Óleo ozonizado: Alternativa terapêutica no tratamento de queimaduras de pele em ambientes operacionais austeros

Amanda Wieser Guimarães[1], Liana Kalczuk[1] e Argemiro Soares da Silva Sobrinho[1]
[1]Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos/SP – Brasil

Resumo — Queimaduras de pele representam parcela significativa das baixas em conflitos modernos, sendo especialmente prevalentes em operações mecanizadas e navais. Em ambientes de campanha com capacidade logística reduzida, o tratamento dessas lesões é dificultado pela escassez de insumos e pela crescente incidência de infecções por microrganismos multirresistentes (MDR), agravada pelo uso sistemático de antibióticos. O óleo ozonizado, obtido pela incorporação de ozônio a óleos vegetais, tem demonstrado, em ensaios clínicos e revisões da literatura, potencial antimicrobiano, anti-inflamatório e cicatrizante, sem induzir resistência bacteriana. Sua estabilidade fora de cadeia de frio e seu baixo peso tornam-no logisticamente compatível com o contexto do Cuidado de Campo Prolongado (Prolonged Field Care, PFC). Este trabalho sintetiza as evidências disponíveis por meio de revisão narrativa da literatura, avalia a viabilidade operacional do produto e discute elementos que podem subsidiar a elaboração futura de um protocolo de emprego nas Forças Armadas Brasileiras.

Palavras-chave: *óleo ozonizado; queimaduras em combate; medicina operacional; resistência bacteriana; ambiente austero.*

I. INTRODUÇÃO

As queimaduras estão entre as lesões de maior complexidade clínica e logística no contexto das operações militares. Sua frequência em conflitos convencionais situa-se entre 5% e 20% das baixas totais, com taxas mais elevadas em operações que empregam viaturas blindadas, embarcações e aeronaves, dada a maior exposição a combustíveis e explosivos [1].

No teatro de operações, dois fatores agravam o prognóstico dos feridos por queimadura: a limitação logística, já que unidades de linha de frente raramente dispõem de especialistas em queimados, equipamentos cirúrgicos e capacidade imediata de evacuação [1]; e o crescente problema da resistência microbiana, pois o emprego frequente de antibióticos de amplo espectro em campo favorece a seleção de cepas MDR, que se disseminam em instalações hospitalares militares e comprometem os resultados terapêuticos [2, 3].

O óleo ozonizado reúne características que respondem a esse cenário: produzido pela reação do ozônio com ácidos graxos insaturados de óleos vegetais, gera compostos bioativos estáveis com ação antimicrobiana de amplo espectro, anti-inflamatória e regenerativa, sem mecanismo indutor de resistência [4, 5]. A ausência de estudos clínicos conduzidos especificamente com populações militares representa uma lacuna relevante na literatura.

Objetivos: (1) sistematizar as evidências clínicas sobre o uso do óleo ozonizado em queimaduras; (2) analisar sua adequação ao contexto logístico-operacional militar; (3) discutir elementos que possam subsidiar a elaboração futura de um protocolo de emprego nas Forças Armadas Brasileiras.

II. DESENVOLVIMENTO

Método

Revisão narrativa da literatura, de caráter exploratório, com buscas no PubMed/MEDLINE e Scopus (2009–2025), em inglês e português. Foram selecionadas 17 publicações após avaliação de relevância temática e operacional, com critérios adaptados do PICO.

Queimaduras em combate

A incidência de queimados entre as baixas varia conforme o tipo de conflito, sendo maior em operações mecanizadas, com exposição a viaturas blindadas, combustíveis e explosivos [1]. Nas operações no Iraque e Afeganistão, o envolvimento das mãos foi a principal causa de incapacidade funcional permanente pós-queimadura [6]. Queimaduras de face, mãos e vias aéreas superiores exigem atenção prioritária, e as lesões inalatórias ampliam a mortalidade e a complexidade do manejo [1].

