

EFICÁCIA GERMICIDA DA EMISSÃO DE LUZ ULTRAVIOLETA CONTRA MICRORGANISMOS FÚNGICOS E BACTERIANOS: UMA REVISÃO DE ESCOPO

KATIA CRISTIANE HALL¹; MORGANA LÜDTKE AZEVEDO², WELLINGTON LUIZ DE OLIVEIRA DA ROSA³, EVERTON GRANEMANN SOUZA⁴, RAFAEL GUERRA LUND⁵; EVANDRO PIVA⁶

¹ Universidade Federal de Pelotas – katiachall11@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – morganaludtke@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas – wellingtonl.fo@ufpel.edu.br

⁴ Universidade Católica de Pelotas – everton.granemann@ucpel.edu.br

⁵ Universidade Federal de Pelotas – rafael.lund@gmail.com

⁶ Universidade Federal de Pelotas – evpiva@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

As infecções relacionadas à assistência em saúde (IRAS) representam um dos maiores desafios para a segurança do paciente e para a sustentabilidade dos sistemas de saúde, estando associadas a altas taxas de morbidade, mortalidade e custos hospitalares (KUMAR et al., 2024). No ambiente clínico e odontológico, a persistência de microrganismos patogênicos em superfícies e instrumentos frequentemente manuseados favorece a transmissão cruzada de microrganismos (CERCEO et al., 2016).

A crescente disseminação de microrganismos multirresistentes, como *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA), *Clostridioides difficile* e *Pseudomonas aeruginosa*, limita a eficácia das práticas tradicionais de desinfecção química (CASINI et al., 2019). Nesse contexto, a busca por métodos alternativos e complementares de controle microbiano tem se tornado prioridade.

A radiação ultravioleta-C (UV-C), situada entre 200 e 280 nm, destaca-se como uma tecnologia promissora, capaz de inativar bactérias, fungos e vírus por meio de danos ao DNA e RNA microbianos, bloqueando a replicação celular (SHAHI et al., 2021). Estudos já demonstraram sua eficácia em reduzir significativamente a carga microbiana em ambientes clínicos e em instrumentos médico-odontológicos (PEREIRA et al., 2023). No entanto, sua performance depende de fatores como dose, tempo de exposição, distância da fonte emissora e presença de obstáculos físicos, o que explica resultados variáveis e ainda pouco padronizados (RUTALA et al., 2014).

Apesar de evidências promissoras, a literatura ainda apresenta limitações metodológicas e heterogeneidade nos parâmetros avaliados, dificultando a consolidação de protocolos seguros e eficazes.

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão de escopo sobre a eficácia germicida da radiação UV-C em ambientes clínicos e instrumentos médico-odontológicos, além de avaliar o risco de viés dos estudos incluídos, fornecendo uma síntese crítica que possa apoiar a incorporação segura dessa tecnologia na prática em saúde.

2. METODOLOGIA

Esta revisão foi conduzida de acordo com as recomendações do PRISMA 2020 (PAGE et al., 2021) e previamente registrada na plataforma Open Science Framework (<https://doi.org/10.17605/OSF.IO/UFW4X>).

A formulação da pergunta de pesquisa foi guiada pela estratégia PCC (População, Conceito e Contexto). Foram considerados como População (P) os microrganismos fúngicos e bacterianos; o Conceito (C) correspondeu à intervenção por irradiação com luz UV-C em diferentes comprimentos de onda; e o Contexto (C) englobou ambientes hospitalares e instrumentos médico-odontológicos. Assim, a questão norteadora desta revisão foi: A emissão de radiação UV-C apresenta eficácia na redução de microrganismos fúngicos e bacterianos em superfícies clínicas e instrumentos utilizados na prática médico-odontológica?

Foram considerados elegíveis estudos quantitativos que investigaram a eficácia da radiação UV-C (≥ 100 nm) aplicada em superfícies clínicas, ambientes hospitalares ou instrumentos médico-odontológicos, publicados em língua inglesa. Foram excluídas revisões, relatos de caso, artigos de opinião, estudos qualitativos e pesquisas voltadas para produtos não relacionados à área da saúde.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed, Scopus, Web of Science, Embase e Cochrane Library, sem restrição inicial de data, incluindo publicações disponíveis até janeiro de 2025. O processo de seleção foi conduzido por dois revisores independentes utilizando o software Rayyan. A triagem ocorreu em duas etapas: (1) leitura de títulos e resumos; (2) análise dos textos completos com base nos critérios de elegibilidade. As discordâncias foram resolvidas por meio da participação de um terceiro revisor. O grau de concordância entre os avaliadores foi previamente testado por uma amostra piloto de estudos.

