

**Discursos sobre tecnologias de desinfecção pós-pandêmicas: luz ultravioleta germicida,
fotocatálise e ozônio**

**Discourses about the post-pandemic disinfection technologies: germicide ultraviolet light,
photocatalysis and ozone**

**Discursos sobre las tecnologías de desinfección post pandémicas: luz ultravioleta
germicida, fotocátalisis y ozono**

Recebido: 06/02/2022 | Revisado: 28/03/2022 | Aceito: 28/07/2022 | Publicado: 28/07/2022

Laura Victória Souza Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3675-9652>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: d2021004604@unifei.edu.br

Leonardo Tiago Evangelista

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2535-5433>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: d2021010746@unifei.edu.br

Marcela Matuyama Morandi

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6373-4157>

Universidade federal de Itajubá, Brasil

E-mail: d2021005002@unifei.edu.br

Ricardo Luiz Perez Teixeira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2641-4036>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: ricardo.luiz@unifei.edu.br

Priscilla Chantal Duarte Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5148-2423>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: priscillachantal@unifei.edu.br

Resumo

As novas tecnologias produzidas para minimizar os efeitos negativos de hoje serão consideradas uma medida básica de segurança no cenário pós-pandêmico, pois elas estabelecem uma barreira contra doenças infectocontagiosas. O objetivo deste artigo é discorrer sobre as possíveis novas tecnologias de desinfecção do futuro, mostrando suas vantagens, desafios e o progresso em seus desenvolvimentos no presente momento. Cabines de desinfecção de EPIs e objetos, filtragem do ar e meios de esterilização de ambientes, por meio da fotocatalise, ozônio, radiação ultravioleta, são irrefutáveis aliados à segurança biológica da espécie humana. Realiza-se uma revisão narrativa da literatura a partir prática baseada em evidência. A seleção dos estudos se deu a partir de uma busca de artigos com a temática de inovações tecnológicas na biossegurança. Os resultados apontam que as tecnologias pesquisadas são eficazes no combate do novo coronavírus e em outros micro-organismos nocivos à saúde humana, não se limitando à esterilização, mas também em diversas áreas de descontaminação, como o agronegócio e saneamento básico. Sendo assim, conclui-se que essas tecnologias podem ser utilizadas como protocolos de biossegurança e meios eficazes de controle epidemiológico. Os estudos mostram que essas tecnologias possuem ainda a habilidade de destruir agentes patogênicos por meio da radiação destruindo genomas, ou atacando e perfurando a parede celular, ou por meio de processos químicos de oxirredução.

Palavras-Chave: Tecnologias; Biossegurança; Desinfecção; Radiação ultravioleta; Ozônio; Fotocatalise.

Abstract

The innovative technologies produced to minimize the negative effects of today will be considered a basic safety measure in the post-pandemic scenario, as they establish a barrier against infectious diseases. The aim of this article is to discuss possible new disinfection technologies of the future, showing their advantages, challenges, and the progress in their development at the present time. Disinfection booths for PPE and objects, air filtration, and means of sterilizing environments by means of photocatalysis, ozone, and ultraviolet radiation are irrefutable allies to the biological security of the human species. A narrative review of the literature from evidence-based practice is performed. The selection of studies was based on a search for articles with the theme of technological innovations in biosafety. The results show that the researched technologies are effective in combating the new coronavirus and other microorganisms harmful to human health, not limited to sterilization, but also in several areas

of decontamination, such as agribusiness and sanitation. Therefore, we conclude that these technologies can be used as biosafety protocols and effective means of epidemiological control. Studies show that these technologies also could destroy pathogens by means of radiation destroying genomes, or by attacking and piercing the cell wall, or by means of chemical oxireduction processes.

Keywords: Technologies; Biosafety; Disinfection; Ultraviolet radiation; Ozone; Photocatalysis.