Cuidado de Campo Prolongado (PFC)

O PFC exige que o socorrista mantenha o ferido estável com recursos mínimos por horas ou dias, quando a evacuação está indisponível [1]. Guias operacionais já incorporam coberturas alternativas (Aloe vera, mel) diante da escassez [1]; o óleo ozonizado pode integrar esse conjunto, com evidências clínicas disponíveis [5, 9, 10]. A resistência bacteriana (MDR), incluindo Acinetobacter baumannii e MRSA, tem sido isolada com frequência crescente em feridas de guerra [2, 3]; agentes tópicos sem indução de resistência podem mitigar esse problema [4, 5].

Base científica do óleo ozonizado

Resulta da reação do ozônio com ácidos graxos insaturados de óleos vegetais, gerando compostos bioativos (triozonídeos, aldeídos, peróxidos) [4, 8]. Quatro mecanismos principais: ação antimicrobiana de amplo espectro sem indução de resistência [5]; modulação inflamatória via ativação de VEGF [4, 8]; estímulo à angiogênese e proliferação de fibroblastos [5, 8]; e efeito desbridante [4, 5].

Evidências clínicas

Campanati et al. (2013) mostrou eficácia equivalente ao ácido hialurônico em queimaduras de 2º grau, com menor hiperpigmentação [9]; Romary et al. (2023) encontrou cicatrização mais rápida com ozônio tópico [10]; Anzolin et al. (2020) consolidou evidências de ação antimicrobiana, anti-inflamatória e cicatrizante [5]; Song et al. (2018) demonstrou atividade contra MRSA/S. aureus [11]; Machado e Contri (2022) relataram eficácia em 15 de 18 estudos [14]; Pinto et al. (2025) indicaram benefícios na cicatrização e controle infeccioso [12].

Viabilidade logístico-operacional

O produto mantém propriedades por semanas a meses sem refrigeração [4, 8], com peso e volume inferiores aos fluidos intravenosos de ressuscitação volêmica [1]. Leon et al. (2022) não identificaram riscos dermatológicos significativos [15]. O ozônio também já foi investigado no próprio ITA para tratamento de água do Hospital de Campanha (HCAMP) [17]. Frente a mel, prata nanocristalina, sulfadiazina de prata e Aloe vera [16], o óleo ozonizado se destaca pela combinação de ação antimicrobiana, ausência de indução de resistência e alta viabilidade em PFC.

Protocolo preliminar e discussão

Os parâmetros propostos derivam da adaptação das evidências clínicas [5, 9, 10, 12] e dos princípios do PFC [1]. Indicações: queimaduras de 1º e 2º grau até 20% SCT [1, 5, 9]. A aplicação com intervalo de até 24h é relevante em PFC prolongado [4, 5, 9], e a comparação favorável com mel e Aloe vera [1] reforça a proposta [5, 10]. Agentes tópicos sem risco de indução de resistência representam estratégia complementar de preservação do arsenal antibiótico [2–5].

Algoritmo de Decisão

A Figura 1 apresenta o algoritmo proposto, estruturado em três etapas: (1) avaliação primária; (2) tratamento imediato; e (3) tomada de decisão sobre o uso do óleo ozonizado em contexto de PFC.

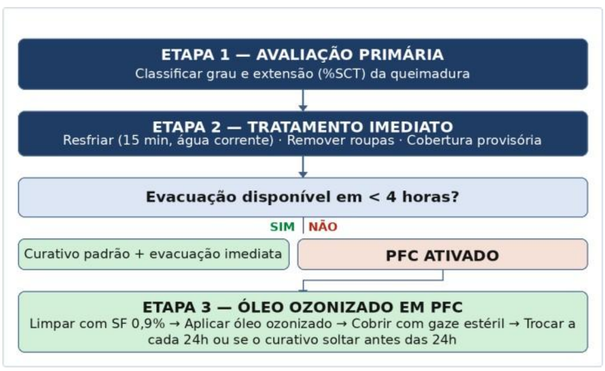


Fig. 1. Algoritmo de decisão para emprego de óleo ozonizado em PFC.

III. CONCLUSÃO

O óleo ozonizado apresenta base científica promissora para investigação como insumo terapêutico nas Forças Armadas Brasileiras. Suas propriedades antimicrobiana, anti-inflamatória e cicatrizante encontram respaldo em ensaios clínicos e revisões da literatura [5, 9, 10, 12, 14]; seu perfil logístico é compatível com as exigências do PFC [1, 4, 8]; e a ausência de evidência de indução de resistência bacteriana é vantagem potencial frente a antibióticos tópicos convencionais [4, 5, 11].

