

A ESTÉTICA NA SÍNTESE DE COLÁGENO COM RADIOFREQUÊNCIA: UMA ABORDAGEM BIOMÉDICA

AESTHETICS IN COLLAGEN SYNTHESIS WITH RADIOFREQUENCY: A BIOMEDICAL APPROACH

Analice Tozi Silotti¹

Diana Leal Loureiro²

Karoline Isidoro Alves Torres³

Walace Fraga Rizo⁴

RESUMO: A radiofrequência (RF) tem se consolidado como uma técnica não invasiva eficaz no tratamento da flacidez cutânea, atuando por meio do aquecimento controlado da derme e estímulo da neocolagênese. Dessa forma, o objetivo central é analisar os efeitos da radiofrequência na síntese de colágeno em fibroblastos dérmicos através de uma revisão integrativa. A metodologia baseou-se na revisão integrativa da literatura, abordagem que permite reunir, analisar e sintetizar os resultados de estudos relevantes já publicados sobre tema. Os estudos analisados demonstraram que a radiofrequência favorece a remodelação da matriz extracelular, aumenta a expressão de marcadores de síntese de colágeno e melhora parâmetros clínicos de firmeza e elasticidade, com perfil de segurança adequado. Conclui-se que a RF representa um recurso relevante na estética biomédica, reforçando o papel do biomédico na avaliação cutânea, definição de protocolos e acompanhamento dos resultados, de forma ética e baseada em evidências.

6546

Palavras-chave: Colágeno. Envelhecimento cutâneo. Fibroblastos. Radiofrequência. Neocolagênese.

ABSTRACT: Radiofrequency (RF) has established itself as an effective non-invasive technique for the treatment of skin laxity, acting through controlled dermal heating and stimulation of neocollagenesis. Therefore, the central objective is to analyze the effects of radiofrequency on collagen synthesis in dermal fibroblasts through an integrative review. The methodology was based on an integrative literature review, an approach that allows for gathering, analyzing, and synthesizing results from relevant studies already published on the topic. The analyzed studies demonstrated that radiofrequency favors the remodeling of the extracellular matrix, increases the expression of collagen synthesis markers, and improves clinical parameters of firmness and elasticity, with an adequate safety profile. It is concluded that RF represents a relevant resource in biomedical aesthetics, reinforcing the role of the biomedical professional in skin assessment, protocol definition, and results monitoring, in an ethical and evidence-based manner.

Keywords: Collagen. Skin aging. Fibroblasts. Radiofrequency. Neocollagenesis.

¹ Acadêmico do curso de Biomedicina da Multivix – Vila Velha.

² Acadêmico do curso de Biomedicina da Multivix – Vila Velha.

³ Acadêmico do curso de Biomedicina da Multivix – Vila Velha.

⁴ Doutor em Ciência Universidade de São Paulo USP/RP– Docente Multivix – Serra ES.

I. INTRODUÇÃO

Devido à crescente demanda por procedimentos que promovam a harmonia estética do corpo e do rosto, especialmente entre o público feminino, a área da estética vem se consolidando cada vez mais no mercado de trabalho (Habimorad et al., 2020). Esse aumento na procura incentiva as empresas de tecnologia e cosméticos a inovarem constantemente, oferecendo soluções mais eficazes e com resultados rápidos, o que contribui para atender as expectativas e necessidades do público-alvo (Dini; Laneri, 2021; Phan et al., 2022).

Com o aumento da expectativa de vida, cresce também a preocupação da população em envelhecer preservando uma boa aparência e qualidade de vida. O processo de envelhecimento é lento, progressivo e irreversível, sendo influenciado por diversos fatores. Entre eles, destacam-se os fatores intrínsecos – relacionados ao envelhecimento natural ou cronológico – e os fatores extrínsecos, conhecidos como fotoenvelhecimento (Rittié e Fisher, 2015).

Embora ainda não exista uma causa única e bem definida para explicar as alterações anatômicas decorrentes do envelhecimento, diferentes teorias tentam compreender esse fenômeno complexo. Independentemente das explicações propostas, os sinais mais característicos do envelhecimento cutâneo incluem: rugas, alterações de pigmentação (discromias e acromias), ressecamento, perda de luminosidade e flacidez da pele. (Zorina et al., 2022).

A flacidez tissular é uma das manifestações mais comuns do envelhecimento cutâneo e pode ser definida como a perda da tonicidade e elasticidade da pele, decorrente de alterações estruturais na matriz extracelular, especialmente na organização e quantidade de colágeno e elastina. Este processo recebe influencia tanto por fatores intrínsecos (relacionados ao envelhecimento cronológico) quanto por fatores extrínsecos, (hábitos de vida) como a exposição solar excessiva, tabagismo, alimentação inadequada, sedentarismo entre outros (Silva et al., 2024).

Com o passar dos anos, há uma redução progressiva na síntese de colágeno pelos fibroblastos, além do aumento na atividade de enzimas degradativas, como as metaloproteinases de matriz (MMPs), que contribuem para a fragmentação das fibras colágenas e para o desarranjo da arquitetura tecidual (Silva et al., 2024). A combinação desses fatores resulta em perda de firmeza, queda da elasticidade e aspecto flácido da pele,

comprometendo não apenas a estética, mas também a integridade funcional da pele como órgão de proteção.

Diversas técnicas estão disponíveis no mercado para o tratamento da flacidez tissular, podendo ser classificadas em invasivas e não invasivas. As técnicas invasivas, geralmente realizadas por profissionais da área médica, tendem a oferecer resultados mais expressivos, mas apresentam desvantagens, como maior tempo de recuperação, riscos de complicações e possibilidade de formação de cicatrizes inestéticas. Por outro lado, as técnicas não invasivas, aplicadas por profissionais da estética, oferecem bons resultados, com menor risco de efeitos adversos e sem a necessidade de afastamento das atividades cotidianas (Silva, Pinto e Bacelar, 2018).

A escolha deste tema justifica-se pela crescente demanda por procedimentos estéticos não invasivos voltados ao combate dos sinais do envelhecimento. De acordo com a Sociedade Internacional de Cirurgia Plástica Estética (ISAPS, 2022), houve um aumento de 54,4% nos procedimentos não cirúrgicos entre 2017 e 2021, sendo a radiofrequência um dos métodos mais procurados em razão de sua eficácia e segurança. Além disso, estudos indicam que a produção de colágeno cutâneo diminui cerca de 1% ao ano a partir dos 25 anos, com aceleração significativa após os 40 anos (Shuster et al., 1975). Dessa forma, compreender os mecanismos e resultados da radiofrequência torna-se essencial para subsidiar tratamentos mais eficazes e cientificamente embasados.

