

EXTRATO DE JUCÁ (*LIBIDIBIA FERREA*) EM ASSOCIAÇÃO COM O APARELHO DE ALTA FREQUÊNCIA NA CICATRIZAÇÃO DE FERIDAS CUTÂNEAS

JUCÁ EXTRACT (*LIBIDIBIA FERREA*) IN ASSOCIATION WITH THE HIGH-FREQUENCY DEVICE IN THE HEALING OF SKIN WOUNDS

EXTRACTO DE JUCÁ (*LIBIDIBIA FERREA*) EN ASOCIACIÓN CON EL DISPOSITIVO DE ALTA FRECUENCIA EN LA CURACIÓN DE HERIDAS CUTÂNEAS

Tiago Sousa da Costa¹, Érica da Silva Nascimento Feitosa², Alan José Mota de Sena³, Livia de Aguiar Valentim⁴, Tiago Santos Silveira⁵, Daliane Ferreira Marinho⁶

DOI: 10.54899/dcs.v23i87.4422

Recibido: 31/01/2026 | Aceptado: 04/02/2026 | Publicación en línea: 18/02/2026.

RESUMO

Este estudo investigou a atividade cicatrizante do extrato de Jucá (*Libidibia ferrea*) de forma isolada e associada à Alta Frequência (AF) em feridas cutâneas de 25 ratos Wistar. Os animais foram divididos em cinco grupos: controle (GC), controle positivo (óleo de girassol), extrato de Jucá (GTJ), alta frequência (GTAF) e a associação Jucá+AF (GTJAF). O tratamento durou 11 dias, com avaliações macroscópicas via fotogrametria. Os resultados demonstraram que todos os grupos tratados superaram o controle, com destaque para o GTJ, que apresentou a maior redução da área lesionada ao 7º dia. Embora o GTAF também tenha sido eficaz isoladamente, a associação concomitante (GTJAF) não apresentou diferença significativa em relação ao controle e foi inferior aos tratamentos individuais. Concluiu-se que a película de taninos formada pelo Jucá elevou a bioimpedância do leito da ferida, atuando como um obstáculo dielétrico que bloqueou os estímulos bioelétricos da AF. Assim, enquanto o Jucá e a AF são agentes cicatrizantes potentes de forma independente, sua utilização simultânea não é recomendada na prática clínica devido à interferência biofísica.

Palavras-chave: Cicatrização. Pele. Fitoterapia. Terapia por Estimulação Elétrica.

¹ Especialista em Fisioterapia em Terapia Intensiva, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Santarém, Pará, Brasil.
E-mail: fisiotiagocosta@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4341-7298>

² Graduada em Fisioterapia, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Santarém, Pará, Brasil.
E-mail: erica17silva2002@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9803-1969>

³ Graduando em Fisioterapia, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Santarém, Pará, Brasil.
E-mail: fisioalan608@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-7505-4675>

⁴ Doutora em Medicina Preventiva, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Santarém, Pará, Brasil.
E-mail: livia.valentim@uepa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4255-8988>

⁵ Doutor em Biotecnologia, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Santarém, Pará, Brasil.
E-mail: tiago.silveira@uepa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5842-8013>

⁶ Doutora em Ciências, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Santarém, Pará, Brasil.
E-mail: daliane.marinho@uepa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3849-1215>

ABSTRACT

This study investigated the healing activity of Jucá extract (*Libidibia ferrea*) alone and associated with High Frequency (HF) on skin wounds of 25 Wistar rats. The animals were divided into five groups: control (CG), positive control (sunflower oil), Jucá extract (JG), high frequency (HFG), and the Jucá+HF association (JHFG). Treatment lasted 11 days, with macroscopic evaluations performed via photogrammetry. Results demonstrated that all treated groups outperformed the control, with the JG group showing the greatest reduction in the injured area by the 7th day. Although HFG was also effective individually, the simultaneous association (JHFG) showed no significant difference compared to the control and was less effective than the individual treatments. It was concluded that the tannin film formed by Jucá increased the bioimpedance of the wound bed, acting as a dielectric obstacle that blocked the bioelectrical stimuli of the HF current. Therefore, while Jucá and HF are potent healing agents independently, their simultaneous use is not recommended in clinical practice due to biophysical interference.

Keywords: Wound Healing. Skin. Phytotherapy. Electric Stimulation Therapy.

RESUMEN

Este estudio investigó la actividad cicatrizante del extracto de Jucá (*Libidibia ferrea*) de forma aislada y asociada a la Alta Frecuencia (AF) en heridas cutáneas de 25 ratas Wistar. Los animales fueron divididos en cinco grupos: control (GC), control positivo (aceite de girasol), extracto de Jucá (GTJ), alta frecuencia (GTAF) y la asociación Jucá+AF (GTJAF). El tratamiento duró 11 días, con evaluaciones macroscópicas mediante fotogrametría. Los resultados demostraron que todos los grupos tratados superaron al control, destacándose el GTJ, que presentó la mayor reducción del área lesionada al séptimo día. Aunque el GTAF también fue eficaz individualmente, la asociación concomitante (GTJAF) no presentó diferencias significativas respecto al control y fue inferior a los tratamientos individuales. Se concluyó que la película de taninos formada por el Jucá elevó la bioimpedancia del lecho de la herida, actuando como un obstáculo dieléctrico que bloqueó los estímulos bioeléctricos de la AF. Así, mientras que el Jucá y la AF son agentes cicatrizantes potentes de forma independiente, su uso simultáneo no se recomienda en la práctica clínica debido a la interferencia biofísica.

