Revisão Sistemática da Utilização de Far-UVC e Ozônio no Combate à Covid-19 e demais Patógenos

Guilherme V. L. Silva, Gustavo M. Camargo, José A. S. Neto,
Igor D. Borges, Cláudio F. Oliveira & Rosemberg R. F. Nunes

Frente ao desafio de explorar novos meios de uma mitigação eficiente e acessível para inativação de patógenos e limitar sua transmissão em ambientes ocupados por pessoas, surgiu a iniciativa desta investigação que teve como objetivo primário realizar uma revisão sistemática, buscando na literatura o estado da arte em relação à utilização de radiação UVC e Ozônio como agentes germicidas no combate de vírus e bactérias. Foram pesquisados nos bancos de dados trabalhos que continham as strings "UVC" AND "wave" AND "ultraviolet" AND "radiation" AND "light" AND "intensity" e também "ozone" AND "air" AND "disinfection" AND "virus" AND "bacteria" AND "environment" AND "decontamination" AND "air decontamination". A busca foi feita nas bases de dados ScienceDirect, Web of Science, pubMED, SciELO, Google Scholar e World Wide Science. Foram encontrados 189 artigos relacionados à utilização de UVC como agente germicida e 16 artigos acerca da utilização do ozônio, totalizando assim 205 artigos. Destes somente 44 foram selecionados para a revisão, os outros trabalhos não foram selecionados, pois não se enquadraram no critério de seleção, seja por possuir uma aplicação diferente da proposta pelo grupo, exemplo artigos que relacionavam a utilização da radiação UVC no tratamento de águas residuais ou por a data de publicação não se enquadrar no período de 2016 a 2020, nenhum artigo utilizando ambos os agentes germicidas ozônio e UVC foi encontrado. Entretanto, entres os artigos selecionados, foram relatadas informações importantes e promissoras para dar firmamento e veracidade às premissas adotadas pelos pesquisadores.

Palavras-chave: *SARS-COV2; esterilização; pandemia; corona; duo cannon.*

Faced with the challenge of exploring new means of efficient and accessible mitigation to inactivate pathogens and limit their transmission in environments occupied by people, the initiative for this investigation arose, which had as its primary objective to carry out a systematic review, searching the state of the art in relation to the use of UVC and ozone radiation as germicidal agents in the fight against viruses and bacteria. Researches were carried out in the databases that contained the strings "UVC" AND "wave" AND "ultraviolet" AND "radiation" AND "light" AND "intensity" and also "ozone" AND "air" AND "disinfection" AND "virus" AND "bacteria" AND "environment" AND "decontamination" AND "air decontamination". The search was carried out in the ScienceDirect, Web of Science, pubMED, SciELO, Google Scholar and World Wide Science databases. 189 articles were found related to the use of UVC as a germicidal agent and 16 articles about the use of ozone, thus totaling 205 articles. Of these, only 44 were selected for the review, the other studies were not selected, as they did not fit the selection criteria, either because they have an application different from that proposed by the group, for example articles that related the use of UVC radiation in the treatment of wastewater. or because the publication date does not fall within the period from 2016 to 2020, no article was found using both the ozone and UVC germicidal agents. However, among the selected articles, important and promising information was reported to give firmament and veracity to the assumptions adopted by the researchers.

Keywords: *SARS-COV2; sterilization; pandemic; corona; duo cannon.*

Introdução

Segundo um estudo publicado no The Lancet¹, na data de 01/12/2019 foi identificado o primeiro paciente com um surto de pneumonia viral que atingiria a cidade de 11 milhões de habitantes Wuhan, na China. Na data de 20 de dezembro, 19 dias depois do primeiro caso, segundo o relatório do governo chinês, publicado no South China Morning Post², o número de casos confirmados até este dia chegou a 60. Até esta data não havia evidências de transmissão de humano para humano do novo coronavírus. No dia 25 de dezembro, o dr. Lu Xiaohong, diretor do departamento de gastroenterologia do hospital número 5 de Wuhan, afirmou que havia suspeita de que membros da equipe médica de dois hospitais da cidade contraíram a pneumonia viral. Somente 24 dias depois, foi emitido um relatório confirmando a transmissão de humano para humano do novo coronavírus. Três meses depois, a organização mundial da saúde OMS decreta uma pandemia. Até o momento da elaboração desta revisão os números de casos em 23/11/2020 era de 58.425.681 casos confirmados e 1.385.218 mortes contabilizados pela OMS dados esses que podem ser acessados no dashboard Figura 1 disponível no site da OMS³.

Figura 1: Evolução do Covid-19 no mundo. **Fonte:** Organização mundial da saúde³

Mesmo havendo pesquisas promissoras, atualmente, não há medicamentos antivirais licenciados pela Food and Drug Administration (FDA) dos Estados Unidos, pela European Medicines Agency (EMA), pela Spanish Agency of Medicines and Medical Devices (AEMPS) ou pela Italian

Drug Agency para tratar pacientes com COVID-19. Nenhum medicamento antiviral para tratar pacientes com COVID-19 foi licenciado em qualquer país do mundo até agora. Assim como a pandemia de COVID-19 veio após a crise de sars de março de 2003, a comunidade científica sabe que novas pandemias virão após a COVID-19. Sendo assim, é extremamente importante explorar tecnologias de mitigação prática para inativação dos agentes patogênicos transportados pelo ar em locais públicos, limitando, assim, a transmissão aérea⁴⁻⁶.

Um dos processos mais utilizados para a prevenção de transmissão de patógenos transportados pelo ar é a ventilação forçada, que elimina prontamente os organismos infecciosos pelo aumento na taxa de troca de ar, essa abordagem não é completamente eficaz. Atualmente, os filtros de ar com alta eficiência na separação de partículas (HEPA) são as alternativas que possuem maior eficiência, entretanto é uma premissa com alto custo de funcionamento^{7,8}. As alternativas a serem exploradas no decorrer deste trabalho serão a utilização de espectro de luz UVC e o gás oxidante ozônio.

OZÔNIO

O ozônio (O_3) é um gás instável que compreende três átomos de oxigênio produzidos naturalmente na estratosfera pela ação fotoquímica dos raios ultravioleta sobre as moléculas de oxigênio^{8,9}. Esses raios são

Figura 2: Processo de síntese de ozônio. **Fonte:** Autores

suficientemente intensos para separar os dois átomos que compõem a molécula de (O₂) produzindo assim o oxigênio atômico Figura 2. A produção de ozônio é realizada numa etapa imediatamente posterior, resultando da associação de um átomo de oxigênio e uma molécula de (O₂) na presença de um catalisador⁸.