Entre os métodos não invasivos para o tratamento da flacidez tissular, destacam-se a radiofrequência, a microcorrentes, a criofrequência, a carboxiterapia, a ozonioterapia e microagulhamento, muitas vezes utilizados em associação com cosméticos para potencializar os resultados (Scarano et al., 2021). A técnica de radiofrequência (RF), em particular, tem demonstrado resultados satisfatórios no tratamento de flacidez tissular, por atuar de maneira não invasiva na derme, promovendo o aquecimento controlado dos tecidos e estimulando a regeneração celular e a síntese de colágeno (Zorina et al., 2022).

A produção de colágeno pelos fibroblastos dérmicos diminui com o envelhecimento, levando à perda de elasticidade e firmeza da pele. A radiofrequência é um recurso terapêutico amplamente utilizado na estética para estimular a síntese de colágeno, mas ainda se faz necessário estudos complementares para comprovar os efeitos dessa técnica em nível celular. Como a radiofrequência influencia a síntese de colágeno em fibroblastos dérmicos, segundo as evidências científicas disponíveis? Qual é o papel do biomédico nesse contexto? Dessa forma, o objetivo central é analisar os efeitos da radiofrequência na síntese de colágeno em

fibroblastos dérmicos através de uma revisão integrativa.

2. METODOLOGIA

O presente baseou-se na revisão tradicional integrativa da literatura, abordagem que permite reunir, analisar e sintetizar os resultados de estudos relevantes já publicados sobre tema. A revisão de literatura se enquadra dentro da metodologia de pesquisa que busca reunir, analisar e interpretar de forma crítica o que foi publicado sobre um determinado tema. Esse tipo de estudo ajuda o pesquisador compreender as informações presentes até o momento, identificar lacunas no conhecimento e propor novas direções para futuras investigações. Snyder (2019), reforça que não é apenas uma introdução teórica, mas um método científico que exige planejamento, critérios claros de seleção e uma análise rigorosa das fontes. Quando bem conduzida, contribui para fortalecer o embasamento teórico e metodológico de pesquisas em diferentes áreas do conhecimento, como a estética, a biomedicina e a área da saúde.

De acordo com Galvão e Ricarte, (2019), existem diferentes tipos de revisão de literatura, e a escolha depende do objetivo da pesquisa. A revisão narrativa apresenta uma visão geral sobre um tema, sem seguir protocolos rígidos. A revisão sistemática utiliza etapas padronizadas e critérios de inclusão e exclusão bem definidos, permitindo maior rigor na reprodução dos resultados. Já a revisão integrativa combina estudos com diferentes métodos, possibilitando uma compreensão mais ampla do fenômeno estudado. Com tudo, a revisão scoping, mapeia o que existe sobre determinado assunto, identificando lacunas e direcionando futuras pesquisas. Conforme Botelho, Cunha e Macedo (2011), conhecer as características de cada tipo é essencial para escolher a abordagem mais adequada aos objetivos do estudo.

Lakatos e Marconi (2017), enfatizam que o método científico é um conjunto de etapas organizadas que ajuda o pesquisador a alcançar resultados confiáveis e verdadeiros. Severino (2016) destaca que a metodologia deve manter harmonia entre os objetivos do estudo e os caminhos escolhidos para alcançá-los, garantindo clareza e coerência na construção do conhecimento.

O levantamento bibliográfico foi conduzido por meios de diversas plataformas digitais especializadas, a fim de garantir uma coleta ampla e representativa da produção científica atual. As bases de dados consultadas foram, PubMed, SciELO e Google Scholar, reconhecidas por sua relevância na área da saúde. Foram considerados apenas artigos publicados entre os anos de 2015 e 2025, redigidos em português ou inglês, com o intuito de

assegurar atualidade e relevância científica.

3. DESENVOLVIMENTO

O sistema tegumentar é construído pela pele e tela subcutânea, juntamente com os anexos cutâneos. A epiderme é constituída essencialmente por um epitélio estratificado pavimentoso queratinizado que se divide em subcamadas (germinativa, espinhosa, granulosa, lúcida, córnea) (Silva et al., 2024). A derme é uma espessa camada de tecido conjuntivo sobre a qual se apoia a epiderme comunicando esta com a hipoderme. A derme se divide em camada papilar e camada reticular, fazendo parte de sua constituição os anexos da pele, os vasos (sanguíneos e linfáticos) e as terminações nervosas. A hipoderme (tela subcutânea) é formada por tecido adiposo que representa um tipo de tecido conjuntivo que varia do tipo frouxo ou denso nas várias localizações e nos diferentes indivíduos (Lorz LR, et al., 2019).

3.1 O SISTEMA TEGUMENTAR

A pele, juntamente com seus anexos cutâneos como glândulas, pelos, unhas e estruturas associadas, constitui um órgão complexo que exerce múltiplas funções fundamentais para a sobrevivência e equilíbrio do organismo. Sua principal função é atuar como uma barreira dinâmica de proteção contra agressões do meio externo, sejam elas de natureza física, química ou biológica. Esse escudo protetor reveste todo o corpo e corresponde, em média, a 12% a 15% da massa corporal total de um adulto, o que evidencia sua importância fisiológica e estrutural (Lorz et al., 2019).

6550

Além da proteção física e imunológica, a pele também possui uma função vital na regulação fisiológica do organismo, desempenhando papel ativo na manutenção da homeostase interna por meio da termorregulação. Em situações de calor, há ativação das glândulas sudoríparas écrinas, responsáveis pela produção de suor. A evaporação desse fluido na superfície cutânea promove a dissipação de calor. Simultaneamente, ocorre vasodilatação dos capilares dérmicos, o que aumenta o fluxo sanguíneo próximo à superfície da pele e favorece a troca de calor com o ambiente (Wohlrab J, et al., 2016).

Em contraste, em ambientes frios ou durante a exposição ao frio intenso, o organismo adota mecanismos conservadores de calor. A vasoconstrição dos vasos dérmicos reduz a perda térmica, e a produção de suor é inibida. Outro mecanismo é a contração dos músculos eretores dos pelos, provocando o fenômeno conhecido como piloereção ou "arrepio", que atua na retenção de uma fina camada de ar junto à pele, funcionando como aquecedor natural

(Wohlrab et al., 2016). Esses ajustes finos mediados pela pele são coordenados pelo sistema nervoso autônomo e demonstram sua capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais.