Palabras clave: Cicatrización de Heridas. Piel. Fitoterapia. Terapia por Estimulación Eléctrica.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

O processo de cicatrização é caracterizado por uma sequência coordenada e complexa de eventos celulares, moleculares e bioquímicos, que se estende desde o trauma inicial até o completo reparo do tecido lesado (MAMUN *et al.*, 2024). O interesse científico por esse

fenômeno remonta à antiguidade, com registros históricos que datam de aproximadamente 3000-2500 a.C., evidenciando a busca milenar por métodos eficazes de tratamento de feridas (LEITE *et al.*, 2022). Em condições fisiológicas normais, esse reparo segue uma sucessão de acontecimentos dinâmicos e sobrepostos, didaticamente organizados em fases que buscam a restauração da barreira cutânea (MEZA *et al.*, 2023).

Ao longo desse processo, ocorrem inúmeros eventos biológicos cruciais, como a reepitelização, a angiogênese e a deposição de colágeno (LY *et al.*, 2020). No entanto, apesar do contínuo desenvolvimento da ciência médica, o tratamento de feridas complexas e crônicas permanece um desafio global significativo, impactando a qualidade de vida de milhões de pacientes e gerando altos custos aos sistemas de saúde (BERTHIAUME FOX *et al.*, 2026). Nesse cenário, observa-se um interesse crescente pela fitoterapia como uma alternativa terapêutica viável, utilizando plantas medicinais e seus derivados para otimizar a recuperação tecidual (AMÉRICO *et al.*, 2020; CEDILLO-CORTEZANO *et al.*, 2024).

Os benefícios terapêuticos de extratos vegetais derivam de suas atividades antimicrobianas, anti-inflamatórias e antioxidantes, que fortalecem a função de barreira da pele e modulam o microambiente da lesão (POLJSK *et al.*, 2020; ESAD, 2025). Tais propriedades motivam a realização constante de pesquisas que buscam esclarecer a eficácia desses fitoterápicos sobre a fisiologia cutânea (ALGÜL *et al.*, 2025). Nessa perspectiva, a *Libidibia ferrea*, popularmente conhecida como Jucá, destaca-se por sua ampla indicação tradicional. Na medicina popular, especialmente na região do Baixo Amazonas, o Jucá é amplamente utilizado para acelerar a cicatrização de feridas dérmicas (CERDEIRA *et al.*, 2026; SILVA *et al.*, 2021). Embora seu uso seja consolidado pelo conhecimento empírico, a ciência busca atualmente validar seus mecanismos de resposta farmacológica (MACEDO *et al.*, 2024).

Concomitantemente, o uso de recursos bioeletrônicos, como o aparelho de Alta Frequência (AF), tem se destacado como uma alternativa não farmacológica relevante na Fisioterapia Dermatofuncional. A AF é valorizada por suas propriedades que favorecem a oxigenação metabólica celular e a descontaminação do leito da ferida (BI *et al.*, 2025; CHEAH *et al.*, 2021). No entanto, a literatura científica ainda carece de dados robustos sobre a integração desses mecanismos biofísicos com produtos fitoterápicos, como o extrato de Jucá, o que justifica a investigação de possíveis efeitos sinérgicos (PREETAM *et al.*, 2024).

Diante do exposto e da necessidade de novos subsídios científicos, esta pesquisa fundamentou-se na seguinte pergunta problema: “O extrato de Jucá (*Libidibia ferrea*)

potencializa o processo de cicatrização de feridas cutâneas em ratos Wistar (*Rattus norvegicus*) quando associado ao gerador de alta frequência?”. Assim, buscou-se analisar a atividade cicatrizante do extrato de Jucá na cicatrização cutânea, utilizado de forma isolada e em associação ao aparelho de alta frequência, em modelo experimental animal.

REFERENCIAL TEÓRICO

Anatomia e Fisiologia da Pele

A pele é o maior órgão do corpo humano, constituindo uma interface complexa e dinâmica entre o organismo e o meio externo. Estruturalmente, é organizada em três camadas principais: a epiderme, a derme e a hipoderme. Sua função primordial transcende a mera cobertura, atuando como uma barreira biológica, química e física que protege o corpo contra patógenos, radiação ultravioleta e traumas mecânicos (YOUSEF *et al.*, 2024; MCGRATH, 2016).

A epiderme, camada mais externa e avascular, é composta por um epitélio estratificado pavimentoso queratinizado. Nela, os queratinócitos organizam-se em estratos (basal, espinhoso, granuloso, lúcido e córneo), promovendo a renovação celular constante e a síntese de queratina, essencial para a impermeabilidade hídrica (YOUSEF *et al.*, 2024). Além da barreira mecânica, a presença de melanócitos e células de Langerhans confere à epiderme funções de fotoproteção e vigilância imunológica, respectivamente (MCGRATH, 2016; BRITO, 2024).

Logo abaixo, a derme atua como o suporte metabólico e estrutural da pele. Composta por tecido conjuntivo denso, é nela que se encontra a matriz extracelular (MEC), rica em fibras colágenas e elásticas que garantem a complacência e resistência do tegumento (TORTORA; DERRICKSON, 2024). A derme é também o sítio de uma vasta rede vascular e nervosa, além de abrigar anexos cutâneos fundamentais, como folículos pilosos e glândulas sebáceas, que participam ativamente da sinalização durante o processo de reparo (YOUSEF *et al.*, 2024; TORTORA; DERRICKSON, 2024).

A hipoderme, embora frequentemente descrita como um anexo de suporte, desempenha papel vital no isolamento térmico e na proteção contra impactos. Formada predominantemente por adipócitos organizados em lóbulos, essa camada facilita o deslizamento da pele sobre estruturas subjacentes, como músculos e ossos, evitando que forças de cisalhamento causem lesões internas imediatas (YOUSEF *et al.*, 2024; TORTORA; DERRICKSON, 2024).

