUTORAL,2026

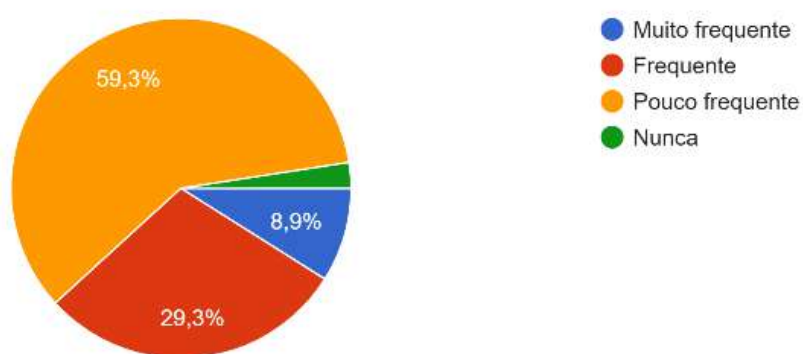
Foi alcançado um gasto total para a produção de um gel de até 8,17g. Um valor extremamente baixo, ao desconsiderar gastos gerais da instituição para a confecção, e com uso de maquinário limitado, que também proporcionou uma pureza de colágeno menor em relação a testes de maior confiabilidade. Ao aplicar sobre este valor uma margem de lucro de R\$15 equivalente a pelo menos 283% do valor original (uma margem altíssima), o preço final contendo as taxas de atacado e comércio ultrapassou os R\$44,49 sem contabilizar impostos sobre a produção, a distribuição e o varejo. Mesmo com uma margem alta, e utilizando como referência taxas de atacado e varejo em seu ápice, o gel se mostrou efetivamente mais barato (mesmo que com uma pureza mais baixa) em relação a outros produtos do mercado. Vale citar que o uso dos percentuais foram os escolhidos pelo grupo, mediante uma ausência de fontes confiáveis sobre o percentual colocado no produto. Quando comparado a outros produtos de referência do mercado com mesma finalidade que compõem uma gama de ativos com finalidade antimicrobiana, para trazer características cosméticas a aparência da lesão e para reduzir o tamanho da cicatriz final, estes que custam valores variáveis que podem girar em média ao redor de 150 reais (os mais reconhecidos); ele se vê com um custo benefício muito melhor, e com um mercado amplo e aberto para um meio em ascensão para o colágeno hidrolisado proveniente da tilápia.

Por fim, foi realizada uma pesquisa de campo com a comunidade escolar, com o objetivo de avaliar o interesse do público em um gel cicatrizante à base de colágeno extraído da pele da tilápia. Ao todo, foram obtidas 123 respostas, permitindo analisar a frequência de ocorrência de lesões leves, os hábitos de utilização de produtos cicatrizantes, a percepção sobre os preços de mercado e a intenção de compra de um novo produto com valor mais acessível.

Em relação à frequência de ocorrência de queimaduras e lesões leves (cortes, ralados e similares), observou-se no gráfico 1 que, 59,3% dos participantes afirmaram que esses eventos ocorrem de forma pouco frequente em suas vidas, enquanto 29,3% relataram ocorrência frequente e 8,9% muito frequente. Apenas uma pequena parcela declarou nunca sofrer esse tipo de lesão. Esses resultados demonstram que, mesmo não sendo acontecimentos diários, queimaduras e ferimentos leves fazem parte da realidade da maioria dos entrevistados, evidenciando a necessidade de produtos destinados ao tratamento dessas lesões.

Gráfico 1-Pesquisa de campo: Com frequência essas lesões ocorrem ?

Quão recorrentes são queimaduras e lesões leves (cortes, ralados, etc) na sua vida ?
123 respostas