Sendo assim, a pele não se limita a uma função passiva de revestimento, mas constitui um órgão multifuncional com atividades integradas à fisiologia geral do corpo humano. Sua relevância é tão significativa que alterações em sua estrutura ou funcionalidade estão associadas a distúrbios sistêmicos e metabólicos, reforçando a importância de sua preservação e cuidados contínuos (Silva et al., 2024).

A epiderme é dividida em subcamadas celulares que refletem diferentes estágios de diferenciação dos queratinócitos, compondo uma estrutura altamente especializada para a proteção e manutenção da integridade cutânea. O estrato basal, camada mais profunda da epiderme, é formado predominantemente por células de formato cúbico ou colunares, intimamente aderidas à membrana basal. Estas células apresentam intensa atividade mitótica e constituem a principal fonte de regeneração celular epidérmica. Além disso, nessa camada estão presentes melanócitos e células de Merkel, que contribuem, respectivamente, para a pigmentação cutânea e percepção sensorial tátil (Rittie; Fisher, 2015).

Acima dessa camada encontra-se o estrato espinhoso, caracterizado por queratinócitos poligonais, com núcleo central e citoplasma volumoso. Essas células estão interligadas por desmossomos, estruturas especializadas de adesão que conferem resistência mecânica ao tecido e se apresentam, ao microscópio óptico, como prolongamentos citoplasmáticos espinhosos, conferindo o nome à camada. Os queratinócitos dessa região começam a expressar citoqueratinas específicas e iniciam o processo de diferenciação terminal (Silva et al., 2024).

Na sequência, o estrato granuloso é composto por queratinócitos achatados, que apresentam grânulos de querato-hialina no citoplasma estruturas ricas em profilagrina e loricrina, importantes para o amadurecimento da barreira cutânea. Nessa fase, as células passam a secretar lipídeos e enzimas hidrolíticas para o espaço intercelular, formando a base da barreira hidrolipídica que impede a perda excessiva de água transepídermica e a penetração de agentes exógenos. Logo acima encontra-se o estrato lúcido, camada delgada e translúcida, presente especialmente em regiões de pele espessa (como palmas das mãos e plantas dos pés) (FACCHINETTI; SOUZA; SANTOS, 2017).

Por fim, o estrato córneo representa a camada mais externa da epiderme e é composto por corneócitos, células mortas, anucleadas, repletas de queratina compactada. Essas células

são envoltas por uma bicamada lipídica que reforça a barreira contra agressões químicas, físicas e microbiológicas. Os corneócitos são periodicamente eliminados por um processo natural de descamação, mantendo o equilíbrio homeostático da pele. A integridade do estrato córneo é fundamental para a função de barreira da epiderme, e sua disfunção está relacionada a diversas dermatoses como psoríase, dermatite atópica e ictiose (Rittie; Fisher, 2015).

O tecido conjuntivo caracteriza-se por apresentar diversos tipos de células, separadas por abundante material intercelular, sintetizado por elas, representado pelas fibras colágenas, elásticas, reticulares e pela substância fundamental amorfa. As fibras colágenas são as mais freqüentes do tecido conjuntivo, sendo constituídas por uma escleroproteína denominada colágeno, que proporciona o arcabouço extracelular para todos os organismos pluricelulares. As fibras elásticas são delgadas, sem estriações longitudinais, ramificando-se de forma semelhante a uma rede de malhas irregular, responsável pela elasticidade tecidual. As fibras reticulares, anastomosadas uma às outras, se dispõem formando uma estrutura semelhante a uma rede. A célula mais comum do tecido é o fibroblasto, responsável pela formação das fibras e da substância fundamental amorfa (Silva et al., 2024).

A derme, uma das principais camadas da pele, é composta predominantemente por tecido conjuntivo e desempenha funções essenciais tanto de sustentação quanto de nutrição para a epiderme. Sua estrutura é responsável por conferir resistência mecânica, elasticidade e também por participar ativamente da defesa imunológica da pele, devido à presença de fibras colágenas e elásticas na matriz extracelular (MEC) e células do sistema imune (SILVA et al., 2024). Essa camada está organizada em duas regiões distintas: a camada papilar, mais superficial, é formada por tecido conjuntivo frouxo, altamente vascularizado e rico em papilas dérmicas que favorecem a nutrição e troca de substâncias com a epiderme; e a camada reticular, mais espessa e profunda, composta por tecido conjuntivo denso, onde predominam fibras colágenas espessas e fibras elásticas organizadas de forma mais compacta (Rittie; Fisher, 2015).

O principal tipo celular presente na derme é o fibroblasto, responsável pela produção das fibras colágenas e elásticas, além da substância fundamental da MEC. Essas células desempenham um papel crucial na manutenção da integridade e funcionalidade dérmica, participando ativamente da síntese, remodelação e homeostase da matriz. Durante processos de cicatrização, os fibroblastos migram para o local da lesão, promovendo a produção de colágeno e contribuindo para a regeneração tecidual (Laing et al., 2020). Além disso, essas células também produzem enzimas como as metaloproteinases da matriz (MMPs), que

degradam colágeno envelhecido ou danificado, regulando a composição da MEC. Os fibroblastos ainda sintetizam ácido hialurônico (AH), uma substância higroscópica que contribui significativamente para a hidratação cutânea e manutenção da turgência da pele (Silva et al., 2024).

Além dos fibroblastos, a derme abriga outras células imunologicamente ativas, como macrófagos, mastócitos e células dendríticas dérmicas. Os macrófagos são fundamentais na fagocitose de resíduos celulares e agentes patogênicos, enquanto os mastócitos participam da modulação da resposta inflamatória e alérgica por meio da liberação de histamina, prostaglandinas e citocinas, influenciando também a microcirculação local. As células dendríticas, por sua vez, têm papel essencial na apresentação de抗ígenos, sendo peças-chave na ativação de respostas imunes adaptativas (Laing et al., 2020).