Resumen

Las nuevas tecnologías producidas para minimizar los efectos negativos de hoy en día se considerarán una medida de seguridad básica en el escenario post-pandémico, ya que establecen una barrera contra las enfermedades infecciosas. El objetivo de este artículo es discutir las posibles nuevas tecnologías de desinfección del futuro, mostrando sus ventajas, retos y los avances en su desarrollo en la actualidad. Las cabinas de desinfección de EPIs y objetos, la filtración del aire y los medios de esterilización de ambientes, mediante fotocátalisis, ozono, radiación ultravioleta, son aliados irrefutables de la seguridad biológica de la especie humana. Realiza una revisión narrativa de la literatura a partir de la práctica basada en la evidencia. La selección de los estudios se hizo a partir de una búsqueda de artículos con el tema de las innovaciones tecnológicas en la bioseguridad. Los resultados apuntan a que las tecnologías investigadas son eficaces en la lucha contra el nuevo coronavirus y en otros microorganismos nocivos para la salud humana, no limitándose a la esterilización, sino también en diversas áreas de descontaminación, como el agronegocio y el saneamiento básico. Por lo tanto, se concluye que estas tecnologías pueden utilizarse como protocolos de bioseguridad y medios eficaces de control epidemiológico. Los estudios demuestran que estas tecnologías también tienen la capacidad de destruir patógenos mediante la radiación, destruyendo los genomas, o atacando y perforando la pared celular, o mediante procesos químicos de oxireducción.

Palabras-clave: Tecnologías; Bioseguridad; Desinfección; Radiación ultravioleta; Ozono; Fotocátalisis.

Introdução

A vida humana se deparou com fenômenos que alteraram sua forma de viver ao longo da história, sobrevivendo a períodos de guerras, fome, estiagem e pestes, o que demonstra a sua

sede de sobrevivência, ocasionando inúmeras evoluções para a espécie. A soma de todas essas adversidades contribui para a seleção natural, que por sua vez, colocou a raça humana, graças à sua habilidade de adaptação, no topo da cadeia alimentar (SENHORAS, 2020, p. 29). No entanto, como também apontado por Senhoras (2020), da mesma forma que epidemias como a febre espanhola e a peste negra mudaram a ciência e a sociedade de suas épocas, o Covid-19 também está deixando sua marca na história evolutiva e nos sistemas sociopolítico econômico dos dias atuais.

Em dezembro de 2019, ocorreu o primeiro caso do chamado Coronavírus, na cidade de Wuhan, na China. Ao se alastrar pelo planeta, o vírus deixou seu rastro de perdas inestimáveis e, desde então, toda sociedade global procura maneiras de derrotá-lo e acabar com mais essa adversidade que assola a espécie humana. Uma das formas de amenizar a contaminação por esse novo vírus é por meio de medidas de prevenção, como o distanciamento social, o uso de máscaras em todos os locais e a higienização através de detergentes e álcool 70%, que são utilizados para eliminar os agentes virais de nossas mãos e superfícies (BAPTISTA, 2020, p. 41-42). Ademais, não se pode deixar de mencionar as vacinas que já estão sendo aplicadas na população mundial.

Ao refletir sobre um cenário pós-pandêmico, observa-se que por mais que não ocorra a contaminação do vírus, algumas medidas continuarão sendo difundidas nas civilizações, EPIs e pessoas, como a constante higienização e sanitização de ambientes, dado que o receio de que outra epidemia possa ser globalizada novamente é eminente. Assim, como colocado por Bressanin (2020, p.411), as pandemias alteram as estruturas histórico-sociais, uma vez que as epidemias e surtos de doenças ensinam a humanidade a compreender possíveis atitudes errôneas para que essas não ocorram mais ou que sejam, ao menos, minimizadas.