É um gás oxidante poderoso e com ação microbida eficaz, isto é, elimina bactérias, fungos e vírus em superfícies e líquidos^{10,11}. A utilização do ozônio em tratamentos de águas residuais está documentada e demonstra aplicações na maioria das cidades modernas^{8,12}. Embora os estudos acerca da utilização do ozônio para esterilizar superfícies ainda sejam limitados, resultados experimentais já provaram que a utilização do ozônio é uma alternativa eficaz para desinfetar ar e superfícies¹³. De acordo com o artigo “Bactericidal Effects of High Airborne Ozone Concentrations In Escherichia coli na Staphylococcus aureus” escrito pelos pesquisadores W.J kowalski, W.P Bashnfleth e T.S. Whittam, foram investigados os efeitos bactericidas de altas concentradores de ozônio nas bactérias bacilar Escherichia coli e na bactéria Staphylococcus aureus frequentemente encontrada na pele e fossas nasais de pessoas. Essa pesquisa concluiu que mais de 99,99% da taxa de mortalidade foi alcançada para ambas as espécies após a exposição ao Ozônio¹². Além da capacidade oxidante do gás ozônio, as suas propriedades também colaboram para ser um desinfetante aéreo ideal, em contraste com a radiação ultravioleta, troca de ar e filtros HEPA, o ozônio é um gás que pode facilmente penetrar em todos os cantos de um ambiente fechado, sendo assim pode esterilizar de forma eficaz⁸. Por conta da instabilidade do gás ozônio, ele é rapidamente convertido em oxigênio, não deixando nenhum resíduo prejudicial após a desinfecção⁸.

Os átomos ou radicais livres do oxigênio são altamente reativos e oxidantes, oxidando quase tudo, incluindo vírus, bactérias, compostos orgânicos e não orgânicos em contato, tornando o ozônio um desinfetante e oxidante poderoso¹¹. O ozônio é um oxidante muito mais forte do que outros desinfetantes

comumente utilizados, como o cloro e o hipoclorito⁸. O uso de cloro ou hipoclorito em muitos países diminuiu significativamente devido à possibilidade de formação de subprodutos carcinogênicos, como trihalometanos (THM) durante processo de desinfecção⁸. Em contraste, a desinfecção com ozônio não produz resíduos prejudiciais e todo o ozônio residual será convertido de volta em oxigênio em um curto espaço de tempo⁸. O ozônio é, portanto, considerado um desinfetante ambientalmente correto⁸. Dada sua força e eficácia superiores como oxidante e biocida, o ozônio se torna uma das tecnologias de tratamento de água dominantes na Europa e na América. Mas sua aplicação na desinfecção do ar não é tão popular quanto a água devido à preocupação com a toxicidade do ozônio^{8,14}. O ozônio com concentração superior a 1ppm (parte por milhão, 1 ppm é igual a 1 g/m³ grama por metro cúbico) causa efeitos adversos à saúde humana e o uso de ozônio para desinfecção do ar geralmente não é recomendado se houver pessoas por perto⁸. Portanto, a desinfecção do ar com ozônio deve ser restrita apenas a salas desocupadas.

UVC

O espectro de luz UVC nada mais é que uma onda eletromagnética, na qual transportam uma quantidade de energia mínima, em proporção inversa ao seu comprimento de onda¹⁵. Sendo assim, quanto menor for o comprimento de onda, mais energética será a radiação transportada por ela. A radiação ultravioleta UV representa parte do espectro eletromagnético com o comprimento de onda menor que o da luz violeta, ou seja, uma faixa imediatamente mais energética do que a luz visível¹⁶⁻¹⁸. Devido à quantidade de energia transportada nas ondas UV, elas estão no limite denominado Região ionizante do espectro eletromagnético, isso indica que as ondas possuem condições de formar íons, o que significa ter condições de causar danos a moléculas de DNA^{19,20}.

Figura 3: Divisões das energias eletromagnéticas. **Fonte:** Akari lâmpadas especiais e leds IR UV²¹

Como pode ser visto na Figura 3, o espectro ultravioleta se situa entre a luz visível e os raios X. Pode se verificar que ela se divide em três regiões: UV-A, UV-B e UV-C. o espectro UVA (radiação de ondas longas) possuindo comprimento de 315 nm (nanômetro) até 400nm, UVB (radiação de ondas médias) 280nm até 315 e UVC (radiação de ondas curtas) de 100nm a 280nm²²⁻²⁷. A ação germicida da radiação UV se dá na região UV-C e no comprimento de onda de 208nm a 254nm, fora dessa região, a ação germicida é reduzida^{18,22,24,28,29}.

Esse espectro de luz possui duas fontes: natural ou artificial, sendo a fonte natural o Sol que gera os espectros UV-A, UV-B e UV-C e como fonte artificial, as lâmpadas. As lâmpadas com comprimento de onda longos e médios são utilizadas para bronzeamento artificial e luz negra, muito comum em decoração de ambientes. Já as lâmpadas de ondas curtas UV-C são destacadas por promoverem a ação germicida^{17,22,23,30,34}.

Quando a radiação UV interage com uma entidade biológica, seja uma bactéria, uma célula da nossa pele ou até um vírus, por ser ionizante, ela tem condições de causar

danos ao material genético^{19,20}. Dependendo dos fatores de exposição que foi comentado, esse processo pode matar a célula, a bactéria ou desativar um vírus^{22,35,36}.

Como pode ser visto nas Figuras 4 e 5, ao adentrar ao interior dos microrganismos, à radiação UVC provoca um dano fotoquímico instantâneo no DNA³⁷ (ácido nucleico – material genético essencial para todos os seres vivos) essa alteração no DNA causa efeito esterilizante independente do ambiente que esses organismos se encontram seja água ou ar^{22,36,38,39}.

Figura 4: Local de ação do espectro UVC nas células de um vírus. **Fonte:** Fabricante de lâmpadas AKARI²¹

Figura 5: Ação do espectro UVC em uma estrutura de DNA. **Fonte:** Fabricante de lâmpadas AKARI²¹

Apesar do uso das lâmpadas UVC de 254 nm para esterilização não deixar nenhum resíduo, é de conhecimento do meio acadêmico que esse comprimento de onda é prejudicial à pele e aos olhos, pois a exposição a radiações ionizantes tem poderes cancerígenos e catarogênicos⁴⁰⁻⁴². Os efeitos mais críticos em humanos e cobaias animais (geralmente ratos) é o câncer cutâneo causado por genotoxicidade⁴⁰.