Fisiopatologia da Cicatrização Cutânea

A cicatrização de feridas é um processo fisiológico altamente coordenado que visa restaurar a integridade anatômica após uma injúria. Este fenômeno envolve uma cascata complexa de eventos celulares e moleculares divididos em fases sobrepostas: hemostasia, inflamação, proliferação e remodelamento (WALLACE *et al.*, 2023; MAMUN *et al.*, 2024). A falha em qualquer uma dessas etapas, causada por fatores sistêmicos como diabetes ou isquemia, pode levar à cronicidade da lesão (WILKINSON *et al.*, 2020).

A fase de hemostasia ocorre imediatamente após a lesão, com a ativação plaquetária e formação do tampão de fibrina. Logo em seguida, a fase inflamatória recruta neutrófilos e macrófagos para o leito da ferida. Estes últimos são cruciais, pois realizam o desbridamento autolítico e liberam citocinas que sinalizam o início da fase seguinte (MAMUN *et al.*, 2024; BERTHIAUME FOX, 2026). O controle da carga bacteriana nesta fase é determinante para evitar que o processo inflamatório se torne persistente e degradativo para os tecidos vizinhos (BERTHIAUME FOX, 2026).

Na fase proliferativa, o foco é o preenchimento do defeito tecidual. Através da angiogênese, novos vasos são formados para nutrir o tecido de granulação, enquanto os fibroblastos sintetizam grandes quantidades de colágeno (fibroplasia) (WALLACE *et al.*, 2023; MAMUN *et al.*, 2024). Paralelamente, ocorre a reepitelização, onde queratinócitos das bordas da ferida migram para o centro, processo este que pode ser acelerado por estímulos externos, tanto químicos quanto bioelétricos (MAMUN *et al.*, 2024; KIM *et al.*, 2025).

Finalmente, a fase de remodelamento promove a maturação da cicatriz. O colágeno tipo III, mais frágil, é substituído pelo tipo I, mais resistente e organizado (WILKINSON *et al.*, 2020). A contração da ferida, mediada por miofibroblastos, reduz a área da lesão, buscando aproximar as bordas epiteliais. Contudo, a resistência tensil final de uma cicatriz raramente atinge 80% da força do tecido original, o que justifica a busca por terapias que otimizem a qualidade desse novo tecido (WALLACE *et al.*, 2023; WILKINSON *et al.*, 2020).

Fitoterapia e a *Libidibia Ferrea* (Jucá)

A fitoterapia moderna utiliza extratos vegetais como agentes moduladores da cicatrização, visando acelerar o reparo com menores efeitos adversos (AMÉRICO *et al.*, 2020; CERDEIRA *et*

al., 2026). Entre as espécies amazônicas, a *Libidibia ferrea*, popularmente conhecida como Jucá, destaca-se por sua densidade de compostos fenólicos. Estudos fitoquímicos revelam que seus frutos possuem altas concentrações de taninos hidrolisáveis e flavonoides, como o ácido gálico e o galato de etila (AMÉRICO *et al.*, 2020; MACEDO *et al.*, 2024).

Os taninos exercem uma função única de precipitação proteica. Ao entrarem em contato com as proteínas do exsudato, formam uma película biológica firme sobre a ferida, que atua como um "curativo natural" (AMÉRICO *et al.*, 2020; CERDEIRA *et al.*, 2026). Essa barreira não apenas reduz a perda de fluidos e o edema local, mas também impede a colonização por patógenos oportunistas através de uma ação antimicrobiana direta (MACEDO *et al.*, 2024).

Os flavonoides presentes no extrato complementam essa ação através de propriedades antioxidantes. Eles neutralizam as espécies reativas de oxigênio (ROS) geradas durante a inflamação, protegendo as células precursoras de danos oxidativos (MACEDO *et al.*, 2024; FALCÃO *et al.*, 2019). Essa modulação do microambiente químico favorece o recrutamento de fibroblastos, resultando em uma síntese de colágeno mais organizada e precoce, conforme observado em modelos experimentais recentes (CERDEIRA *et al.*, 2026; MACEDO *et al.*, 2024).

Recursos Eletrofísicos: Alta Frequência (AF)

A eletroterapia, especificamente a Alta Frequência, utiliza correntes alternadas de baixa intensidade e alta frequência. O funcionamento baseia-se na passagem da corrente por eletrodos de vidro preenchidos com gases nobres, o que gera o efeito corona e a consequente ionização do oxigênio atmosférico, produzindo ozônio (O_3) no leito da ferida (BI *et al.*, 2025; CHEAH *et al.*, 2021).

O ozônio gerado possui um potente efeito bactericida e fungicida, sendo eficaz na descontaminação de áreas infectadas sem induzir resistência bacteriana (CHEAH *et al.*, 2021; PENG *et al.*, 2025). Além da antissepsia, a AF promove um efeito térmico superficial que induz a vasodilatação local. Esse aumento do fluxo sanguíneo otimiza o aporte de oxigênio e nutrientes, elementos essenciais para a alta demanda metabólica das células em fase de proliferação (PENG *et al.*, 2025; KIM *et al.*, 2025).

Sob o ponto de vista biofísico, a estimulação elétrica manipula os campos elétricos endógenos da pele. O gradiente de potencial de membrana alterado pela corrente facilita a eletrotaxia, direcionando a migração de células essenciais para o fechamento da ferida (BI *et al.*,

2025; KIM *et al.*, 2025). No entanto, a eficácia desse recurso é dependente da impedância (resistência) da pele, sendo que a presença de substâncias isolantes na interface pode comprometer a penetração do campo elétrico e, conseqüentemente, os resultados terapêuticos (BI *et al.*, 2025; PENG *et al.*, 2025).