A matriz extracelular da derme constitui o arcabouço estrutural do tecido, sendo composta por fibras colágenas e elásticas, além de glicoproteínas e proteoglicanos que formam uma malha tridimensional de suporte e comunicação entre as células (Laing et al., 2020). As fibras colágenas, que representam a principal fração proteica da MEC, conferem resistência e firmeza ao tecido, enquanto as fibras elásticas garantem a capacidade de retorno da pele ao seu estado original após distensões. A presença de vasos sanguíneos, terminações nervosas e receptores sensoriais na derme contribui ainda mais para suas funções integradas de sensibilidade, nutrição e resposta imune (Laing et al., 2020).

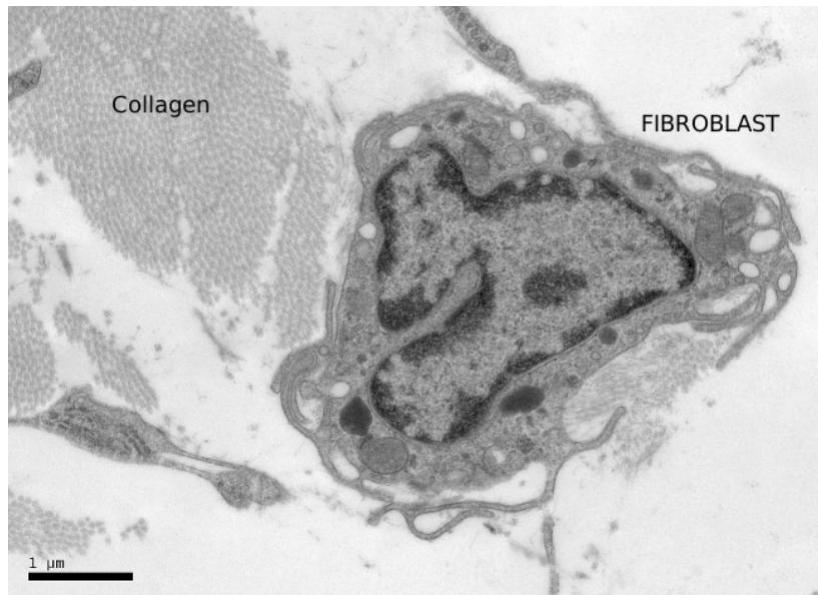
Os fibroblastos são células do tecido conjuntivo responsáveis principalmente pela produção de fibras (como colágeno e elastina) e da matriz extracelular. Eles têm formato alongado e núcleos ovais e são fundamentais para processos de cicatrização e reparo tecidual.

As principais funções do fibroblasto são:

- **Síntese de colágeno e elastina** – principais componentes das fibras do tecido conjuntivo.
- **Produção de matriz extracelular (MEC)** – incluindo proteoglicanos e glicoproteínas que dão sustentação aos tecidos.
- **Secreção de fatores de crescimento** – estimulam a proliferação e migração celular durante o reparo tecidual.
- **Participação na cicatrização de feridas** – migram para o local da lesão e iniciam a formação de tecido de granulação.
- **Remodelação tecidual** – degradam e reorganizam a MEC durante processos de desenvolvimento e regeneração (Alberts et al., 2017).

A figura abaixo mostra a transmissão de fibroblasto na pele, e o colágeno.

Figura 1 - Microscopia eletrônica de transmissão de fibroblastos na derme.



Fonte: MEGÍAS, 2025.

Os fibroblastos têm uma relação direta e fundamental com o colágeno, pois são as principais células responsáveis por sintetizar e secretar as fibras colágenas que compõem a matriz extracelular do tecido conjuntivo. De acordo com Junqueira e Carneiro (2017), os fibroblastos são as células mais comuns do tecido conjuntivo e têm como principal função a produção das fibras colágenas e elásticas, bem como dos componentes amorfos da matriz extracelular, sendo indispensáveis para a manutenção da integridade estrutural dos tecidos.

Assim, os estudos sobre o colágeno relatam ser a proteína mais abundante na MEC dérmica, é formado por cadeias polipeptídicas organizadas em estrutura de tripla hélice, compostas majoritariamente pelos aminoácidos glicina, prolina, hidroxiprolina e hidroxilisina (Junqueira; Carneiro, 2017). Essa complexa organização molecular confere à derme suas propriedades biomecânicas essenciais, e alterações nesse processo estão diretamente associadas ao envelhecimento cutâneo e a diversas patologias da pele.

6554

3.2 O ENVELHECIMENTO CUTÂNEO

O envelhecimento é um processo natural e cronológico que ocorre com o tempo, caracterizado pela perda gradual da funcionalidade das células e dos tecidos. Embora a idade biológica seja um fator comum a todos, a forma como o corpo envelhece varia de pessoa para pessoa, dependendo de fatores genéticos e do estilo de vida, como alimentação, exposição ao sol

2

e hábitos como o tabagismo (Laing et al., 2020); (Silva et al., 2024).

Os fatores genéticos são difíceis de modificar, pois as características associadas ao envelhecimento tendem a se manifestar com o tempo. Já os fatores ambientais, como a exposição excessiva à luz solar, má alimentação e tabagismo, são em grande parte evitáveis e representam um ponto importante para o controle do envelhecimento (Scarano et al. (2021).

Outro aspecto importante no envelhecimento são as variações hormonais que afetam vários órgãos do corpo. A diminuição de hormônios essenciais leva à perda de diversas funções, como a redução da produção de melatonina, que altera o ciclo do sono, causando insônia e diminuindo o estado de alerta. Isso favorece o estresse oxidativo pela formação excessiva de espécies reativas de oxigênio (EROs) e a ativação das metaloproteinases da matriz (MMPs), enzimas que degradam as fibras de colágeno de forma desorganizada. Os hormônios sexuais, especialmente o estrogênio, quando em níveis baixos, provocam a redução do número de vasos sanguíneos na derme, diminuem a produção de colágeno e aumentam sua degradação. O hormônio do crescimento também influencia o envelhecimento da pele; sua redução causa perda de massa muscular e enfraquecimento geral (Silva et al., 2024).

Entre os principais agentes extrínsecos que aceleram o envelhecimento precoce da pele estão os raios solares. Embora a luz solar seja importante para a produção de vitamina D e para a prevenção de algumas doenças, sua exposição excessiva pode causar danos, como câncer de pele e fotoenvelhecimento (Junqueira; Carneiro, 2017); (Silva et al., 2024). O fotoenvelhecimento é provocado pelos raios UV, que geram manchas, rugas, flacidez, perda das fibras colágenas e elásticas na matriz extracelular (MEC). Uma prática comum na clínica estética para avaliar o grau de envelhecimento cutâneo, é utilizar a escala de Glogau, que classifica as alterações visíveis na pele em quatro estágios, baseados na idade e nas características clínicas (Silva et al., 2024).