Em tese, o Far- UVC é a luz ultravioleta que abrange o comprimento de onda de 207 a 222 nm, o qual mostrou-se tão eficiente quanto a luz ultravioleta germicida convencional em inativar microorganismos, mas não tem os problemas de saúde humana associados à luz ultravioleta germicida convencional. A explicação biofísica é que, devido ao seu curto intervalo em material biológico, a luz UVC (207 a 222 nm) não consegue penetrar no estrato córneo humano (camada externa de células mortas, espessura de 5 – 20 μm) nem mesmo no citoplasma das células de indivíduos humanos^{22,40,41,43}. Resumindo, a razão é que o Far-UVC tem um alcance em materiais biológicos de apenas alguns micrômetros e, portanto, não pode alcançar células humanas vivas na pele ou nos olhos^{22,38,44}.

Figura 6: Espectro medido de um irradiador (Lâmpada UVC 222 nm). Região UVC: a quantidade de UV de 230 – 235 nm é 0,26% da quantidade de UV de 200 – 230 nm, e a quantidade de UV de 235 – 280 é 0,13% da quantidade de UV de 200 – 230. Região UVB, a quantidade de UV de 280 – 320 nm é 0,04% da quantidade de UV de 200 – 230 nm⁴⁴. **Fonte:** Long-term Effects of 222 – nm ultraviolet radiation C Sterilizing Lamps on Mice Susceptible to Ultraviolet Radiation⁴⁴.

Mas como partículas nocivas são extremamente pequenas, o Far-UVC ainda pode penetrá-los e destruí-los^{17,22}. Até agora, a luz UVC tem quase as mesmas propriedades germicidas altamente eficazes da luz UV, mas sem os riscos para a saúde humana associados. Vários grupos propuseram que a luz Far-UVC (207 a 222 nm), que pode ser gerada usando lâmpadas, é uma tecnologia antimicrobiana eficiente e segura que pode ser implantada em locais públicos ocupados^{26,45,47}.

Metodologia

Essa pesquisa foi desenvolvida a partir de uma revisão sistemática, no qual foram realizadas buscas na literatura científica durante os meses de julho a novembro de 2020. Para a elaboração desta revisão sistemática, utilizou-se, em primeiro momento, a definição do objetivo geral, a solução do problema apresentado na introdução é como base de estudo, os artigos encontrados na literatura. Sendo assim, foram realizadas buscas nas bases de dados ScienceDirect, Web of Science, pubMED, SciELO, Google Scholar e World Wide Science, escolhidas por apresentarem a ferramenta que destaca e filtra as publicações relevantes para o tema. Após a leitura do artigo de embasamento “Far-UVC light (222 nm) efficiently and safe lyinactivates airborne human coronaviruses” a fim de filtrar as principais palavras chave, assim facilitaria o processo de triagem para a escolha dos artigos, limitando a quantidade de trabalhos e concentrando naqueles mais relevantes para o tema.

Durante esse processo, foram utilizados os termos “uvc” AND “wave” AND “ultraviolet” AND “radiation” AND “light” AND “intensity” para a busca dos artigos relacionados a UCV e para a busca de artigos relacionados a ozônio foram utilizados “ozone” AND “air” AND “disinfection” AND “virus” AND “bacteria” AND “environment” AND “decontamination” AND “airdecontamination”. Assim, foi definidas as strings de busca, na qual funcionasse corretamente com os operadores lógicos AND e OR, além de ser aplicável em todas as bases de busca. Tais strings se limitaram a apresentar termos como desinfecção (disinfection), radiação (radiation),

ultravioleta C (UVC), ozônio (ozone) e descontaminação do ar (air-decontamination). Destacando que para a pesquisa filtraram-se somente os artigos científicos de língua inglesa por conta de a literatura brasileira ser limitada acerca do tema, além de limitar o período de busca em 4 anos visando coletar somente informações mais recentes.

Figura 7: Fluxograma de seleção de artigos. **Fonte:** Autores

Como critério de inclusão buscou-se filtrar as publicações por 3 filtros distintos, conforme descrito no fluxograma da Figura 7. No primeiro filtro foi realizada a leitura parcial do artigo, sendo lido título, resumo e palavras-chave, com o propósito de identificar semelhanças entre o objetivo da revisão sistemática e o artigo lido.

No segundo, para os artigos que passaram no primeiro filtro foi feita a leitura da metodologia, tendo como objetivo escolher produções científicas que demonstram uma parte experimental mais elaborada. Por fim, no terceiro e último filtro, foi realizada a leitura completa dos artigos, com o propósito de coletar as informações chaves que se ligam ao objetivo proposto desta revisão. Para mais, durante esta etapa observaram-se os critérios de qualificação como a quantidade de citações, qualidade do periódico, ano de publicação, variabilidade de amostragem do experimento e H-Index da autoria. Para a aplicação de ambos os critérios se utilizou a ferramenta StArt, na qual facilita a separação dos artigos em cada fase.

Resultados

Por meio de busca preliminar na bibliografia, foram encontrados cerca de 205 artigos, conforme mostra a Figura 8, contemplando as bases de buscas utilizadas, conforme critérios de escolha expostos na metodologia.

Figura 8: Publicações por plataformas. **Fonte:** Autores

A curva de tendência de publicações aumentou nos últimos anos, visto que a preocupação com agentes patológicos é algo bastante atual. A disseminação desses agentes é feita rapidamente devido à globalização e à facilidade do acesso ao transporte por todas as classes. Aplicando os critérios descritos na metodologia, foi possível realizar uma filtragem dos 205 artigos para 44 catalogados na Tabela 1, contendo um extrato simplificado de cada publicação com título do trabalho, revista publicada, Qualis, número de citações, autor principal e ano de publicação. Nota-se os trabalhos que possuem grande relevância para o desenvolvimento dessa pesquisa foram publicados em revistas em sua grande maioria com Qualis A e algumas de peso, como Nature, contendo diversas citações, mostrando a tamanha relevância dos resultados publicados.

Dos artigos selecionados para leitura, foi feito um teorema de pareto demonstrando o interesse de cada país no assunto vigente, representado no gráfico da Figura 9.