METODOLOGIA

Tratou-se de um estudo prospectivo, analítico, intervencional, centro único, duplocego, experimental controlado e aleatorizado (SEVERINO, 2017), realizado no Biotério e laboratórios de pesquisa da Universidade do Estado do Pará (UEPA) Campus XII (Santarém, Pará), aprovado pela Comissão de Ética do Uso de Animais da Universidade do Estado do Pará, protocolo nº 21/2021.

Foram utilizados 25 ratos (*Rattus norvegicus albinus*) da linhagem Wistar, todos machos, adultos, sadios, com idade entre 60 e 90 dias e peso padrão entre 200 a 250 gramas, oriundos do Biotério da UEPA, de Santarém-Pará. Durante a pesquisa os animais foram alocados em gaiolas individuais de polipropileno com medidas de 41cmx34cmx16cm, forradas com maravalha, em ambiente higienizado, com 12 horas ciclo claro/escuro e temperatura de 22 +/- 2°C e ventilação adequada, além de oferta de ração industrial própria para ratos e água ad libitum durante todo o experimento.

Os animais foram divididos aleatoriamente por sorteio em 5 grupos de 5 animais cada: sendo 3 grupos experimentais, 1 grupo controle positivo e 1 um controle negativo, subdivididos de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1: Grupos experimentais e seus respectivos tipos de tratamentos (protocolos).

Grupos	Tipo de tratamento	Quantidade de animais	Quantidade de aplicações
Grupo Controle – GC	Sem conduta	5	11
Grupo experimental com óleo de girassol – Controle positivo (GTOG)	Óleo de girassol	5	11
Grupo experimental com extrato de jucá (GTJ)	Extrato hidroalcoólico de jucá	5	11
Grupo experimental com alta frequência (GTAF)	Alta Frequência (média intensidade, 1min)	5	11
Grupo experimental alta frequência + jucá (GTJAF)	Alta frequência (média intensidade, 1min) + Extrato hidroalcoólico de jucá	5	11

Fonte: Elaborado pelos autores.

Cada animal foi tratado por um período de 11 dias, uma aplicação de tratamento por dia, totalizando 11 aplicações. O número de aplicações (11), o tempo (1 minuto) e a intensidade (média) do recurso alta frequência foram definidos no estudo de Costa, *et al.*, (2022), em que evidenciaram ser esses os melhores parâmetros de dosagem do aparelho de alta frequência na cicatrização de feridas em ratos. Os procedimentos da pesquisa foram divididos em 4 fases (anestesia, produção da lesão, tratamento, eutanásia).

Em relação a indução anestésica, utilizou-se o método de injeção intraperitoneal de Xilazina (0,25 ml/100mg), com componentes sedativos, analgésicos e relaxante muscular e Ketamina (0,01ml/100mg), droga anestésica geral. Após a anestesia, os animais foram posicionados em decúbito ventral, com os quatro membros estendidos e a cabeça alinhada ao tronco, sendo realizado a tricotomia manual e antissepsia do local e então produzida em cada animal uma ferida excisional circular até a exposição da fáscia muscular dorsal, mediante uso de um punch dermatológico de 6 milímetros (mm) de diâmetro com lâmina cortante na sua borda inferior. Após a confecção da lesão, os animais foram submetidos as sessões de terapia 24h após a produção da lesão na pele, sendo aplicadas 11 sessões ao longo de onze dias consecutivos, com uma sessão por dia sempre com intervalos de 24 horas entre elas, com base no estudo de Costa, *et al.* (2022).

Para aplicação do gerador de alta frequência utilizou-se o aparelho portátil modelo Beauty Face® produzido pela empresa HTM®, que opera com corrente alternada e possui características como: alimentação - 110/220 volts (50/60 Hz); intensidade de 12 Kvolts; e frequência portadora de 1.500Hz (COSTA, *et al.*, 2022). Foi empregado o modo de aplicação por varredura no interior e ao redor da lesão, utilizando eletrodo no formato de bico/cauterizador, aplicado à distância/faíscamento. Não foi aplicado Xilazina e Ketamina nos animais em todos os dias de tratamento, pois se optou por não assumir os riscos de sucessivas doses de anestésico por animal, pois estes poderiam vir a óbito ou até causar interferência no efeito esperado de cicatrização (COSTA, *et al.*, 2022).

Em relação ao preparo e aplicação do extrato hidroalcoólico do Jucá, as amostras foram coletadas, pesadas em balança para selecionar 30 gramas, lavadas em água corrente, secas em papel toalha e em estufa de ar circulante (40 a 50°C). Posteriormente, foi realizado o processo de maceração manual em temperatura ambiente. Para esse estudo foram selecionadas 15 gramas da vagem da planta, e misturada com 50 ml de água destilada e 50 ml de álcool 92%. A aplicação do extrato foi realizada com uma seringa de 1ml, sendo que em cada animal foi aplicado uma

dose de 0,2ml na região da lesão.

A eutanásia foi realizada pela aplicação de superdose de xilazina 2% e ketamina 10%, através do método de injeção intraperitoneal. No dia pré-estabelecido, os ratos foram eutanasiados conforme as Diretrizes da prática de eutanásia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA, 2013). A morte dos animais foi detectada através da verificação da ausência de movimento respiratório e ausência de batimentos cardíacos por meio do uso de estetoscópio e palpação.