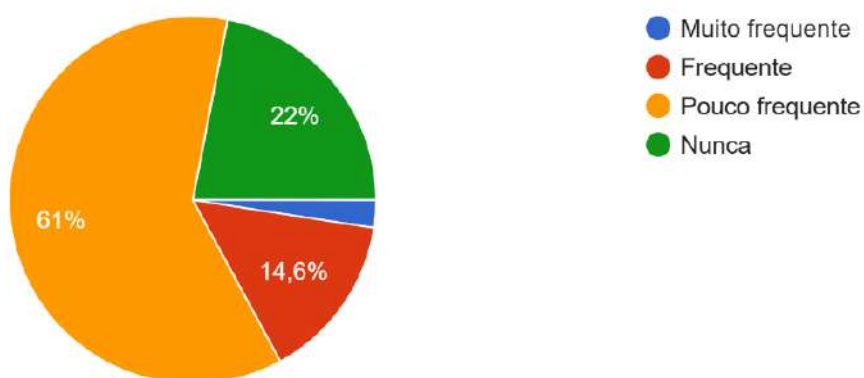
Fonte:AUTORAL,2026

Quando questionados sobre a frequência de utilização de produtos para tratar cortes e queimaduras, 61% dos participantes responderam que fazem uso desses produtos de forma pouco frequente, enquanto 14,6% afirmaram utilizá-los frequentemente. Além disso, 22% declararam nunca utilizar produtos específicos para esse fim, conforme observado no gráfico 2. Esses dados sugerem que existe uma

demanda potencial por alternativas terapêuticas mais acessíveis e eficazes, capazes de incentivar uma maior adesão ao tratamento adequado de lesões superficiais.

Gráfico 2-Pesquisa de campo: Com qual frequência produtos cicatrizantes são utilizados?

Com qual frequência você utiliza produtos para tratar cortes e queimaduras?
123 respostas



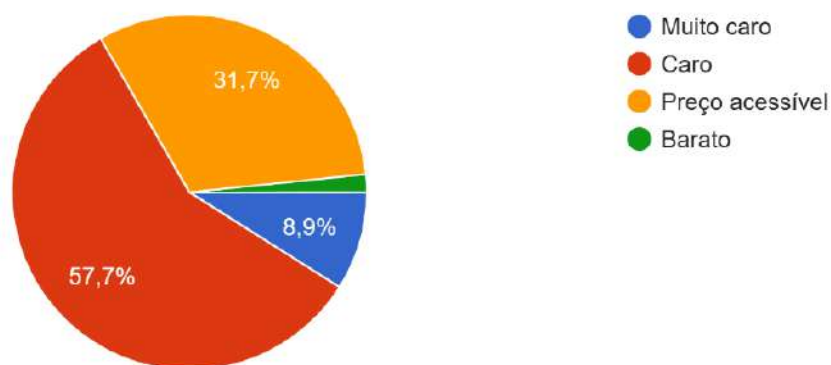
Fonte:AUTORAL,2026

Sobre a percepção dos preços dos produtos atualmente disponíveis no mercado, os resultados expressos no gráfico 3 indicam que 57,7% dos entrevistados os consideram caros e 8,9% muito caros. Em contrapartida, 31,7% avaliaram os preços como acessíveis, enquanto apenas uma pequena parcela os classificou como baratos. Esse resultado demonstra que a maioria da população percebe um impacto financeiro significativo na aquisição desses produtos, reforçando a importância do desenvolvimento de alternativas de menor custo.

Gráfico 3-Pesquisa de campo: Qual a opinião das pessoas sobre os preços de mercado?

Como você avalia o preço desses produtos já existentes no mercado ?

123 respostas



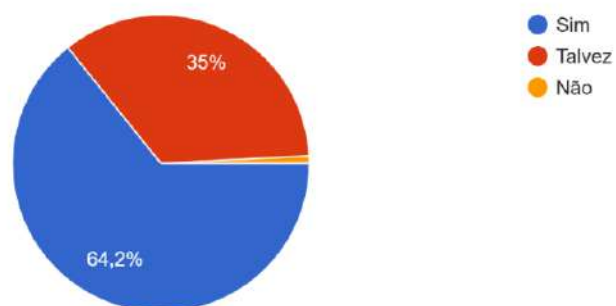
Fonte:AUTORAL,2026

Por fim, ao serem questionados sobre a possibilidade de adquirir um produto à base de colágeno extraído da pele da tilápia com valor inferior aos produtos já existentes, os dados apresentados no gráfico 4 revelam que 64,2% responderam que comprariam o produto e 35% afirmaram que talvez o comprassem. Apenas uma parcela mínima respondeu negativamente. Esses resultados indicam elevada aceitação da proposta apresentada, evidenciando o potencial comercial e social do desenvolvimento de um gel cicatrizante à base de colágeno de tilápia, especialmente por associar inovação, sustentabilidade e possibilidade de redução de custos para o consumidor.

Gráfico 4-Pesquisa de campo: O público teria interesse em adquirir o produto?