A extração de dados foi realizada em planilha padronizada no Microsoft Excel, contemplando: autores, ano de publicação, país, tipo de estudo, características da amostra, dispositivo emissor de UV-C, parâmetros de aplicação (comprimento de onda, dose, tempo de exposição e distância) e principais resultados microbiológicos.

A avaliação do risco de viés foi conduzida conforme o delineamento metodológico: ensaios clínicos randomizados foram avaliados pela ferramenta RoB 2.0; estudos não randomizados pelo ROBINS-I; e estudos in vitro pelo checklist QuinTol. As avaliações foram realizadas de forma independente por dois revisores, sendo divergências solucionadas por consenso.

Todas as etapas foram planejadas para garantir clareza e confiabilidade na revisão. A análise dos estudos foi organizada de forma a permitir a comparação dos resultados e a identificação de pontos fortes, limitações e aspectos que ainda precisam ser melhor investigados na aplicação da radiação UV-C.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram incluídos 31 estudos: 21 não randomizados, 1 ensaio clínico randomizado e 9 experimentais in vitro. A análise evidenciou que a radiação UV-C apresenta elevada eficácia germicida em ambientes clínicos e em instrumentos médico-odontológicos, embora os resultados variem consideravelmente conforme os parâmetros de aplicação.

Nos ambientes clínicos e hospitalares, reduções $\geq 4 \log_{10}$ de microrganismos como *Clostridioides difficile* e MRSA foram observadas em condições de aplicação com doses superiores a 300 mJ/cm², em tempos de

exposição entre 1 e 10 minutos (RUTALA et al., 2014). Em dispositivos portáteis ou câmaras de desinfecção, a inativação microbiana superou 99% em condições controladas, evidenciando potencial para uso em rotina (CORRÊA et al., 2017; GURIDI et al., 2019). Por outro lado, a eficácia foi reduzida em superfícies irregulares e áreas com sombra, demonstrando limitações em condições reais.

Nos estudos que avaliaram equipamentos e materiais odontológicos, LEDs de 265–280 nm, aplicados por 30 a 90 segundos e a curta distância, mostraram eficácia contra *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans* e MRSA (MORIO et al., 2019; ANDRÉ et al., 2018). Entretanto, biofilmes maduros apresentaram maior resistência, exigindo doses mais elevadas (ALHARBI et al., 2021). Esse achado reforça que a UV-C possui eficácia limitada em estruturas complexas e que sua performance depende da natureza microbiológica e das condições de crescimento.

A tecnologia Far-UV-C (222 nm) demonstrou resultados promissores, alcançando mais de 95% de inativação de vírus aerossolizados com doses reduzidas ($\sim 2 \text{ mJ/cm}^2$), sugerindo aplicação viável em ambientes ocupados, com maior segurança para humanos (WELCH et al., 2018). Contudo, os estudos ainda são limitados e experimentais.

A avaliação do risco de viés revelou limitações metodológicas. Os estudos não randomizados foram classificados, em sua maioria, como de risco moderado a crítico, devido à ausência de controles adequados e falta de cegamento. O único ensaio clínico randomizado apresentou preocupações relacionadas à adesão à intervenção e heterogeneidade das condições de exposição (ANDERSON et al., 2018). Já os estudos *in vitro* apresentaram risco moderado, sobretudo pela ausência de replicações independentes e análises estatísticas robustas.

Em síntese, os achados evidenciam que a radiação UV-C apresenta potencial germicida em superfícies e equipamentos odontológicos, embora sua eficácia seja condicionada a parâmetros específicos de aplicação. A variabilidade entre os estudos e a escassez de ensaios clínicos bem controlados ainda restringem a generalização dos resultados para o contexto clínico diário, destacando a necessidade de investigações futuras com metodologias padronizadas e amostras representativas.