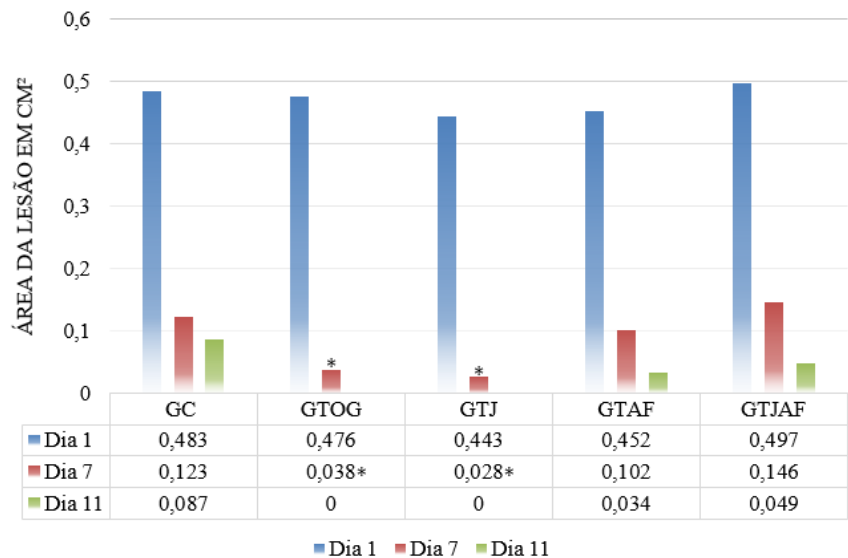
Quanto a análise macroscópica da área da lesão, empregou-se a técnica de fotogrametria computadorizada utilizando o programa Image-J® (Java versão 6.0) de domínio público, do Instituto Nacional de Saúde (NIH), Bethesda, EUA. Para tal, foram registradas fotografias de uma câmera digital marca Samsung, celular A32, resolução 48 megapixel, em que a câmera foi mantida em tripé a distância constante de 15cm, com régua esterilizável próximo a lesão para posterior calibração do software de análise Image-J e determinação da área das lesões. As imagens foram obtidas em três momentos: no primeiro dia - após a produção da lesão; no sétimo dia - antes da aplicação da sétima sessão de tratamento, e no décimo primeiro dia (COSTA, *et al.*, 2022).

Os dados foram tabulados em planilhas Microsoft Excel 2016 e receberão o tratamento por estatística descritiva pelo software BioEstat 5.3. A análise considerará as médias e desvio padrão. Para efeito de comparação entre grupos utilizou-se o teste de normalidade com Shapiro Wilk, sendo que para amostras consideradas normais empregou-se o teste paramétrico ANOVA + Tukey, já para amostras consideradas não-normais foram submetidas ao teste não-paramétrico de Kruskal Wallis seguido de Student-Newman-Keuls, nas comparações múltiplas entre os grupos de estudo. Para este estudo experimental foi admitido o nível mínimo de significância tendo valor de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados observados na avaliação macroscópica da área da lesão do grupo controle e dos grupos experimentais são apresentados no Gráfico 1 e na Tabela 1.

Gráfico 1: Comparação entre os grupos da média da área das feridas em ratos Wistar referente ao 1º, ao 7º e 11º dia de experimento (n=5).



*Significativo pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). GC: Grupo controle, sem tratamento; GTOG: Grupo controle positivo com óleo de girassol; GTJ: Grupo com extrato de jucá; GTAF: Grupo de tratamento com alta frequência intensidade média, 1 minuto; GTJAF: Grupo de tratamento concomitante entre o aparelho de alta frequência e o extrato de jucá.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Todos os grupos apresentaram maior velocidade no fechamento das feridas em relação ao GC, com destaque para os grupos GTJ com a maior média de redução das lesões ao 7º dia. Essa performance superior corrobora para estudos que sugere que a *L. ferrea* atua de forma multifuncional, interferindo positivamente em diversas etapas do reparo biológico (MACEDO *et al.*, 2024; CERDEIRA *et al.*, 2026). A área da ferida diminuiu gradativamente da periferia para o centro.

Inicialmente, a análise dos dados demonstrou que o GTOG exibiu uma evolução cicatricial superior ao Grupo Controle (GC), consolidando sua posição como controle positivo e reforçando o estudo de Torres, *et al.* (2021) em que o uso do óleo de girassol mostrou-se eficiente no processo de reparo tecidual de feridas, principalmente por apresentar ácidos graxos, como o ácido linoleico e a vitamina E, responsáveis por sua relevante atividade cicatricial.

Na análise comparativa do grupo controle (GC) com os demais grupos, foram constatadas diferenças significativas em dois grupos, o GTJ ($p = 0,01039$) e GTAF ($p = 0,02526$) e em relação ao grupo positivo de óleo de girassol, evidenciou-se diferença significativa com os grupos GTJ ($p = 0,0150$) e GTAF ($p = 0,0302$), conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1: Comparação entre os grupos de teste (valores $p \leq 0,05$) – (n=5).

	GC	GTOG	GTJ	GTAF	GTJAF
GC	-	0,8132	5,165	4,54	3,305
GTOG	0,0605	-	0,0150*	0,0302*	0,077
GTJ	0,01039*	0,374	-	0,9703	0,567
GTAF	0,02526*	0,456	0,6248	-	1,235
GTJAF	0,1309	0,244	1,86	0,8184	-

Fonte: Elaborado pelos autores.