Figura 9: Publicações selecionadas por países. **Fonte:** Autores

Com a recente descoberta da Covid-19, uma variação do sars vírus que tem a capacidade de permanecer infeccioso em superfícies por longos períodos, indica ser um vírus resistente quando comparado com outros vírus envelopados (vírus que possuem externamente uma camada lipídica)^{13,48}. Previsivelmente, desinfetantes como alvejantes, fenol e formaldeídos foram considerados eficazes na desativação do vírus; os detergentes, entretanto, foram menos eficientes¹⁰. O ozônio oferece a vantagem de por conta de ser um gás, sua

capacidade de adentrar e desinfetar espaços de difícil acesso^{8,13,48}. Além disso, o gás ozônio O_3 possui uma vida útil relativamente baixa revertendo-se para oxigênio após uma hora⁸.

No artigo Ozone Disinfection of SARS-Contaminated Areas escrito pelos pesquisadores Kenneth K. LAM B.Sc. (Hons), M. Phil.⁸ com o propósito de testar a eficácia do ozônio O_3 na redução de formação de colônias de bactérias transportadas pelo ar, uma sala de $12m^2$ de área foi escolhida para o teste⁸. Por conta do ozônio em altas quantidades ser prejudicial a sala foi evacuada antes do experimento. Para as dimensões da sala, foi utilizado um gerador de ozônio com vazão de saída de 2g/h, este gerador tem a capacidade de manter altas concentrações de ozônio (0,5 – 5 ppm) no interior da sala (Figura 10)⁸. Foi utilizado também um ventilador para garantir uma boa distribuição de ozônio. Após fechar todas as portas e janelas, o gerador foi ligado por um dispositivo remoto localizado do lado de fora para iniciar o processo de ozonização⁸. A concentração de ozônio foi monitorada através de um sensor digital. Foram testados 3 níveis diferentes de ozônio sendo eles 0,5, 2,5 e 5 ppm (ppm parte por milhão, 1 ppm é igual 1 g/m³)⁸. Após o desligamento do gerador, o nível de ozônio na sala começou a cair gradativamente a medida que estava se auto decompondo em oxigênio⁸. Por razões de segurança, só foi liberada a entrada de pessoas na sala quando o nível de ozônio no ambiente estava abaixo de 0,02 ppm⁸. Em geral, a concentração de ozônio demora cerca de 60 minutos para atingir concentrações seguras após o desligamento do gerador⁸.

Figura 10: Processo de ozonização (0.5 ppm por 30 minutos.). **Fonte:** Yang J-H, Wu U-I, Tai H-M, Sheng W-H. Effectiveness of an ultraviolet-C disinfection system for reduction of healthcare-associated pathogens. J Microbiol Immunol Infect. 2019;52(3):487-493. doi:10.1016/j.jmii.2017.08.017⁸

Tabela 1: Resultado dos artigos catalogados. **Fonte:** Autores

TÍTULO	REVISTA	QUALIS	CITAÇÕES	AUTOR PRINCIPAL	ANO
Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses	Nature	A1	48	Manuela Buonanno	2020
Improving Indoor Air Quality through the Use of Ultraviolet Technology in Commercial Buildings	Sciencedirect	A2	8	Danielde Robles P.E.	2017
Efficacy of manual cleaning and an ultraviolet C room decontamination device in reducing health care-associated pathogens on hospital floors	American Journal of Infection Control	A1	15	AishatMustapha	2018
Investigation of ultrafast optical nonlinearities in novel bis-chalcone derivatives	OPTICS AND LASER TECHNOLOGY	A1	2	YongYang	2020
Ozone Disinfection of SARS-Contaminated Areas	PLOS ONE	A1	17	Marie-Eve Dubuis	2020
Ozone and oxidation therapies as a solution to the emerging crisis in infectious disease management: A review of current knowledge and experience	Medical GasResearch	B2	15	Robert Jay Rowen	2019
Inactivation of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) by gaseous ozone treatment	Journalof Hospital Infection	B2	0	H. Yano	2020
On airborne transmission and control of SARS-Cov-2	Science of The Total Environment	A1	37	Maosheng Yao	2020
Bactericidal Effects of High Airborne Ozone Concentrations on Escherichia coli and Staphylococcus aureus	Ozone: Science & Engineering	A2	107	Wladyslaw J. Kowalski	1997
Potential Cytoprotective Activity of Ozone Therapy in SARS-CoV-2/COVID-19	ANTIOXIDANTS	B1	32	Gregorio Martínez-Sánchez	2020

Tabela 1: Resultado dos artigos catalogados. **Fonte:** Autores - *continuação*

TÍTULO	REVISTA	QUALIS	CITAÇÕES	AUTOR PRINCIPAL	ANO
Ozone efficacy for the control of airborne viruses: Bacteriophage and norovirus models	PLOS ONE	A1	17	Marie-Eve Dubuis	2020
A novel upper-room UVC-LED irradiation system for disinfection of indoor bioaerosols under different operating and airflow conditions	Journal of Hazardous Materials	A1	1	SundayS.Nunayon	2020
In-Room Ultraviolet Air Filtration Units Reduce Airborne Particles During Total Joint Arthroplasty	journal of orthopaedic research	A2	1	Hiba K Anis	2020
Exploratory clinical trial on the safety and bactericidal effect of 222-nm ultraviolet C irradiation in healthy humans	PLOS ONE	A1	3	Tomoaki Fukui	2020
Disinfection of Pseudomonas aeruginosa biofilm contaminated tube lumens with ultraviolet C light emitting diodes	Biofouling	A1	42	Jimmy Bak	2010
Impact of an ultraviolet air sterilizer on cardiac surgery patients, a randomized clinical trial	medicina clinica	B2	2	María Heredia-Rodríguez	2018
Enhanced terminal room disinfection and acquisition and infection caused by multidrug-resistant organisms and Clostridium difficile (the Benefits of Enhanced Terminal Room Disinfection study): a cluster-randomised, multicentre, crossover study	The Lancet	A1	187	DJ Anderson	2017
207-nm UV light - A promising tool for safe low-cost reduction of surgical site infections. II: In-vivosafety studies	PLOS ONE	A1	47	M Buonanno	2016
Decontamination and reuse of N95 filtering facemask respirators: A systematic review of the literature	American Journal of Infection Control	A1	16	CE Rodriguez-Martinez	2020