No grau I, geralmente entre 20 e 30 anos, a pele apresenta poucas rugas, linhas mínimas e alterações pigmentares leves. No grau II, entre 30 e 40 anos, surgem linhas de expressão, pequenas queratoses e rugas ao sorrir. O grau III, entre 50 e 60 anos, mostra rugas visíveis mesmo com a pele relaxada, manchas senis e vasos aparentes. Por fim, no grau IV, acima dos 60 anos, a pele apresenta rugas profundas, flacidez, espessamento da camada córnea e pode ter lesões que evoluem para câncer (Silva et al., 2024).

Com o envelhecimento, a produção de colágeno diminui naturalmente. Além da queda fisiológica, fatores externos como radicais livres aumentam a atividade das MMPs e inibem

o fator de crescimento transformador β (TGF- β), reduzindo a síntese de colágeno pelos fibroblastos (LORZ LR, et al., 2019). As MMPs, especialmente as colagenases (MMP-1, MMP-8 e MMP-13), degradam as fibras de colágeno, que são essenciais para a estrutura da pele. Normalmente, essa degradação é equilibrada, mas com o tempo e exposição a agentes externos, ela se torna excessiva, causando perda da matriz extracelular (Junqueira; Carneiro, 2017).

Além do colágeno, outras estruturas da MEC, como fibras elásticas e glicosaminoglicanos, também sofrem alterações no envelhecimento. O colágeno é especialmente importante por ser o componente mais abundante e por interagir com outras proteínas da MEC. Sua redução causa perda da firmeza e do volume da pele, manifestando-se em rugas e flacidez (Junqueira; Carneiro, 2017).

As fibras elásticas, que conferem elasticidade à pele e a outros órgãos, são compostas por microfibrilas ricas em fibrilina e um núcleo de elastina, que corresponde a cerca de 90% das fibras maduras (Lorz LR, et al., 2019). Elas se formam por dois processos: a formação das microfibrilas e a deposição de tropoelastina, que se alinham e se reticulam para formar as fibras elásticas maduras (Zorina et al., 2023). Essas fibras são duráveis, mas sofrem danos por agentes internos e externos, como radiação UV, poluição e tabagismo. Como possuem baixo turnover, não são substituídas adequadamente, o que leva à perda da elasticidade da pele e à flacidez (Lorz Lr, et al., 2019); (Zorina et al., 2023); (Laing et al., 2020).

6556

3.3 A RADIOFREQUÊNCIA

A radiofrequência (RF) é uma técnica amplamente empregada na estética para o rejuvenescimento e a remodelação corporal. Seu mecanismo baseia-se na aplicação de energia eletromagnética que aquece seletivamente os tecidos dérmicos e subcutâneos, promovendo três principais respostas fisiológicas: contração imediata das fibras de colágeno, estimulação da neocolagênese com produção de novo colágeno e elastina, e aumento da microcirculação. Esses efeitos são fundamentais para a melhora da firmeza cutânea, redução de rugas finas e redefinição do contorno facial e corporal (Silva et al., 2014); (Silva; Pinto; Bacelar, 2018).

Do ponto de vista técnico, os dispositivos de RF podem ser classificados com base na configuração dos eletrodos e na profundidade de penetração da corrente. A radiofrequência monopolar utiliza um único eletrodo ativo, enquanto o eletrodo de retorno é posicionado à distância no corpo. A corrente elétrica se concentra próxima à ponteira ativa, penetrando em profundidades de até 6 mm, sendo indicada para casos de flacidez intensa. Já a RF bipolar

apresenta os eletrodos de saída e retorno na própria ponteira, com ação mais superficial (até 2 mm), oferecendo maior controle térmico e conforto ao paciente. (Silva; Pinto; Bacelar, 2018). A RF fracionada ou com microagulhas combina a energia de radiofrequência com microlesões induzidas por agulhas finas, promovendo uma remodelação eficaz da textura cutânea, cicatrizes e celulite (Borges, 2016).

Além da forma de entrega da corrente, os dispositivos também podem ser classificados quanto ao método de aplicação elétrica: capacitivo e resistivo. O modo capacitivo, o mais utilizado nos tratamentos estéticos, atua preferencialmente em tecidos ricos em água, como a derme, por meio de eletrodos revestidos com material isolante (como a cerâmica), com menor risco de lesão tecidual. Já o modo resistivo utiliza eletrodos metálicos sem isolamento, agindo em tecidos de menor hidratação, como ossos, cartilagens e tendões (Ponte; Oliveira, 2015).

A radiofrequência pode ainda ser classificada em ablativa e não ablativa. A modalidade ablativa é restrita ao uso médico, sendo empregada em procedimentos como bisturi elétrico, tratamentos de dor e até no combate ao câncer. Por outro lado, a radiofrequência não ablativa é amplamente utilizada por profissionais da estética e fisioterapeutas, oferecendo aquecimento controlado sem provocar lesões superficiais (Facchinetti; Souza; Santos, 2017).

6557

Fisicamente, trata-se de uma radiação do espectro eletromagnético com frequência na ordem de kilohertz (kHz) ou megahertz (MHz). Por se tratar de uma onda senoidal de alta frequência, a RF perde o potencial de excitação neuromuscular, mantendo, no entanto, o efeito térmico ao ser absorvida pelos tecidos. Esse aquecimento caracteriza a modalidade como uma forma de diatermia, historicamente aplicada como termoterapia profunda (Silva; Pinto; Bacelar, 2018); (Borges, 2016).

O aquecimento ocorre devido às oscilações rápidas do campo eletromagnético, que provocam movimentação de partículas iônicas nos tecidos. Essa movimentação gera atrito molecular, resultando na produção de calor. A intensidade do calor gerado depende da espessura, hidratação e composição do tecido. Quando o colágeno é aquecido, suas ligações intramoleculares são desnaturadas, desencadeando uma resposta regenerativa com maior atividade dos fibroblastos, favorecendo o remodelamento da matriz extracelular (Nery; Souza; Piazza, 2013); (Silva; Pinto; Bacelar, 2018).