A redução média da ferida nos grupos foram de: 0,37 cm² na aplicação do extrato de jucá; 0,29 cm² na associação do aparelho de alta frequência ao extrato de jucá; e 0,35 cm² na aplicação do aparelho de alta frequência. Todos os tratamentos apresentaram diferenças significativas mediante a variável “tratamento”, conforme a Tabela 2:

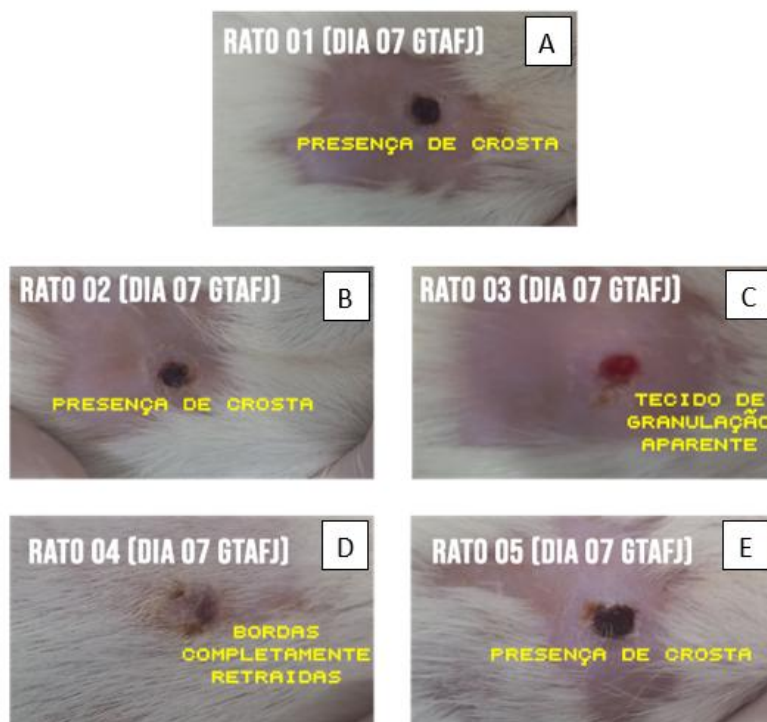
Tabela 2: *Test t de Student* para determinar se há diferença significativa entre as médias (n=5).

GTOG		
	<i>DIA 1</i>	<i>DIA 7</i>
Média	0,476	0,038
Variância	0,00700	0,00480
Observações	5	5
P(T<=t) bi-caudal	0,0000245	Existe diferença significativa
GTJ		
	<i>DIA 1</i>	<i>DIA 7</i>
Média	0,443	0,028
Variância	0,0003952	0,0003458
Observações	5	5
P(T<=t) bi-caudal	0,0000197	Existe diferença significativa
GTAF		
	<i>DIA 1</i>	<i>DIA 7</i>
Média	0,452	0,102
Variância	0,0015612	0,0089995
Observações	5	5
P(T<=t) bi-caudal	0,003849953	Existe diferença significativa
GTJAF		
	<i>DIA 1</i>	<i>DIA 7</i>
Média	0,497	0,146
Variância	0,0052237	0,0175913
Observações	5	5
P(T<=t) bi-caudal	0,003773729	Existe diferença significativa

Fonte: Elaborado pelos autores.

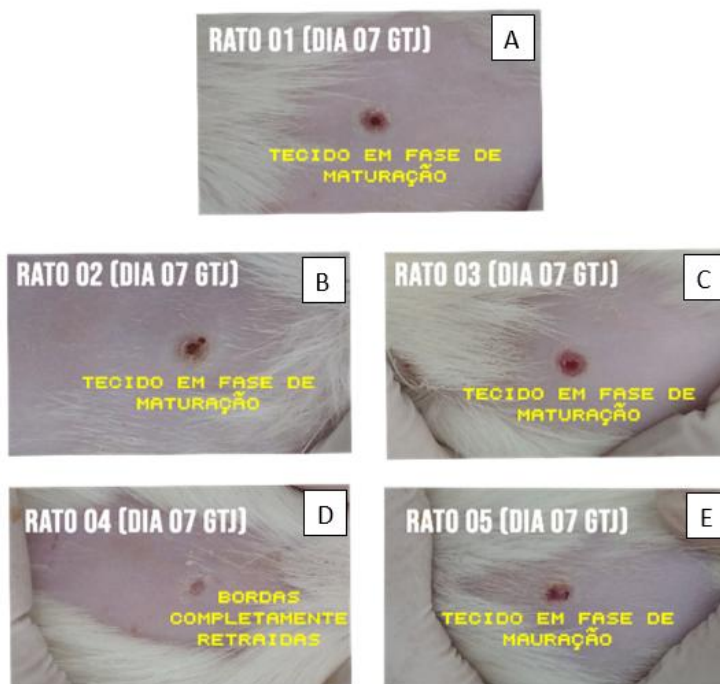
Macroscopicamente, quando os grupos GTJAF e GTJ são comparados no 7º dia quanto a presença de hiperemia, crosta, fases da cicatrização da lesão, evidenciou-se diferenças como mostrado nas figuras a seguir:

Figura 1 (A a E): Aspectos macroscópicos no sétimo dia do grupo do tratamento usando o aparelho de alta frequência concomitante ao extrato de jucá (n=5).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 2 (A a E): Aspectos macroscópicos no sétimo dia do grupo do tratamento usando somente o extrato de jucá (n=5).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Observou-se assim que os resultados obtidos nos grupos GTJ e GTAF foram bastante satisfatórios, ratificando o poder de cicatrização do extrato de jucá e do alta frequência e quando aplicados de forma correta, com os parâmetros adequados, resultam em grande impacto no processo de cicatrização, proporcionando boa qualidade da mesma, o que foi evidenciado pela diminuição da área de superfície da lesão.