Tabela 1: Resultado dos artigos catalogados. **Fonte:** Autores - *continuação*

TÍTULO	REVISTA	QUALIS	CITAÇÕES	AUTOR PRINCIPAL	ANO
Shining a light on the pathogenicity of health care providers' mobile phones: Use of a novel ultraviolet-C wave disinfection device	American Journal of Infection Control	A1	3	S Malhotra	2020
Can ultraviolet light C decrease the environmental burden of antimicrobial-resistant and -sensitive bacteria on textiles?	veterinarydermatology	B1	4	JJ Bentley	2016
Time Effectiveness of Ultraviolet C Light (UVC) Emitted by Light Emitting Diodes (LEDs) in Reducing Stethoscope Contamination	INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH AND PUBLIC HEALTH	A2	28	Gabriele Messina	2016
Ultraviolet Light Fights New Virus	Engineering	A1	2	Dana Mackenzie	2020
Disposable masks: Disinfection and sterilization for reuse, and non-certified manufacturing, in the face of shortages during the COVID-19 pandemic	Safety Science	A1	39	JC Rubio-Romero	2020
Ultra violet germicidalir radiation of influenza-contaminated N95 filteringfacepiecerespirators	American Journal of Infection Control	A1	158	D Mills	2018
Applications of ultraviolet germicidal irradiation disinfection in health care facilities: Effective adjunct, but not stand-alone technology	American Journal of Infection Control	A1	135	F Memarzadeh	2010
Effectiveness of an ultraviolet-C disinfection system for reduction of healthcare-associated pathogens	Journal of Microbiology, Immunology and Infection	A2	23	Jui-Hsuan Yang	2019
Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases	Nature	A1	114	D Welch	2018
Evaluation of a low-intensity ultraviolet-C radiation device for decontamination of computer keyboards	American Journal of Infection Control	A1	8	AA Shaikh	2016

Tabela 1: Resultado dos artigos catalogados. Fonte: Autores - *continuação*

TÍTULO	REVISTA	QUALIS	CITAÇÕES	AUTOR PRINCIPAL	ANO
Microbiological evaluation of UV disinfection effectiveness in a specialist cystic fibrosis clinic	Journal of Cystic Fibrosis	A2	1	O Allen	2019
The uses and limitations of a hand-held germicidal ultraviolet wand for surface disinfection	Journal of Occupational and Environmental Hygiene	-	4	G Byrns	2017
Effectiveness of ultraviolet-c light and a high-level disinfection cabinet for decontamination of n95 respirators	PATHOGENS AND IMMUNITY	-	37	JL Cadnum	2020
THE STRUCTURE OF DNA	HARBOR SYMPOSIA ON QUANTITATIVE BIOLOGY	B1	2048	JD Watson	1953
Further evidence that far-UVC for disinfection is unlikely to cause erythema or pre-mutagenic DNA lesions in skin.	PHOTODERMATOLOGY, PHOTOIMMUNOLOGY & PHOTOMEDICINE	B1	6	Isla Rose Mary Barnard	2020
Ultraviolet-C decontamination of a hospital room: Amount of UV light needed	Burns	A2	18	Marie Lindblad	2020
Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses	Nature	A1	48	Manuela Buonanno	2020
Norovirus recovery from floors and air after various decontamination protocols	Journal of Hospital Infection	B2	4	C L Ciofi-Silva	2019
Clinical, operational, and financial impact of an ultraviolet-C terminal disinfection intervention at a community hospital	American Journal of Infection Control	A1	10	Robert Raggi	2018
Ultraviolet C light with wavelength of 222 nm inactivates a wide spectrum of microbial pathogens	Journal of Hospital Infection	B2	7	Kouji Narita	2020

Tabela 1: Resultado dos artigos catalogados. **Fonte:** Autores - *continuação*

TÍTULO	REVISTA	QUALIS	CITAÇÕES	AUTOR PRINCIPAL	ANO
Long-term Effects of 222-nm ultraviolet radiation C Sterilizing Lamps on Mice Susceptible to Ultraviolet Radiation	Photochemistry and Photobiology	A1	12	Nozomi Yamano	2020
Efficacy of an automated ultraviolet C device in a shared hospital bathroom	American Journal of Infection Control	A1	10	Jesse Cooper	2016
Viability evaluation of layered cell sheets after ultraviolet light irradiation of 222 nm	Regenerative Therapy		0	Nami Hanamura	2020
Comparative effectiveness of rapid-cycle ultraviolet decontamination to chemical decontamination on high-touch communication devices	American Journal of Infection Control	A1	1	Marisol Resendiz	2019
Bioactive Lipids in COVID-19-Further Evidence	Archives of Medical Research	A2	2	Einstein, A., B. Podolsky	2020
Characterization of Ozone Disinfection of Murine Norovirus	ASM	A2	67	MY Lim	2010

A quantidade de bactérias transportadas pelo ar na sala foi medida antes e após cada processo de ozonização, essa medição foi realizada utilizando um exibidor de estágio único Andersen N-6 com Agar em uma placa de petri⁴. Para cada amostragem, foram coletados 283 litros de ar⁸. A placa de petri foi incubada a 35 °C por 48 horas antes da contagem⁸. A eficiência da desinfecção através do ozônio em diferentes concentrações pode ser observada na Tabela 2⁸.

Tabela 2⁸: Redução de bactérias transportadas pelo ar após ozonização. **Fonte:** Autores

Concentração de ozônio (0,5 ppm)	0,5	2,5	5
Antes da ozonização (CFU/m ³)	592	612	552
Depois da ozonização (CFU/m ³)	169	42	57
Redução (%)	71,5	93,1	89,6

Os resultados mostram que o ozônio é eficaz na redução de bactérias transportadas pelo ar⁸. No nível de ozônio mais alto, o efeito de esterilização aumentou mais de 90% do ar, assim as bactérias podem ser reduzidas na concentração de 2,5 ppm⁴. O aumento de concentração de ozônio para 5 ppm não foi benéfico na redução de bactérias⁸. No artigo Bactericidal Effects of High Airborne Ozone Concentration on Escherichia coli and Staphylococcus aureus escrito pelos pesquisadores WJ Kowalski, WP Bahnfleth ETS Whittam que realizaram um experimento semelhante expondo placas de petri com Escherichia coli e Staphylococcus aureus a concentrações altas de ozônio, neste segundo experimento, foi alcançada uma taxa de mortalidade superiores a 99,99% para ambas as espécies¹². A diminuição da taxa de mortalidade do primeiro experimento se dá pelo fato de que a sala

testada não estava 100% vedada, pois a porta era aberta brevemente após cada amostragem de ar para a troca das placas de petri ou seja era inevitável a troca de ar¹². Embora a temperatura e o pH do ozônio sejam um fator crucial na eficácia do ozônio como agente germicida o artigo Characterization of Ozone Disinfection of Murine Norovirus afirma que, tanto a 20 ° C quanto a 5 ° C, o a taxa de inativação foi maior em pH 5,6 do que em pH 7, isso diferença foi significativa com base no modelo EFH (P 0,05 pelo teste F)⁴⁹. O MNV foi inativado pelo ozônio mais rapidamente em temperaturas mais baixas do que em temperaturas mais altas, mas a diferença não foi significativa⁴⁹.