A resposta térmica também depende da impedância elétrica dos tecidos, que está relacionada à sua condutividade. Tecidos com maior quantidade de fibras apresentam maior

resistência elétrica. De acordo com a Lei de Joule, quanto maior a resistência, maior será a produção de calor, desde que a intensidade da corrente seja constante. Portanto, o aquecimento do tecido conjuntivo é um processo complexo, que envolve variáveis como a frequência da corrente, amplitude, teor de água e conteúdo eletrolítico do tecido. (Silva; Pinto; Bacelar, 2018).

A eficácia clínica da radiofrequência é respaldada por estudos recentes. Revisões sistemáticas demonstram melhorias mensuráveis na flacidez facial e corporal, especialmente com dispositivos monopolares e bipolares. Apesar de a tecnologia monopolar apresentar riscos ligeiramente maiores, seu perfil de segurança é considerado satisfatório quando usada adequadamente (Nery; Souza; Piazza, 2013). A exposição térmica induz à liberação de proteínas de choque térmico (HSPs), que mobilizam fibroblastos e favorecem a remodelação da matriz extracelular ao longo do tempo. As principais aplicações estéticas incluem o rejuvenescimento facial, com melhora na elasticidade, firmeza e redução de rugas finas; contorno corporal e redução de adiposidade localizada, particularmente com a RF profunda; e o tratamento de cicatrizes e celulite, com destaque para a RF fracionada (Unifia/Unisepe, 2018); (Nery; Souza; Piazza, 2013).

Técnicas combinadas, como a associação da RF com microagulhamento, plasma rico em plaquetas (PRP) ou luz infravermelha, têm demonstrado sinergia nos resultados, potencializando os efeitos terapêuticos. Os efeitos adversos mais comuns incluem eritema, edema transitório e leve desconforto, sendo complicações graves raras e geralmente associadas a parâmetros inadequados (Unifia/Unisepe, 2018). A radiofrequência é considerada segura para todos os fototipos cutâneos, sem risco significativo de hiperpigmentação pós-inflamatória. No entanto, vale destacar que essa tecnologia não substitui intervenções cirúrgicas em casos de flacidez severa, sendo mais indicada como método minimamente invasivo, com alta aceitação e bons resultados progressivos (Nery; Souza; Piazza, 2013); (Silva; Pinto; Bacelar, 2018).

Em síntese, a radiofrequência representa um recurso terapêutico de base científica sólida, oferecendo aquecimento controlado e seguro para remodelagem tecidual. Com diversas configurações (monopolar, bipolar, fracionada) e métodos de aplicação (capacitivo, resistivo), adapta-se a diferentes profundidades e objetivos terapêuticos. Sua utilização em estética é amplamente recomendada para o rejuvenescimento facial, contorno corporal e melhora da textura da pele, desde que empregada com tecnologia adequada e protocolos clínicos bem estabelecidos.

3.4 OS BENEFÍCIOS E OS RISCOS DO TRATAMENTO COM RADIOFREQUÊNCIA

A radiofrequência (RF) estabeleceu-se como uma tecnologia central na medicina estética não invasiva. Seu princípio de ação baseia-se no aquecimento térmico controlado dos tecidos dérmicos e hipodérmicos, promovendo a contração imediata das fibras de colágeno e desencadeando um prolongado processo de neocolagênese e remodelamento cutâneo. Como qualquer procedimento, entretanto, sua aplicação apresenta um perfil de benefícios consolidados e riscos que devem ser gerenciados por um profissional qualificado.

Benefícios da Radiofrequência

Os benefícios da RF são extensivamente documentados na literatura, abrangendo desde melhorias texturais até o tratamento da flacidez corporal.

- a) **Estímulo à Neocolagênese:** Este é o principal benefício e mecanismo de ação. O calor gerado pela RF danifica parcialmente as fibras de colágeno existentes, o que desencadeia uma resposta de reparo tecidual. Zorina et al. (2022) identificam os fibroblastos dérmicos como o alvo central da RF, que, quando ativados pelo calor, iniciam uma síntese robusta de novo colágeno, elastina e ácido hialurônico, resultando em uma derme mais espessa e firme.
- b) **Atenuação de Rugas e Linhas de Expressão:** O novo colágeno depositado preenche os espaços deixados pelo colágeno envelhecido e degradado. Um estudo clínico de Scarano et al. (2021) demonstrou que tratamentos que combinam estímulos como a RF promovem uma significante melhora na densidade da pele e redução da profundidade das rugas, confirmado por análise histológica.
- c) **Tratamento da Flacidez Cutânea:** A RF é particularmente eficaz para a flacidez leve a moderada. A contração imediata do colágeno e o subsequente remodelamento proporcionam um efeito "lifting" não cirúrgico. Silva, Pinto e Bacelar (2018) destacam em sua revisão que a RF é amplamente utilizada para o rejuvenescimento facial e corporal, promovendo o tensionamento da pele.
- d) **Segurança para Todos os Fototipos:** Diferente de tratamentos baseados em luz (como o laser), que atuam por cromóforos como a melanina, a RF atua pela resistência elétrica do tecido. Isso torna o procedimento seguro para praticamente todos os fototipos de pele (de I a VI), com risco mínimo de hiperpigmentação ou hipopigmentação pós-inflamatória.
- e) **Versatilidade de Aplicação:** A tecnologia pode ser utilizada em diversas regiões do

corpo, incluindo face, pescoço, abdômen, culotes e braços, adaptando-se a diferentes necessidades estéticas.

Riscos e Possíveis Efeitos Adversos

Apesar de ser considerada um procedimento de baixo risco quando realizado por profissional habilitado, a RF não é isenta de efeitos adversos. A maioria é transitória e de resolução espontânea.

- a) **Eritema (Vermelhidão) e Edema (Inchaço):** São as reações mais comuns e esperadas, decorrentes do processo inflamatório agudo desencadeado pelo calor. Geralmente, resolvem-se em poucas horas ou, no máximo, em um a dois dias.
- b) **Dor e Sensibilidade no Local:** A sensação durante o procedimento é frequentemente descrita como um calor intenso. O manejo adequado dos parâmetros de energia e o uso de sistemas de resfriamento epidérmico integrados aos aparelhos são cruciais para o conforto do paciente.
- c) **Queimaduras e Bolhas:** Este é o risco mais significativo associado à RF. Pode ocorrer devido a falha técnica, calibração inadequada do equipamento, contato irregular do aplicador com a pele ou pele do paciente com sensibilidade alterada. A queimadura pode variar de primeiro grau (eritema) até segundo grau (com formação de bolhas). A correta avaliação da pele e a seleção dos parâmetros são fundamentais para preveni-las.
- d) **Alterações de Sensibilidade:** Raramente, pode ocorrer parestesia (formigamento) ou hipoestesia (diminuição da sensibilidade) temporária na área tratada, que normalmente se resolve em semanas.
- e) **Irregularidades e Depressões no Contorno:** Em casos muito raros e geralmente associados a técnica inadequada ou sobreposição excessiva de passes, pode haver uma destruição térmica muito focalizada do tecido adiposo, levando a depressões ou irregularidades na superfície da pele.