Você compraria um produto com valor abaixo dos atuais valores a base do colágeno extraído da pele da tilápia?

123 respostas



Fonte:AUTORAL,2026

8. CONCLUSÃO

Foi possível observar dificuldades quanto à extração do colágeno decorrente dos recursos disponíveis, mas que mesmo assim houve sucesso em sua obtenção. A extração por meio ácido é relativamente mais barata, entretanto, sua eficiência é diminuta em relação a extração enzimática; as adaptações dos equipamentos também foram um grande obstáculo para uma obtenção adequada do gel, o que em parâmetros pedagógicos, não influenciam tão negativamente, obtendo um colágeno mais impuro do que com procedimentos mais controlados e com pureza do extrato final garantida pela qualidade dos materiais e recursos utilizados. O rendimento do colágeno englobou um percentual de aproximadamente 10%, em relação aos 100 gramas de pele utilizados. Os objetivos foram prontamente atingidos, obtendo um gel que utiliza como matéria prima um dos materiais mais descartados da indústria pesqueira, que não englobou outros resíduos (ossos e escamas, pelo método de extração utilizado ser mais fraco), sendo o princípio da sustentabilidade um alvo satisfatoriamente alcançado, demonstrando que é possível transformar em produto útil para a saúde pública algo considerado como desprezível para o mercado, trazendo o valor agregado necessário. Tratando dos valores e custo, o produto não ultrapassa 10 reais de custo de produção, algo essencialmente agradável para a proposta de algo pro mercado, garantindo a acessibilidade requerida na ideia inicial, e mesmo considerando as questões industriais, cujo os preços teriam leves variações por se considerarem inúmeras outras questões (energia, água, matéria prima em grande escala, equipamentos e suas manutenções), não há impacto significativo para a experiência final do consumidor, ao considerar a flexibilidade de preço que o gel oferece; em detrimento a produtos de referência do mercado, com uma gama de ativos com funções que o colágeno pode realizar adequadamente (como aspecto antimicrobiano), não havendo necessidade de impor novos produtos, se não por questões cosméticas, se encontrando com um custo final muito abaixo de uma média de produto que custam até 150 reais. Em virtude aos fatos mencionados, os objetivos foram atingidos, compondo as três principais características essenciais para o projeto: acessibilidade (preço flexível e de baixo custo para o consumidor, produtor e vendedor); e sustentabilidade (transformando em lucro um resíduo de grande impacto ambiental).

9.REFERÊNCIAS

A U L A. Pré-requisitos Meta da aula. [s.l: s.n.2025.

ACOFARMA. Formulação de géis: iniciação aspectos gerais da formulação magistral. Madrid: Acofarma, 2025.

AKIBA, L. et al. Estudo da volatilização de fragrâncias em diferentes tipos de pele. São Paulo: Instituto de Cosmetologia Aplicada, 2020.

AKIBA, Naomi et al. Contém química!. Santo André–São Paulo: Ufabc, 2020. 67–101 p. ISBN 978-65-990173-3-9.

ALLEN, L. V.; POPOVICH, N. G.; ANSEL, H. C. Formas farmacêuticas e sistemas de liberação de fármacos. Porto Alegre: Artmed, 2013.

ALLEN, Loyd V. Remington: a ciência e a prática da farmácia. 22. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

ALVES, A. S. S. Colágeno hidrolisado da pele de tilápia: avaliação do efeito da agitação e mistura no processo de extração. Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2019.

ALVES, Ana Paula Nogueira et al. Estudo do uso da pele de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*), como curativo biológico oclusivo, no tratamento de queimaduras. Revista Brasileira de Queimaduras, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 42-51, 2015.

ANSEL, Howard C.; POPOVICH, Nicholas G.; ALLEN, Loyd V. Formas farmacêuticas e sistemas de liberação de fármacos. 9. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

APAMBIENTE. Biorresíduos. Agência Portuguesa do Ambiente, 2024.

ARAÚJO, I. S. et al. Potencial de cicatrização do colágeno marinho derivado da pele da tilápia no tratamento de úlceras orais. Revista Diálogos Acadêmicos, v. 13, n. 1, 2024.

AULTON, M. E.; TAYLOR, K. Aulton's Pharmaceutics: The Design and Manufacture of Medicines. 5. ed. London: Elsevier, 2018.