Em contrapartida, os pesquisadores H. Yano R. Nakano Y. Suzuki A. Nakano K. Kasahara H. Hosoi que realizaram um experimento semelhante aos citados, porém utilizando uma cepa de SARS-CoV-2, que foi isolada e fornecida pelo National Institute of Infectious Diseases, Japan¹⁰. As culturas de vírus foram colhidas por dois ciclos de congelamento e descongelamento e clarificadas por centrifugação de 10.000 g por 15 min a 4 ° C²². Sendo submetido o sobrenadante à ultrafiltração, as placas foram deixadas secar antes da exposição ao gás ozônio e expostas ao ozônio imediatamente após a secagem. As placas foram colocadas em uma caixa de acrílico hermética à prova de ozônio (altura: 23 cm, profundidade: 30 cm, largura: 40 cm) com o dispositivo gerador de gás ozônio (TM-04OZ; Tamura TECO Ltd., Japão) e tinham 15 cm longe do dispositivo¹⁰. As placas foram então expostas a uma concentração de 1,0 ppm de ozônio por 60 minutos (concentração-tempo e 6,0 ppm de ozônio a 55 min, à temperatura de 25 ° C e umidade relativa de 60-80%)³⁰. Em cada experimento, placas colocadas por 60 ou 55 minutos sem exposição ao ozônio foram usadas como controle. Este estudo foi conduzido em um laboratório BSL-3 na Nara Medical University¹⁰. O ensaio de placa antes da exposição ao ozônio foi de $1,7 \times 10^7$ pfu / mL. O título após a exposição de 1,0 ppm de ozônio em 60 min foi $1,7 \times 10^4$ em comparação com $5,8 \times 10^5$ pfu / mL para o controle¹⁰. Após a exposição a 6,0 ppm de ozônio em 55 min, o título foi menor ou igual a

$1,0 \times 10^3$ pfu / mL, em comparação com $2,0 \times 10^6$ pfu / mL para o controle¹⁰. O título diminuiu significativamente após a exposição ao ozônio, sugerindo que o ozônio inativou o SARS-CoV-210.

Revisando a bibliografia, assim como o ozônio o uso do espectro C do ultravioleta, elimina agentes patogênicos, pois passa através da parede celular destruindo o material genético do mesmo, no qual a onda 222 – nm, contém características germicidas sem provocar problemas de saúde aos humanos expostos, porém apresenta um problema de dimensionamento em que a exposição para determinados sistemas é diferente, para sítios com humanos, a exposição recomendada é cerca de 500 [mJ / cm²], demandando mais tempo para maior eficácia do sistema^{4,17,44,45}.

Segundo o artigo por Fukui, T. *et al.* Exploratory clinical trial on the safety and bactericidal effect of 222 – nm ultraviolet C irradiation in healthy humans, um experimento foi desenvolvido com 20 voluntários saudáveis com objetivo de testar a exposição ao UVC¹⁷. O dorso dos voluntários foi irradiado com UVC 222 – nm a 50 – 500 [mJ / cm²] e o eritema induzido (vermelhidão da pele) foi avaliado. Posteriormente, o dorso dos voluntários foram irradiados com quantidade máxima de UVC não causando eritema, e os swabs de pele antes e após a irradiação foram cultivados¹⁷. O número de colônias formadas após 24 horas foi medido, além disso, o dímero de ciclobuteno pirimidina (CPD) como um indicador de dano ao DNA foi medido usando tecidos da pele das regiões não irradiadas e irradiadas¹⁷. Todos os indivíduos não apresentaram eritema em todas as doses. As costas dos voluntários foram irradiadas a 500 [mJ / cm²], e o número de colônias bacterianas encontrados nos swabs foi significativamente diminuído pela irradiação UVC de 222 – nm como pode ser visto na Figura 11¹⁷. A quantidade de CPD produzida na região irradiada foi ligeiramente, mas significativamente maior do que na região não irradiada¹⁷.

Figura 11: Número de colônias bacterianas em suspensão no swab. **Fonte:** Exploratory clinical trial on the safety and bactericidal effect of 222-nm ultraviolet C irradiation in healthy humans¹⁷.

Na Figura 12, é demonstrado o processo experimental realizado pelos pesquisadores Manuela Buonanno, David Welch, Igor Shuryak & David J. Brenner publicados na revista Nature, no qual foram irradiados por FAR UVC células pulmonares infectadas a partir de alfa e beta HCoV⁴. A fluorescência verde indica qualitativamente as células infectadas e em azul DAPI é um marcador fluorescente que se liga fortemente a regiões de DNA ricas em adenina-timina⁴. Os resultados do experimento sugerem que ambas as cepas de coronavírus estudadas têm alta sensibilidade semelhante a UVC distante ativação⁴. A regressão linear robusta produziu intervalos de confiança de 95% sobrepostos para a taxa de inativação coronavírus têm tamanhos genômicos semelhantes, o que é um determinante primário da sensibilidade UVC, é razoável esperar que a luz UVC distante mostre uma eficiência de inativação semelhante contra todos os coronavírus humanos, incluindo SARS-CoV-2. Os dados obtidos neste experimento são consistentes com esta hipótese⁴.

Figura 12: Ação da radiação UVC (222nm) em secreção pulmonar infectada com alfa e beta HCoV. **Fonte:** Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses⁴

O mesmo experimento foi feito com ratos por outro grupo de pesquisadores, em que as cobaias foram expostas a diversas ao comprimento de onda de 222 nm, 254 nm e BB-UVB44. Na Figura 13, é possível identificar que o espectro de 222 não causou nenhuma resposta inflamatória na pele quanto nos olhos, diferente do comprimento de onda BB-UVB (305 – 325 nm) que é notória a formação de inflamação na retina e na derme da cobaia⁴⁴.

Figura 13: Resultados da córnea e epiderme das cobaias para cada irradiador. **Fonte:** Long-term Effects of 222-nm ultraviolet radiation C Sterilizing Lamps on Mice Susceptible to Ultraviolet Radiation⁴⁴.