4. CONCLUSÕES

A radiação UV-C mostrou-se eficaz na inativação de microrganismos em ambientes clínicos e em instrumentos médico-odontológicos, mas sua performance depende de parâmetros como dose, tempo de exposição e distância da fonte emissora. Apesar do potencial promissor, a heterogeneidade metodológica e o risco de viés identificados indicam que a tecnologia deve ser utilizada como estratégia complementar aos métodos convencionais de desinfecção, reforçando a necessidade de revisão e otimização de protocolos padronizados de uso em um amplo contexto de biossegurança.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHARBI, M.; BAKITIAN, F.; ALENEZI, A. Evaluation of bactericidal effects of ultraviolet light C irradiation on cariogenic bacteria: an *in vitro* study. **BMC Oral Health**, London, v.21, n.1, p.406, 2021.

- ANDERSON, D. J. et al. Effectiveness of targeted enhanced terminal room disinfection on hospital-wide acquisition and infection with multidrug-resistant organisms and *Clostridium difficile*: a secondary analysis of a multicentre cluster randomised controlled trial with crossover design (BETR Disinfection). **The Lancet Infectious Diseases**, London, v.18, n.8, p.845-853, 2018.
- ANDRÉ, C. B.; DOS SANTOS, A.; PFEIFER, C. S.; GIANNINI, M.; GIROTTI, E. M.; FERRACANE, J. L. Evaluation of three different decontamination techniques on biofilm formation, and on physical and chemical properties of resin composites. **Journal of Biomedical Materials Research B: Applied Biomaterials**, Hoboken, v.106, n.3, p.945-953, 2018.
- CASINI, B.; TUVO, B.; CRISTINA, M. L.; SPAGNOLO, A. M.; TOTARO, M.; BAGGIANI, A.; PRIVITERA, G. P. Evaluation of an ultraviolet C (UVC) light-emitting device for disinfection of high-touch surfaces in hospital critical areas. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v.16, n.19, p.1-10, 2019.
- CERCEO, E.; DEITELZWEIG, S. B.; SHERMAN, B. M.; AMIN, A. N. Multidrug-resistant Gram-negative bacterial infections in the hospital setting: overview, implications for clinical practice, and emerging treatment options. **Microbial Drug Resistance**, New Rochelle, v.22, n.5, p.412-431, 2016.
- CORRÊA, T. Q. et al. Manual operated ultraviolet surface decontamination for healthcare environments. **Photomedicine and Laser Surgery**, Larchmont, v.35, n.12, p.666-671, 2017.
- GURIDI, A.; SEVILLANO, E.; DE LA FUENTE, I.; MATEO, E.; ERASO, E.; QUINDOS, G. Disinfectant activity of a portable ultraviolet C equipment. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v.16, n.23, p.1-9, 2019.
- KUMAR, N. R.; BALRAJ, T. A.; KEMPEGOWDA, S. N.; PRASHANT, A. Multidrug-resistant sepsis: a critical healthcare challenge. **Antibiotics (Basel)**, Basel, v.13, n.1, p.1-12, 2024.
- MORIO, K.; THAYER, E. L.; BATES, A. M.; BROGDEN, K. A. 255-nm light-emitting diode kills *Enterococcus faecalis* and induces the production of cellular biomarkers in human embryonic palatal mesenchyme cells and gingival fibroblasts. **Journal of Endodontics**, Chicago, v.45, n.6, p.774-783, 2019.
- PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **International Journal of Surgery**, London, v.88, p.105906, 2021.
- PEREIRA, A. R.; BRAGA, D. F. O.; VASSAL, M.; GOMES, I. B.; SIMOES, M. Ultraviolet C irradiation: a promising approach for the disinfection of public spaces? **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v.879, p.163007, 2023.
- RUTALA, W. A.; GERGEN, M. F.; TANDE, B. M.; WEBER, D. J. Room decontamination using an ultraviolet-C device with short ultraviolet exposure time. **Infection Control and Hospital Epidemiology**, Chicago, v.35, n.8, p.1070-1072, 2014.
- SHABI, S.; KHORVASH, R.; GOLI, M.; RANJBARAN, S. M.; NAJARIAN, A.; MOHAMMADI NAFCHI, A. Review of proposed different irradiation methods to inactivate food-processing viruses and microorganisms. **Food Science & Nutrition**, Hoboken, v.9, n.10, p.5883-5896, 2021.
- WELCH, D. et al. Far-UVC light: a new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases. **Scientific Reports**, London, v.8, n.1, p.2752, 2018.