AULTON, Michael E.; TAYLOR, Kevin M. G. Delineamento de formas farmacêuticas. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

BEZERRA, Jorgiane Pires; FIGUEIRÊDO, Maria Cléa Brito de; RODRIGUES, Maria do Livramento Linhares; CÂMARA, Gabriela Ibiapina Figueiredo; BARROS, Viviane da Silva; SOUZA FILHO, Men de Sá Moreira

de. Avaliação do ciclo de vida de rotas para extração de colágeno da pele de tilápia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 213, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, fev. 2021.

BONACUCINA, G.; CESPI, M.; MISICI-FALZI, M.; PALAZZO, F. Rheological, mucoadhesive and release properties of Carbopol gels in hydrophilic cosolvents. *International Journal of Pharmaceutics*, v. 282, n. 1–2, p. 115–130, 2004.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Farmacopeia Brasileira*. 6. ed. Brasília: ANVISA, 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). *Manual de rotulagem de produtos cosméticos*. Brasília, DF: ANVISA, 2023.

BUSCH Vacuum Solutions. *Operating Fluids for Vacuum Pumps: Functions and Maintenance*. Maulburg, Alemanha, 2023.

CAVAGLIERI, C. R.; MORETTO, D. L.; SILVA, M. A. Aplicações dos óleos essenciais em formulações cosméticas. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, São Paulo, v. 53, n. 2, p. 215–223, 2017.

CLINIC, C. What Is My Skin Type and Why Does It Matter

COSTA, E. M. L. J. et al. Uso da pele de tilápia do Nilo em medicina regenerativa: status atual e perspectivas futuras. *Revista Brasileira de Queimaduras*, v. 19, n. 1, p. 78–83, 2020.

COSTA, Flávia Trivelato da. Extração de colágeno da pele de Tilápia do Nilo com protocolo ácido. 2019. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2019.

CRUZ, B. F.; CORDOVIL, P. B. L.; BATISTA, K. N. M. Perfil epidemiológico de pacientes que sofreram queimaduras no Brasil: revisão de literatura. *Revista Brasileira de Queimaduras*, v. 11, n. 4, p. 246–250, 2024.

DIMITRIOU, M. et al. Hydrogel Dressings for the Treatment of Burn Wounds: An Up-To-Date Overview. *Materials*, v. 13, n. 13, p. 2853, 2020.

EDITORAREALIZE. A química dos géis: um estudo teórico. *Anais do Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências*, João Pessoa, v. 1, p. 1–8, 2021.

ELBIALY, Zizy I. et al. Collagen extract obtained from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) skin accelerates wound healing in rat model via upregulating VEGF, bFGF, and α -SMA genes expression. *BMC Veterinary Research*, v. 16, n. 1, p. 1–14, 2020.

ELIAS, H. G. et al. Marine collagen from tilapia skin: extraction, characterization and biomedical applications. *Marine Drugs*, v. 21, n. 4, 2023.

EL-KASED, R. F. et al. Honey-based hydrogel: In vitro and comparative in vivo evaluation for burn wound healing. *Scientific Reports*, v. 7, p. 9692, 2017.

EMBRAPA. Introdução às Tilápias. Macapá: Embrapa Amapá, 2019.

FERNANDES, D. R. M. et al. Extraction and industrial valorization of collagen, gelatin and other compounds from fish waste: A Review. *Bioresource Technology*, v. 412, p. 123468, 2024.

FLUHR, J. W.; DAANEN, M.; VAN DE KERKHOF, P. Glycerol and the skin: holistic approach to its origin and functions. *British Journal of Dermatology*, v. 159, p. 23–34, 2008.

FONTANA, S. Queimaduras no Brasil: Análise retrospectiva de internações e mortalidade. *Revista Brasileira de Queimaduras*, v. 19, n. 1, p. 65–71, 2020.

FONTOURA, A. M. Colágeno de tilápia: uma alternativa para agregar valor aos subprodutos da indústria de pescado. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, 2019.

FRANZEN, Jaqueline Maisa; SANTOS, Juliângela Mariane Schröder Ribeiro dos; ZANCANARO, Vilmair. Colágeno: uma abordagem para a estética. *RIES, Caçador*, v. 2, n. 2, p. 49–61, 2013.

GAIKWAD, Sunita; KIM, Mi Jeong. Fish by-product collagen extraction using different methods and their application. *Marine Drugs*, v. 22, n. 2, p. 60, jan. 2024.