A utilização conjunta ou separada de ambos os métodos apresentados se faz bastante necessária visto a atual necessidade de desinfecção de áreas públicas. Já sendo realizada a pesquisa com testes experimentais por meio da utilização das duas tecnologias aplicadas em uma plataforma totalmente móvel e autônoma com sistema integrado de luz UVC + O₃, ventilação e ultrafiltração, o que permite a coleta de dados e tornando viável a aprimoração desses meios de desinfecção aplicados em conjunto conforme Figura 14.

Figura 14: (a) Proposta inicial do Duo Cannon com esboço do protótipo. (b) Teste preliminares com protótipo. **Fonte:** Autores.

A Tecnologia proposta foi denominada Duo Cannon, que atua como dois canhões contra os minúsculos patógenos em suspensão no ar e em superfícies, faz uso do canhão (1) UVC e canhão (2) Ozônio. Esta solução foi desenvolvida pensando em um primeiro momento nos agentes de saúde, que são os mais suscetíveis a serem infectados nos hospitais. Depois ampliando a sua aplicação para os mais variados ambientes, como em áreas de convívio público, transportes públicos, ambulâncias, indústrias em geral, farmácias, bancos, Instituto Médico Legal, escolas, academias, entre outros, mostrando grandes perspectivas futuras para o avanço dos testes experimentais e aplicações.

Conclusão

Essa descoberta abre um leque de oportunidades para futuros projetos de salas limpas, salas de cirurgias, sistemas de ar-condicionado e praticamente todos os sistemas de fluido nos quais possa haver agentes patológicos. De modo que a irradiação UVC de 222 nm e insuflação de ozônio demonstraram aplicações relevantes no tratamento de infecções de sítio cirúrgico e no controle de patógenos transmitidos pelo ar e por alimentos. Ambos os meios de mitigação quando comparados com outros elementos já utilizados tem a vantagem de não deixar resíduos tornando a área segura após a utilização. O gás ozônio pode atingir todos os cantos do ambiente, incluindo locais que podem ser difíceis de obter com líquidos convencionais e procedimentos de limpeza manual. Além disso, o gás ozônio é muito fácil de fabricar, pois é produzido por eletrólise e não requer reposição de matéria-prima.

Referências

1. Huang, C. *et al.* Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet* 395, 497–506 **2020**.
2. Ma, J. Coronavirus: China's first confirmed Covid-19 case traced back to November 17. <https://www.scmp.com/news/china/society/article/3074991/coronavirus-chinas-first-confirmed-covid-19-case-traced-back>.
3. OMS. WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard. <https://covid19.who.int/>.

4. Buonanno, M., Welch, D., Shuryak, I. & Brenner, D. J. Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses. *Sci. Rep.*10, 10285 **2020**.
5. de Robles, D. & Kramer, S. W. Improving Indoor Air Quality through the Use of Ultraviolet Technology in Commercial Buildings. *Procedia Eng.*196, 888–894 **2017**.
6. Mustapha, A., Alhmidi, H., Cadnum, J. L., Jencson, A. L. & Donskey, C. J. Efficacy of manual cleaning and an ultraviolet C room decontamination device in reducing health care–associated pathogens on hospital floors. *Am. J. Infect. Control*46, 584–586 **2018**.
7. Yang, Y. *et al.* Investigation of ultrafast optical nonlinearities in novel bis-chalcone derivatives. *Opt. Laser Technol.*123, 105903 **2020**.
8. LAM, K. K. K. Ozone Disinfection of SARS-Contaminated Areas. *2860*, 1–6 **2003**.
9. Rowen, R. J. Ozone and oxidation therapies as a solution to the emerging crisis in infectious disease management: A review of current knowledge and experience. *Med. Gas Res.*9, 232–237 **2019**.
10. Yano, H. *et al.* Inactivation of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) by gaseous ozone treatment. *J. Hosp. Infect.*106, 837–838 **2020**.
11. Yao, M., Zhang, L., Ma, J. & Zhou, L. On airborne transmission and control of SARS-Cov-2. *Sci. Total Environ.*731, 139178 **2020**.
12. Kowalski, W. J., Bahnfleth, W. P. & Whittam, T. S. Bactericidal Effects of High Airborne Ozone Concentrations on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Ozone Sci. Eng.*20, 205–221 **1998**.
13. Martínez-Sánchez, G., Schwartz, A. & Di Donna, V. Potential Cytoprotective Activity of Ozone Therapy in SARS-CoV-2/COVID-19. *Antioxidants*9, 389 **2020**.
14. Dubuis, M.-E. *et al.* Ozone efficacy for the control of airborne viruses: Bacteriophage and norovirus models. *PLoS One*15, e0231164 **(2020)**.
15. Nunayon, S. S., Zhang, H. H. & Lai, A. C. K. A novel upper-room UVC-LED irradiation system for disinfection of indoor bioaerosols under different operating and airflow conditions. *J. Hazard. Mater.*396, 122715 **2020**.
16. Anis, H. K. *et al.* In-Room Ultraviolet Air Filtration Units Reduce Airborne Particles During Total Joint Arthroplasty. *J. Orthop. Res.*38, 431–437 **2020**.
17. Fukui, T. *et al.* Exploratory clinical trial on the safety and bactericidal effect of 222-nm ultraviolet C irradiation in healthy humans. *PLoS One*15, 1–13 **2020**.
18. Bak, J., Ladefoged, S. D., Tvede, M., Begovic, T. & Gregersen, A. Disinfection of *Pseudomonas aeruginosa* biofilm contaminated tube lumens with ultraviolet C light emitting diodes. *Biofouling* 26, 31–38 **2010**.
19. Heredia-Rodríguez, M. *et al.* Impact of an ultraviolet air sterilizer on cardiac surgery patients, a randomized clinical trial. *Med. Clin. (Barc.)*151, 299–307 **2018**.
20. Anderson, D. J. *et al.* Enhanced terminal room disinfection and acquisition and infection caused by multidrug-resistant organisms and *Clostridium difficile* (the Benefits of Enhanced Terminal Room Disinfection study): a cluster-randomised, multicentre, crossover study. *Lancet*389, 805–814 **2017**.
21. Akari. O mais seguro e moderno sistema de descontaminação de água e ar: a Luz Ultravioleta C. <https://www.akarilampadas.com.br/aplicacoes/introducao-a-luz-ultravioleta-uv-c.php>.
22. Buonanno, M. *et al.* 207-nm UV light - A promising tool for safe low-cost reduction of surgical site infections. II: In-vivo safety studies. *PLoS One*11, 1–12 **2016**.
23. Rodriguez-Martinez, C. E., Sossa-Briceño, M. P. & Cortés, J. A. Decontamination and reuse of N95 filtering facemask respirators: A systematic review of the literature. *Am. J. Infect. Control*48, 1520–1532 **2020**.
24. Malhotra, S. *et al.* Shining a light on the pathogenicity of health care providers' mobile phones: Use of a novel ultraviolet-C wave disinfection device. *Am. J. Infect. Control*48, 1370–1374 **2020**.
25. Bentley, J. J., Santoro, D., Gram, D. W., Dujowich, M. & Marsella, R. Can ultraviolet light C decrease the environmental burden of antimicrobial-resistant and -sensitive bacteria on textiles? *Vet. Dermatol.*27, 457-e121 **2016**.
26. Messina, G. *et al.* Time Effectiveness of Ultraviolet C Light (UVC) Emitted by Light Emitting Diodes (LEDs) in Reducing Stethoscope Contamination. *Int. J. Environ. Res. Public Health*13, 940 **(2016)**.
27. Mackenzie, D. Ultraviolet Light Fights New Virus. *Engineering*6, 851–853 **2020**.
28. Rubio-Romero, J. C., Pardo-Ferreira, M. del C., Torrecilla-García, J. A. & Calero-Castro, S. Disposable masks: Disinfection and sterilization for reuse, and non-certified manufacturing, in the face of shortages during the COVID-19 pandemic. *Saf. Sci.*129, 104830 **2020**.
29. Mills, D., Harnish, D. A., Lawrence, C., Sandoval-Powers, M. & Heimbuch, B. K. Ultraviolet germicidal irradiation of influenza-contaminated N95 filtering facepiece respirators. *Am. J. Infect. Control*46, e49–e55 **2018**.
30. Memarzadeh, F., Olmsted, R. N. & Bartley, J. M. Applications of ultraviolet germicidal irradiation disinfection in health care facilities: Effective adjunct, but not stand-alone technology. *Am. J. Infect. Control*38, S13–S24 **2010**.
31. Yang, J.-H., Wu, U.-I., Tai, H.-M. & Sheng, W.-H. Effectiveness of an ultraviolet-C disinfection system for reduction of healthcare-associated pathogens. *J. Microbiol. Immunol. Infect.*52, 487–493 **2019**.