A validação demanda estudos pré-clínicos em modelos de queimadura sob condições austeras [10, 12], ensaios clínicos prospectivos com populações militares [1] e especificações técnicas para eventual padronização [4, 8]. O potencial operacional extrapola o contexto militar, aplicando-se a qualquer cenário de cuidado médico com recursos limitados [1, 5].

REFERÊNCIAS

[1] S. Shingleton, J. Folwell, I. Jones, M. Gleason, A.4, pp. 1235-1252, 2023. Williams, "Burn wound care strategies for the battlefield and austere settings," Eur. Burn J., vol. 5, no. 1, pp. 49-65, 2024.

[2] G. Granata, S. Cicalini, N. Petrosillo, "The battle beyond the battlefield: war's influence on antibiotic resistance," Infect. Dis. Rep., vol. 16, no. 5, pp. 977-980, 2024.

[3] S.J.C. Pallett et al., "Conflict and catastrophe-related severe burn injuries," J. Infect., vol. 89, no. 3, p. 106224, 2024.

[4] V. Travagli, I. Zanardi, G. Valacchi, V. Bocci, "Ozone and ozonated oils in skin diseases: a review," Mediators Inflamm., vol. 2010, p. 610418, 2010.

[5] A.P. Anzolin, N.L. da Silveira-Kaross, C.D. Bertol, "Ozonated oil in wound healing," Med. Gas Res., vol. 10, no. 1, pp. 54-59, 2020.

[6] J.M. Cancio, J.B. Lundy, L.C. Cancio, "Acute surgical and rehabilitation management of complex hand burns in combat casualties," Eur. Burn J., vol. 5, no. 2, pp. 126-144, 2024.

[7] I.F. Jones et al., "Enteral resuscitation: a field-expedient treatment strategy for burn shock," Eur. Burn J., vol. 5, no. 1, pp. 23-37, 2024.

[8] V. Bocci, E. Borrelli, V. Travagli, I. Zanardi, "The ozone paradox," Med. Res. Rev., vol. 29, no. 4, pp. 646-682, 2009.

[9] A. Campanati et al., "Topical ozonated oil versus hyaluronic gel for the treatment of second-degree burns," Burns, vol. 39, no. 6, pp. 1178-1183, 2013.

[10] D.J. Romary et al., "Liquid ozone therapies for the treatment of epithelial wounds," Int. Wound J., vol. 20, no.

[11] M. Song et al., "The antibacterial effect of topical ozone on the treatment of MRSA skin infection," Mol. Med. Rep., vol. 17, no. 2, pp. 2449-2455, 2018.

[12] C.B. Pinto, A. Pinto, M. Barroso, T. Coelho, S. Costa, "Topical ozone as an adjuvant therapy in wound management," Nurs. Rep., vol. 15, no. 12, p. 414, 2025.

[13] D.M. Burmeister et al., "Operational advantages of enteral resuscitation following burn injury in resource-poor environments," J. Spec. Oper. Med., vol. 19, no. 3, pp. 76-81, 2019.

[14] A.U. Machado, R.V. Contri, "Effectiveness and safety of ozone therapy for dermatological disorders," Indian J. Dermatol., vol. 67, no. 4, p. 479, 2022.

[15] B.R. Leon et al., "Risks of ozonated oil and ozonated water on human skin," Int. Wound J., vol. 19, no. 7, pp. 1901-1910, 2022.

[16] Y.N. Huang, K.C. Chen, J.H. Wang, Y.K. Lin, "Effects of Aloe vera on burn injuries," J. Burn Care Res., vol. 45, no. 6, pp. 1536-1545, 2024.

[17] F.H. Bonates, M.A.S. Pimentel, P.C. Fernandes, L. Kalczuk, A.S. da Silva Sobrinho, "O papel do ozônio no tratamento de água," Anais do SIGE 2022, ITA, São José dos Campos, SP, 2022.