GE Healthcare. Whatman Filter Papers and Membranes Selection Guide. Buckinghamshire: GE Healthcare Life Sciences, 2014.

GIA – Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais. Tilápia do Nilo: cultivo, reprodução e manejo. São Paulo, 2017.

GOMES, Joyce de Pontes. Desenvolvimento das formulações de hidrogel à base de colágeno extraído da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*). 2021. 75 f. Dissertação (Mestrado em Farmacologia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

HARRIS, D. C. Análise Química Quantitativa. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

HOARE, T.; ROHR, J. Hydrogels in drug delivery: progress and challenges. *Polymer*, London, v. 49, n. 8, p. 1993–2007, 2008.

JONES, D. S. et al. Rheological evaluation of poly(acrylic acid) polymer gels formulated with organic solvents. *International Journal of Pharmaceutics*, v. 151, p. 223–233, 1997.

JONGJAREONRAK, A. et al. Isolation and characterisation of collagen from bigeye snapper skin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 85, n. 7, p. 1203–1210, 2005.

JORNACITEC. Aproveitamento da pele da Tilápia-do-Nilo na indústria farmacêutica e cosmética. XII Jornada Científica e Tecnológica da Fatec Botucatu, 2020.

JUSTINO, Marco Antônio. Extração e caracterização de colágeno de pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*): avaliação do seu potencial na formulação de hidrogéis para medicina regenerativa. 2021.

LAMBERS, H.; PIESENS, S.; BLOEM, A.; PRONK, H.; FINKEL, P. Natural skin surface pH is on average below 5, which is beneficial for its resident flora. *International Journal of Cosmetic Science*, v. 28, n. 5, p. 359–370, 2006.

LEHRMAN, Jeff. Advanced Therapies in Wound Management: The Role of Collagen. *WoundSource*, 27 fev. 2020.

LEONARDI, Gislaine Ricci; SPERS, Valéria Rueda Elias. *Cosmetologia aplicada*. 3. ed. São Paulo: Medfarma, 2015.

LEYBOLD. *Fundamentals of Vacuum Technology*. Cologne, Alemanha, 2022.

LI, Y. et al. Marine collagen-based biomaterials for wound healing applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 205, p. 721–734, 2022.

LIMA, M. C. Representação do comportamento estrutural do hidrogel em meio líquido. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2008.

LIMA-JUNIOR, E. M. et al. Uso da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) como curativo biológico oclusivo no tratamento de queimaduras. *Revista Brasileira de Queimaduras*, v. 16, n. 1, p. 10–17, 2017.

LIU, D. et al. Extraction and characterization of collagen from fish skin. *Food Hydrocolloids*, v. 89, p. 687–694, 2019.

LIU, D. et al. Extraction and characterization of pepsin-solubilized collagen from tilapia skin. *Food Chemistry*, v. 178, p. 137–143, 2015.

LUBRIZOL. Carbopol® Polymers Technical Data Book. Cleveland: Lubrizol Advanced Materials, 2020.

MADAGHIELE, M.; DEMITRI, C.; SANNINO, A.; AMBROGIO, L. Polymeric Hydrogels for Burn Wound Care: Advanced Skin Wound Dressings and Regenerative Templates. *Burns & Trauma*, v. 2, p. 153–161, 2014.

MADIGAN, M. T. et al. *Brock Biology of Microorganisms*. 16. ed. New York: Pearson, 2021.

MATHEW-STEINER, S. S.; ROY, S.; SEM, C. K. Collagen in Wound Healing. *Bioengineering*, v. 8, n. 5, p. 63, 1 maio 2021.

MILANI, Márcia; JOÃO, Silvia Maria Amado. *Cosmetologia: descomplicando os princípios ativos*. São Paulo: LMP Editora, 2018.

MIRANDA, M. et al. Carbopol-based hydrogels as drug delivery systems: A review. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, v. 61, 2021.

MORAES, M. et al. Extração e caracterização de colágeno de pele de Tilápia: avaliação do seu potencial na formulação de hidrogéis. Porto Alegre: UFRGS, 2022.

MORETTO, D. L. et al. Óleos essenciais: aplicações terapêuticas e cosméticas. *Revista de Terapias Naturais*, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 45–58, 2015.

NELSON, D. L.; COX, M. M. *Lehninger Principles of Biochemistry*. 8. ed. New York: W. H. Freeman, 2021.