A importância das formas de desinfecção está sendo evidenciada durante a pandemia. Faz-se necessário reduzir os riscos de contaminação por vírus ou bactérias em ambientes hospitalares ou fechados, por meio da filtragem do ar e pelas cabines de desinfecção que servem para esterilizar objetos e EPIs, tornando-se um dos maiores objetivos para os meios de prevenção. O objetivo deste estudo é apresentar as possíveis tecnologias de desinfecção a serem utilizadas nos cenários pandêmicos e pós-pandêmicos, dissertando acerca de três tecnologias (fotocatálise, ozônio e luz ultravioleta), apresentando suas respectivas propriedades e aplicações. Além disso, elucidar e compreender os diferentes aspectos sociais e tecnológicos envolvidos no conceito de biossegurança durante a pandemia e como o progresso tecnológico no combate a agentes microbióticos maléficos pode ajudar e melhorar a vida humana em nossa

sociedade moderna. Essas tecnologias, possivelmente, podem redirecionar os métodos de biossegurança do futuro.

Biossegurança

A palavra "Biossegurança" provém do radical grego *bio*, que significa vida, e da palavra segurança, objetivando um conceito de "vida livre de perigo". Geralmente, é associada a ações que contribuem para a segurança da vida humana na área da saúde. O conceito de biossegurança modifica-se paralelamente com os avanços técnicos humanos, sendo produtora e produto de hábitos grupais, pois ela é uma construção coletiva, moldada a partir de um conjunto de normas e práticas sociais (COSTA *et al.*, 2007). No período pós-pandêmico, a biossegurança tornou-se uma questão de discurso, pois passou a ser uma exigência para todos os ambientes públicos. Sendo-se assim passou a fazer parte das discussões sobre políticas públicas e discursos de proteção.

A estrutura da biossegurança é composta por; componentes ocupacionais (infraestrutura laboratorial); educacionais (política de valorização de recursos humanos e agregação de valores éticos, filosóficos e técnicos); sociais (ações voltadas para otimização e humanização dos processos de trabalho); informacionais (processo de comunicação que permeia todos os níveis hierárquicos); normativos (ações reguladoras internas e externas que estabelecem os parâmetros para o desenvolvimento das atividades); organizacionais (relacionado à cultura e clima organizacional) e tecnológicos (COSTA, 2005).

A ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Epidemiológica, 2003) define Biossegurança como um conjunto de ações voltadas para: prevenção, minimização e eliminação de riscos para a saúde, ajuda na proteção do meio ambiente contra resíduos e na conscientização do profissional da saúde. Sendo assim, a Biossegurança pode ser considerada como a ciência que estuda e desenvolve ações que contribuem para a segurança e proteção dos profissionais que atuam na manipulação de materiais contaminados, aos quais representam um risco a sua saúde e a de outras pessoas frente à sua conduta (CARVALHO *et al.*, 2009).

Em virtude disso, promover debates sobre biossegurança e saúde atualmente não apenas contribui para a solidificação das ações e o exercício das competências na área de biossegurança, mas principalmente reforça o propósito de qualidade de vida e saúde do Sistema Único de Saúde (SUS), bem como qualifica as demandas e contribui para o fortalecimento do Complexo Industrial da Saúde (BRASIL, 2010).

Dado os fatos apresentados, fica evidente que os serviços de controle de infecção e gerenciamento de antimicrobianos precisarão se adaptar rapidamente às novas situações impostas pelos riscos biológicos à vida humana, mesmo que esse conhecimento seja muito recente e dinâmico. Logo, a necessidade dos protocolos de biossegurança e as novas tecnologias de desinfecção ficam evidentes quando observamos do ponto de vista de internações hospitalares em meio a pandemia.

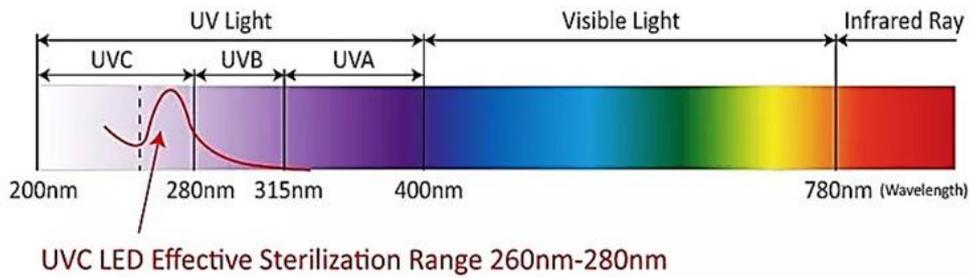
Um estudo retrospectivo espanhol analisou as evoluções de 140 pacientes críticos pareados conforme idade e perfil de comorbidades em um grupo com Covid-19 e outro sem. Na análise estatística, 40% dos pacientes apresentaram alguma infecção bacteriana associada, a maioria delas cerca de nove dias após a admissão em leito de UTI (SILVA, 2021).