De acordo com os achados de Cerdeira *et al.* (2026), a eficácia biológica desta espécie é atribuída a uma alta densidade de compostos fenólicos, com ênfase em taninos hidrolisáveis. Estes compostos possuem a propriedade única de precipitar proteínas superficiais, o que explica a formação da película protetora observada nas feridas, atuando como um escudo contra patógenos oportunistas e reduzindo a carga inflamatória inicial (ALMEIDA, *et al.*, 2021).

Ademais, o suporte molecular fornecido pelo ácido gálico e pelo galato de etila, presentes no extrato, é determinante para a fase proliferativa, promovendo o recrutamento de fibroblastos e a síntese organizada de colágeno (MACEDO *et al.*, 2024). No presente estudo, a ausência de edema exacerbado no GTJ reforça as propriedades antioxidantes descritas por Jensen *et al.* (2025), que demonstram como esses metabólitos secundários neutralizam espécies reativas de oxigênio (ROS), protegendo o tecido de granulação recém-formado.

Paralelamente, os resultados obtidos no Grupo GTAF validam a eficácia da Alta Frequência como recurso bioestimulador. A aplicação baseada no estudo de Costa *et al.* (2022) foi fundamental para garantir que o eflúvio elétrico gerasse o ozônio necessário para a oxigenação tecidual sem causar danos iatrogênicos. A literatura contemporânea reforça que a estimulação elétrica manipula o gradiente de potencial de membrana, induzindo a migração direcionada de queratinócitos para o centro da lesão (KIM *et al.*, 2025).

Conforme discutido por Peng *et al.* (2025), a eletroestimulação possui a capacidade de potencializar a função de células-tronco e fibroblastos, contudo, sua eficácia clínica é variável e depende intrinsecamente da fase de cicatrização e das condições de interface do leito da ferida. Essa complexidade biológica justifica por que a AF, apesar de eficaz, apresentou uma cinética de contração distinta da observada no grupo tratado exclusivamente com o extrato vegetal (BI *et al.*, 2025).

Em contrapartida, os resultados obtidos do grupo GTJAF não tiveram diferenças significativas quando comparados ao grupo controle, mostrando que o tratamento concomitante pode não ser a melhor opção, já que quando analisados macroscopicamente observa-se que quando usados juntos não são tão efetivos quando utilizados de maneira independente no processo

de fechamento e cicatrização da ferida. Pesquisas de ponta sobre tecnologias de interface enfatizam que a entrega de energia bioelétrica é um processo sensível e totalmente dependente da condutividade do meio (BI *et al.*, 2025; PENG *et al.*, 2025).

Sob o prisma da bioimpedância, a densa película de taninos formada pelo Jucá atuou como um obstáculo dielétrico. Como explicam Antoszevska *et al.* (2025), a impedância de uma ferida flutua drasticamente durante o reparo, e a introdução de agentes tópicos que elevem a resistência elétrica do leito impede que a terapia atinja os tecidos profundos. Nesse cenário, a barreira física e química criada pela *L. ferrea* dispersou a energia da corrente, bloqueando a sinalização elétrica necessária para a regeneração.

De acordo com Song *et al.* (2023), o sucesso de sistemas bioeletrônicos depende de um mapeamento preciso da impedância para mimetizar os campos elétricos endógenos; portanto, qualquer barreira biofísica imprevista desvia o fluxo iônico e anula os benefícios da bioestimulação celular. Este resultado é fundamental para a prática clínica, indicando que a compatibilidade entre o meio de contato e o recurso eletrofísico é o fator determinante para o sucesso de protocolos multimodais.

Contudo, apesar dos resultados promissores, este estudo apresentou limitações, como a ausência de análises histopatológicas que permitiriam uma compreensão microscópica mais detalhada do reparo tecidual. Todavia, esses achados servem de base para investigações futuras, com o objetivo de aprofundar o conhecimento sobre a integração de fitoterápicos e tecnologias bioeletrônicas no tratamento de feridas.

CONCLUSÃO

A escolha de terapias concomitantes é um fator determinante que deve ser avaliado para a utilização segura e eficaz no processo de reparo tecidual, pois a depender das terapias utilizadas uma pode interferir na qualidade da outra. O grupo tratado exclusivamente com Jucá obteve a melhor taxa de fechamento das feridas, confirmando o potencial fitoquímico da espécie amazônica em acelerar a cicatrização (MACEDO *et al.*, 2024). Em contraste, a associação com Alta frequência não superou o grupo controle. Conclui-se que a película de taninos formada pelo extrato elevou a impedância do leito da ferida, atuando como um isolante elétrico que bloqueou os efeitos bioestimuladores da AF (BI *et al.*, 2025; ANTOSZEWSKA *et al.*, 2025).

Portanto, para a prática clínica, recomenda-se o uso independente desses recursos, respeitando-se a compatibilidade entre os agentes tópicos e as tecnologias bioeletrônicas para garantir a eficácia do tratamento. Conforme pontuado anteriormente, a ausência de dados histopatológicos constitui uma lacuna que este trabalho deixa para investigações futuras. Todavia, os achados aqui apresentados são fundamentais para nortear novos protocolos que busquem integrar a fitoterapia amazônica e a eletroterapia, garantindo que a compatibilidade biofísica entre os agentes seja sempre respeitada para o sucesso da regeneração cutânea.

REFERÊNCIAS

ALGÜL, D. *et al.* Wound Healing Effects of New Cream Formulations with Herbal Ingredients. **Pharmaceutics**, v. 17, n. 7, p. 941, jul. 2025.

ALMEIDA, N. C. O. S. *et al.* *Libidibia ferrea* (jucá) anti-inflammatory action: A systematic review of in vivo and in vitro studies. **PLoS One**, v. 16, n. 11, e0259545, nov. 2021.