OLIVEIRA, Gislaine Gonçalves et al. Extração de colágeno de resíduos da indústria pesqueira. *Agropecuária Científica no Semiárido*, Patos, v. 20, n. 2, p. 124–130, jul./dez. 2024.

PENSAR CURSOS. *Os componentes usuais*. São Paulo: Pensar Cursos, 2021.

PHYTOTERÁPICA. *Guia de óleos essenciais*. São Paulo: Phytoterápica, [s.d.].

RAJABIMASHHADI, M. et al. Collagen Derived from Fish Industry Waste: Progresses, Challenges, and Future Perspectives. *Polymers*, v. 15, n. 3, p. 544, 2023.

ROWE, Raymond C.; SHESKEY, Paul J.; QUINN, Marian E. *Handbook of pharmaceutical excipients*. 6. ed. Londres: Pharmaceutical Press, 2009.

SHARMA, Shubham et al. Collagen-based formulations for wound healing. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, v. 66, p. 103043, 2022.

SILVA, L. A.; SOUZA, R. B.; MELO, G. A. Uso de geotecnologias na análise de vulnerabilidade ambiental em áreas de preservação permanente. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 17, n. 2, p. 89–97, 2021.

SILVA, T. H.; MOREIRA-SILVA, J.; MARQUES, A. L. P.; DOMINGUES, A.; BAYON, Y.; REIS, R. L. Marine origin collagens and its potential applications. *Marine Drugs*, v. 12, n. 12, p. 5881–5901, 2014.

SILVA, Tatiane Ferreira da; PENNA, Ana Lúcia Barretto. Colágeno: características químicas e propriedades funcionais. *Revista do Instituto Adolfo Lutz, São Paulo*, v. 71, n. 3, p. 530–539, jul./set. 2012.

SINGH, Drishtant; RAI, Vikrant; AGRAWAL, Devendra K. Regulation of Collagen I and Collagen III in Tissue Injury and Regeneration. *Cardiovascular Medicine*, v. 7, n. 1, p. 5–16, 2023.

SINERGIA CIENTÍFICA. Estrutura do carbopol e suas aplicações farmacotécnicas. Belo Horizonte: Instituto Sinergia Científica, 2025.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. Fundamentos de Química Analítica. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

STUDOCU. Géis e elaboração de géis. Recife: Centro Universitário Maurício de Nassau, 2025.

SUN, L. et al. Structural and functional properties of collagen types I and III. *Journal of Biomaterials Science*, v. 32, n. 4, p. 456–470, 2021.

SUROWIECKA, A. et al. Hydrogels in Burn Wound Management—A Review. *Gels*, v. 8, n. 2, p. 122, 2022.

TIAN, Xiaojing et al. Property of mud and its application in cosmetic and medical fields: a review. *Environmental Geochemistry and Health*, v. 44, n. 12, p. 4235–4251, dez. 2022.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ. Manual básico para elaboração e normalização de trabalhos acadêmicos. Belém: UEPA, 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS. Instituto de Biologia – Departamento de Morfologia. Disciplina de Histologia @historep. [s.l.: s.n.]. Disponível em:
VAZ, R. S. Estudo da hidrólise ácida do colágeno para aplicações farmacêuticas. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, v. 38, n. 2, p. 112–120, 2022.

WANG, Y.; XU, H. Enzymatic hydrolysis of collagen: mechanisms and applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 152, p. 1240–1250, 2020.

ZHANG, J. et al. Pepsin-mediated extraction of collagen from fish skin. *Marine Drugs*, v. 19, n. 3, p. 145–158, 2021.

ZHANG, X. et al. Marine collagen hydrogels for skin tissue regeneration and wound healing. *Biomacromolecules*, v. 25, p. 1123–1141, 2024.

ZHANG, Y. et al. Stimuli-Responsive Hydrogels for Skin Wound Healing and Regeneration. *Emergent Materials*, v. 8, p. 1339–1356, 2025.

ZIMBA, B. L.; RWIZA, M. J.; SAULI, E. Utilizing tilapia fish skin biomaterial for burn wound dressing: a systematic review. *Scientific African*, v. 24, p. e02245, 1 jun. 2024.

ZOU, Ying et al. Fish skin dressing for wound regeneration: A bioactive approach. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 314, p. 116452, 2024.

ŻWIEREŁŁO, W. et al. Burns: classification, pathophysiology, and treatment: a review. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 24, n. 4, p. 3749, 2023.