6560

3.5 O PAPEL DO BIOMÉDICO NO TRATAMENTO COM A RADIOFREQUÊNCIA

A radiofrequência (RF) consolidou-se como uma das tecnologias mais versáteis e seguras no campo da medicina estética não invasiva para o rejuvenescimento cutâneo. Sua atuação baseia-se no princípio do aquecimento térmico controlado dos tecidos, promovendo a neocolagênese e o remodelamento das fibras de colágeno existentes (SCARANO et al.,

2021). De acordo com Silva, Pinto e Bacelar (2018), a energia de RF, ao ser aplicada na pele, gera um campo eletromagnético que causa uma resistência natural (impedância) do tecido, convertendo-a em calor. Este calor atinge temperaturas entre 55°C e 65°C, ideais para desnaturar as fibras de colágeno, sem, no entanto, causar danos à epiderme, o que caracteriza uma modalidade de tratamento não ablativo.

O principal alvo da radiofrequência é o fibroblasto da derme, célula fundamental na síntese de colágeno, elastina e ácido hialurônico. Zorina et al. (2022) reforçam que os fibroblastos dérmicos são o principal alvo para a correção anti-envelhecimento da pele. O estímulo térmico promove a ativação dessas células, iniciando um processo de reparo tecidual que resulta no aumento da densidade e da espessura dérmica, com consequente atenuação de rugas e flacidez (FACCHINETTI; SOUZA; SANTOS, 2017). Um estudo de caso realizado por Ponte e Oliveira (2015) demonstrou melhora significativa na firmeza e textura da pele após uma série de sessões de RF, corroborando a eficácia clínica do método.

O biomédico, com sua formação sólida em fisiologia, histologia, biologia molecular e patologia, está perfeitamente capacitado para atuar na área de estética, sendo o profissional habilitado para realizar procedimentos como a radiofrequência, desde que

pós-graduado na área e devidamente registrado no Conselho Regional de Biomedicina (CRBM). 6561

A atuação do biomédico neste contexto vai além da simples aplicação do equipamento. Sua função abrange:

- 1. Anamnese e Avaliação Biofísica da Pele:** O biomédico realiza uma anamnese detalhada, investigando o histórico de saúde do paciente, hábitos de vida e expectativas. Avalia as condições da pele, identificando o fototipo, o grau de flacidez, a profundidade das rugas e a presença de possíveis contraindicações, como doenças dermatológicas ativas ou implantes metálicos na região (NERY; SOUZA; PIAZZA, 2013).
- 2. Planejamento do Protocolo Terapêutico:** Com base na avaliação, o biomédico estabelece um plano de tratamento personalizado, definindo a dosagem de energia (Joules), o número de sessões, o intervalo entre elas e a técnica de aplicação (monopolar, bipolar ou multipolar) mais adequada para cada caso. Este planejamento é crucial para maximizar os resultados e garantir a segurança.
- 3. Execução Técnica com Embasamento Científico:** Durante o procedimento, o conhecimento sobre a morfofisiologia da pele é fundamental. Silva et al. (2024)

descrevem com precisão as alterações cutâneas decorrentes do envelhecimento, permitindo que o biomédico compreenda o alvo exato de sua intervenção. Ele ajusta os parâmetros do aparelho para garantir que o calor seja entregue na profundidade correta da derme, monitorando a resposta térmica do tecido e o conforto do paciente.

4. Análise de Resultados e Reavaliação: Após cada sessão e ao final do tratamento, o biomédico analisa a evolução do paciente, documentando fotograficamente e reavaliando os parâmetros iniciais. Essa prática assegura a qualidade do serviço prestado e permite ajustes no protocolo, se necessário.

A radiofrequência representa uma ferramenta eficaz e segura no combate aos sinais do envelhecimento cutâneo, cujo mecanismo de ação está bem estabelecido na literatura. O biomédico, por sua vez, atua como um profissional de saúde essencial nesse processo, aplicando a técnica com rigor científico, ética e uma visão integral do paciente, garantindo tratamentos estéticos eficazes e pautados em evidências.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho permitiu consolidar as evidências científicas sobre os efeitos da radiofrequência na síntese de colágeno em fibroblastos dérmicos, confirmando sua eficácia como técnica não invasiva para o tratamento da flacidez cutânea. A análise da literatura demonstra que o aquecimento controlado promovido pela RF atua como um estímulo térmico fundamental, desencadeando uma resposta biológica consistente que inclui a contração imediata das fibras de colágeno existentes e, principalmente, a estimulação da neocolagênese por meio da ativação dos fibroblastos. 6562

Dessa forma, conclui-se que:

- a) Os mecanismos de ação da radiofrequência estão bem estabelecidos: a energia eletromagnética é convertida em calor nos tecidos, promovendo a desnaturação térmica controlada do colágeno e desencadeando uma resposta de reparo. Este processo inclui a liberação de proteínas de choque térmico e a ativação de vias de sinalização celular que culminam no aumento da proliferação e atividade fibroblástica.
- b) Os estudos avaliados confirmam consistentemente que a RF favorece a remodelação da matriz extracelular, aumentando a expressão de genes relacionados à síntese de colágeno tipos I e III, reduzindo a atividade das metaloproteinases (MMPs) e melhorando parâmetros clínicos objetivos de firmeza e elasticidade cutânea.

- c) A discussão dos principais resultados evidencia que a radiofrequência representa uma ferramenta versátil e segura no arsenal de tratamentos estéticos, com diferentes modalidades (monopolar, bipolar, fracionada) permitindo adaptar a profundidade de ação e a intensidade do tratamento conforme as necessidades individuais.
- d) Como lacunas de conhecimento, identificou-se a necessidade de estudos padronizados que comparem diretamente a eficácia dos diferentes protocolos de RF e investiguem seus efeitos em longo prazo, bem como pesquisas que explorem sinergias com outras tecnologias.
- e) O papel do biomédico neste contexto é fundamental, abrangendo a avaliação criteriosa das condições cutâneas, a seleção dos parâmetros técnicos adequados, a execução ética do procedimento e o acompanhamento da evolução terapêutica, sempre baseado em evidências científicas.