AMÉRICO, Á. V. L. S. *et al.* Efficacy of Phytopharmaceuticals From the Amazonian Plant *Libidibia ferrea* for Wound Healing in Dogs. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, p. 244, jun. 2020.

ANTOSZEWSKA, M. *et al.* Bioimpedance Measurement for Monitoring Chronic Wounds: A Systematic Review. **International Wound Journal**, v. 22, e70707, 2025.

BERTHIAUME FOX, K. A. *et al.* Decoding wound healing: cellular insights and technological advances. **npj Biomedical Innovations**, v. 3, n. 1, 2026.

BI, X. *et al.* Advances in electrical stimulation for wound healing. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 13, 1662900, 2025.

BRITO, S. *et al.* Skin Structure, Physiology, and Pathology in Topical and Transdermal Drug Delivery. **Pharmaceutics**, v. 16, p. 1403, 2024.

CEDILLO-CORTEZANO, M. *et al.* Use of Medicinal Plants in the Process of Wound Healing: A Literature Review. **Pharmaceutics**, v. 17, n. 303, 2024.

CERDEIRA, A. K. L. A. *et al.* Wound-healing efficacy of *Libidibia ferrea* fruit-derived topical formulations in Wistar rats. **Global Translational Medicine**, v. 1, 025350067, 2026.

CHEAH, Y. J. *et al.* Wound Healing with Electrical Stimulation Technologies: A Review. **Polymers**, v. 13, n. 21, p. 3790, nov. 2021.

CONCEA. Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. **Diretrizes da prática de eutanásia**, 2013.

COSTA, T. S. *et al.* Avaliação dos parâmetros de aplicação do gerador de alta frequência no processo de reparo tecidual de feridas cutâneas: estudo experimental. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 7, e13111729613, 2022.

DAVIS, M.; HOM, D. Current and Future Developments in Wound Healing. **Facial Plastic Surgery**, v. 39, n. 5, p. 477-488, out. 2023.

ESAD, M. *et al.* Molecular Mechanisms of Wound Healing: The Role of Medicinal Plants. **Life**, v. 15, p. 1748, 2025.

FALCÃO, T. R. *et al.* *Libidibia ferrea* Fruit Crude Extract and Fractions Show Anti-Inflammatory, Antioxidant, and Antinociceptive Effect In Vivo and Increase Cell Viability In Vitro. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2019, 6064805, fev. 2019.

JENSEN, B. B. *et al.* Topical microemulsion with phenolic compounds from *Libidibia ferrea* (Fabaceae): An alternative treatment for cutaneous leishmaniasis. **European Journal of Microbiology and Immunology**, v. 15, n. 4, p. 222-231, nov. 2025.

KIM, S. *et al.* Effects of electrode placement on electrical stimulation for wound healing. **Scientific Reports**, v. 15, 39043, 2025.

LEITE, V. V. *et al.* Tratamento de feridas: Efeitos in vitro de aplicações farmacoterapêuticas do óleo de girassol (*Helianthus annuus*). **Revista de Enfermagem Referência**, Coimbra, v. 6, n. 1, e22023, 2022.

LY, H. T. *et al.* Phytochemical Analysis and Wound-Healing Activity of Noni (*Morinda Citrifolia*) Leaf Extract. **Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants**, v. 26, n. 4, p. 379–393, 2020.

MACEDO, A. R. S. *et al.* Unlocking the power of *Libidibia ferrea* extracts: antimicrobial, antioxidant, and protective properties for potential use in poultry production. **Poultry Science**, v. 103, n. 6, 103668, jun. 2024.

MAMUN, A. A. *et al.* Recent advances in molecular mechanisms of skin wound healing and its treatments. **Frontiers in Immunology**, v. 15, 2024.

MCGRATH, J. A. *et al.* Structure and Function of the Skin. In: GRIFFITHS, C. *et al.* (ed.). **Rook's Textbook of Dermatology**. 9. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2016.

MEZA, C. S. R. *et al.* Efecto cicatrizante en incisiones periodontales por extracto hidroalcohólico de *Morinda citrifolia*. **Vive Revista de Salud**, v. 6, n. 17, p. 464-481, 2023.

PENG, Q. *et al.* Advancing Chronic Wound Healing through Electrical Stimulation and Adipose-Derived Stem Cells. **Advanced Healthcare Materials**, v. 14, n. 10, e2403777, abr. 2025.

POLJŠAK, N. *et al.* Vegetable butters and oils in skin wound healing: Scientific evidence for new opportunities in dermatology. **Phytotherapy Research**, v. 34, n. 2, p. 254-269, fev. 2020.

PREETAM, S. *et al.* Electrical stimulation: a novel therapeutic strategy to heal biological wounds. **RSC Advances**, v. 14, p. 1165-1188, 2024.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Cortez editora, 2017.

SONG, J. W. *et al.* Bioresorbable, wireless, and battery-free system for electrotherapy and impedance sensing at wound sites. **Science Advances**, v. 9, n. 8, eade4687, fev. 2023.

TORRES, S. B. *et al.* Óleo de girassol (*Helianthus annuus* L.) como cicatrizante de feridas em idosos diabéticos. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 4, p. 4692-4703, 2021.

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de anatomia e fisiologia**. 16. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2024.

WALLACE, H. A. *et al.* Wound Healing Phases. In: **StatPearls**. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, jan. 2025.

WILKINSON, H. N. *et al.* Wound healing: cellular mechanisms and pathological outcomes. **Open Biology**, v. 10, n. 9, 200223, set. 2020.