32. Welch, D. *et al.* Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases. *Sci. Rep.*8, 2752 **2018**.
33. Shaikh, A. A. *et al.* Evaluation of a low-intensity ultraviolet-C radiation device for decontamination of computer keyboards. *Am. J. Infect. Control*44, 705–707 **2016**.
34. Allen, O. *et al.* Microbiological evaluation of UV disinfection effectiveness in a specialist cystic fibrosis clinic. *J. Cyst. Fibros.*18, e37–e39 **2019**.
35. Byrns, G. *et al.* The uses and limitations of a hand-held germicidal ultraviolet wand for surface disinfection. *J. Occup. Environ. Hyg.*14, 749–757 **(2017)**.
36. Cadnum, J. L. *et al.* Effectiveness of ultraviolet-c light and a high-level disinfection cabinet for decontamination of n95 respirators. *Pathog. Immun.*5, 52–67 **2020**.
37. Watson, J. D. & Crick, F. H. C. THE STRUCTURE OF DNA. *Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol.*18, 123–131 **1953**.
38. Barnard, I. R. M., Eadie, E. & Wood, K. Further evidence that far-UVC for disinfection is unlikely to cause erythema or pre-mutagenic DNA lesions in skin. *Photodermatol. Photoimmunol. Photomed.*36, 476–477 **2020**.
39. Lindblad, M., Tano, E., Lindahl, C. & Huss, F. Ultraviolet-C decontamination of a hospital room: Amount of UV light needed. *Burns*46, 842–849 **2020**.
40. Buonanno, M., Welch, D., Shuryak, I. & Brenner, D. J. Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses. *Sci. Rep.*10, 1–8 **2020**.
41. Ciofi-Silva, C. L. *et al.* Norovirus recovery from floors and air after various decontamination protocols. *J. Hosp. Infect.*103, 328–334 **2019**.
42. Raggi, R., Archulet, K., Haag, C. W. & Tang, W. Clinical, operational, and financial impact of an ultraviolet-C terminal disinfection intervention at a community hospital. *Am. J. Infect. Control*46, 1224–1229 **2018**.
43. Narita, K. *et al.* Ultraviolet C light with wavelength of 222 nm inactivates a wide spectrum of microbial pathogens. *J. Hosp. Infect.*105, 459–467 **2020**.
44. Yamano, N. *et al.* Long-term Effects of 222-nm ultraviolet radiation C Sterilizing Lamps on Mice Susceptible to Ultraviolet Radiation. *Photochem. Photobiol.*96, 853–862 **2020**.
45. Cooper, J., Bryce, E., Astrakianakis, G., Stefanovic, A. & Bartlett, K. Efficacy of an automated ultraviolet C device in a shared hospital bathroom. *Am. J. Infect. Control*44, 1692–1694 **2016**.
46. Hanamura, N., Ohashi, H., Morimoto, Y., Igarashi, T. & Tabata, Y. Viability evaluation of layered cell sheets after ultraviolet light irradiation of 222 nm. *Regen. Ther.*14, 344–351 **2020**.
47. Resendiz, M., Horseman, T. S., Lustik, M. B., Nahid, A. & West, G. F. Comparative effectiveness of rapid-cycle ultraviolet decontamination to chemical decontamination on high-touch communication devices. *Am. J. Infect. Control*47, 1135–1139 **2019**.
48. Das, U. N. Bioactive Lipids in COVID-19-Further Evidence. *Arch. Med. Res.* **2020** doi:10.1016/j.arcmed.2020.09.006.
49. Lim, M. Y., Kim, J.-M., Lee, J. E. & Ko, G. Characterization of Ozone Disinfection of Murine Norovirus. *Appl. Environ. Microbiol.*76, 1120–1124 **2010**.

**Guilherme V. L. Silva*,
Gustavo M. Camargo,
José A. S. Neto, Igor D.
Borges, Cláudio F. Oliveira &
Rosemberg R. F. Nunes**

Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA. Avenida
Universitária, km 3,5, Centro Universitário, Anápolis, Goiás,
Brasil.

*E-mail: vcguilherme@hotmail.com