A importância social deste trabalho reside em subsidiar, com rigor científico, uma prática estética muito demandada pela população que busca alternativas não cirúrgicas para o rejuvenescimento. Ao consolidar o conhecimento sobre os mecanismos e a eficácia da RF, este estudo contribui para a qualificação da atuação profissional na área biomédica, promovendo tratamentos mais seguros, eficazes e baseados em evidências, o que impacta positivamente na autoestima e na qualidade de vida dos indivíduos.

5563

Portanto, conclui-se que a radiofrequência se configura como uma tecnologia validada para o estímulo da síntese de colágeno, reforçando seu valor como recurso terapêutico na prática biomédica estética contemporânea. Sua aplicação, quando realizada por profissional habilitado e com protocolos adequados, oferece uma opção consistente para a melhora da flacidez cutânea, alinhando os anseios estéticos da população a uma abordagem científica e ética.

REFERÊNCIAS

- ALBERTS, B. et al. *Biologia molecular da célula*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- BORGES, F. dos S.; SCORZA, F. A. *Terapêutica em estética: conceitos e técnicas*. 1. ed. São Paulo: Phorte, 2016.
- BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. A.; MACEDO, M. *O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais*. Revista Eletrônica Gestão & Sociedade, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011. Disponível em: <https://www.gestaoesociedade.org/gestaoesociedade/article/view/1220>. Acesso em: 10 jun. 2025.

FACCHINETTI, J. B.; SOUZA, J. S. de; SANTOS, K. T. P. **Radiofrequência no Rejuvenescimento Facial.** Id on Line Revista Multidisciplinar e de Psicologia, v. II, n. 38, p. 336-348, 2017.

GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. LOGEION: Filosofia da informação, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 57-73, set. 2019/fev. 2020.

ISAPS – International Society of Aesthetic Plastic Surgery. ISAPS International Survey on Aesthetic/Cosmetic Procedures Performed. Disponível em: <https://www.isaps.org>. Acesso em: 10 jun. 2025.

JUNQUEIRA, Luiz Carlos Uchôa; CARNEIRO, José. Histologia básica: texto e atlas. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

LAING, S. et al. Dermonutrient Containing Special Collagen Peptides Improves Skin Structure and Function: A Randomized, Placebo-Controlled, Triple-Blind Trial Using Confocal Laser Scanning Microscopy on the Cosmetic Effects and Tolerance of a Drinkable Collagen Supplement. Journal of Medicinal Food, v. 23, n. 2, p. 147-152, 2020.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos de Metodologia Científica. São Paulo: Atlas, 2017.

LORZ, L. R. et al. Anti-Wrinkling and Anti-Melanogenic Effect of *Pradosia mutisii* Methanol Extract. International Journal of Molecular Sciences, v. 20, n. 5, p. 1043, 2019.

MARINHO, Andreia; NUNES, Cláudia; REIS, Salette. Hyaluronic Acid: A Key Ingredient in the Therapy of Inflammation. Biomolecules, v. 11, n. 10, p. 1518, 2021. 5564

MEGÍAS, M. Cell types. Fibroblast. In: *Atlas of plant and animal histology*. Universidade de Vigo. Disponível em: <http://mmegias.webs.uvigo.es>. Acesso em: 14 set. 2025.

NERY, Raíra Dornelles; SOUZA, Silvana Corrêa de; PIAZZA, Fátima Cecília Poleto. Estudo comparativo da técnica de radiofrequência em disfunções estéticas faciais. 2013. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/87173>. Acesso em: 10 jun. 2025.

PONTE, A. P.; OLIVEIRA, S. P. A Utilização da Radiofrequência no Rejuvenescimento Cutâneo: Estudo de Caso. Universidade Tuiuti do Paraná-PR, 2015.

RITTIE, Laure; FISHER, Gary J. Natural and sun-induced aging of human skin. Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine, v. 5, n. 1, a015370, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a015370>. Acesso em: 10 jun. 2025.

SCARANO, Antonio et al. The role of hyaluronic acid and amino acid against the aging of the human skin: a clinical and histological study. Journal of Cosmetic Dermatology, v. 20, n. 7, p. 2296–2304, 2021.

SEVERINO, A. J. Metodologia do Trabalho Científico. São Paulo: Cortez, 2016.

SILVA, A. R. da; SANTOS, A. C. de O.; GONÇALVEZ, V. M.; CRUZ, E. F. Radiofrequência no

tratamento de rugas faciais. Revista da Universidade Ibirapuera, São Paulo, v. 7, p. 42-42, 2014.

SILVA, Natan Cordeiro da et al. *Morfofisiologia da pele e o processo de envelhecimento cutâneo.* Revista Eletrônica Acervo Saúde, v. 24, n. 4, p. e16051, 2024.

SILVA, Suimey Alexia; PINTO, Liliane Pereira; BACELAR, Isabela de Assis. *O uso da radiofrequência no rejuvenescimento facial: revisão de literatura.* Revista Saúde em Foco, n. 10, p. 569-580, 2018. Disponível em: content/uploads/sites/10001/2018/07/067_O_USO_DA_RADIOFREQU%C3%8ANCIA_NO_REJUVENESCIMENTO_FACIAL.pdf. Acesso em: 10 jun. 2025.

SNYDER, H. *Literature review as a research methodology: An overview and guidelines.* Journal of Business Research, v. 104, p. 333-339, 2019.

UNIFIA – Centro Universitário Amparensse; UNISEPE – Universidade. *Benefícios da radiofrequência na estética.* Revista Gestão em Foco, UNIFIA, Amparo, p. 212-214, 2018. Disponível em: https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/032_beneficios_radiofrequencia.pdf. Acesso em: 10 jun. 2025.

WOHLRAB, J. et al. *Epidermale Alternsprozesse und Anti-Aging Strategien.* Die Derm, v. 67, p. 107-111, 2016.

ZORINA, A. I. et al. *Dermal fibroblasts as the main target for skin anti-age correction using a combination of regenerative medicine methods.* International Journal of Molecular Sciences, v. 23, p. 6135, 2022.