O aumento das infecções de origens diversas, inclusive bacteriana, em casos em que há acometimento de Covid, gera um enorme agravamento da pandemia e dos gastos em cofres públicos. Portanto, os novos meios de esterilização apresentam-se como alternativa técnica e, de certa forma, uma inovação benéfica ao controle de infecções hospitalares, não apenas para a pandemia do coronavírus, mas também para o futuro da biossegurança e da sobrevivência da própria espécie humana.

Luz Ultravioleta Germicida

A radiação ultravioleta é a fração do espectro eletromagnético que abrange comprimentos de onda que estão abaixo da luz visível para seres humanos. Ela se subdivide em três grupos, determinados a partir do comprimento de onda, conforme mostrado na Figura 1, são eles: A luz UV-A, que cobre a faixa entre 320 nm e 400 nm , correspondente a cerca de 95% da luz ultravioleta existente na Terra, é capaz de penetrar na pele humana e causar o envelhecimento precoce. A UV-B fica entre 280 nm e 320 nm e pode causar queimaduras na pele diante de uma exposição longa e gerar mutações genéticas que resultam em câncer de pele. Por fim, a luz UV-C se situa entre 200 nm e 280 nm e é capaz de destruir o RNA e o DNA de um vírus, por isso é considerada a mais danosa, sendo chamada de “faixa germicida” (LARA, 2020).

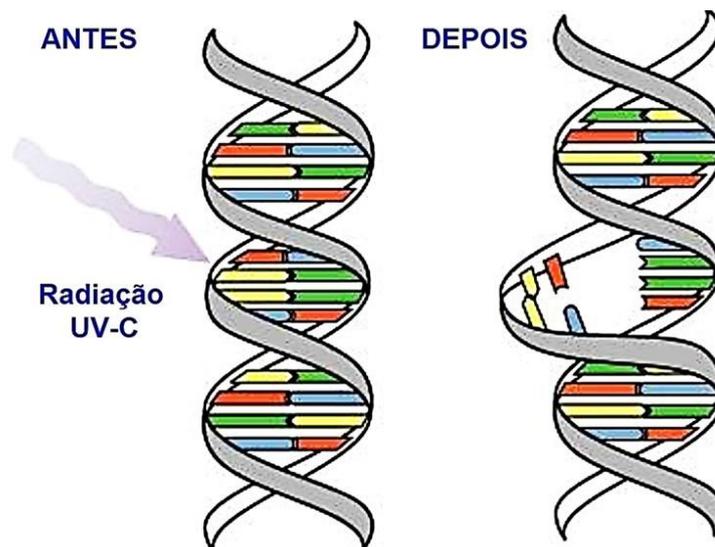
Figura 1: Espectro de ondas eletromagnéticas do Ultravioleta (UV-C) até o Infravermelho.



Fonte: <https://www.ahoku.com.tw/pt/category/Desinfetante-UV-Wand/CAT-Virus+Killer.html>

A radiação no espectro luminoso do ultravioleta (UV) pode agir eficazmente como um agente desinfetante, descontaminando as superfícies onde há a presença de vírus, incluindo o *SARS-CoV-2*. O seu poder de descontaminar é atribuído, possivelmente, à geração de foto dímeros indutores de UV nos genomas da estrutura de microrganismos (DARNELL *et al.*, 2004). Dado que essa radiação atua sobre os ácidos nucleicos, o DNA e o RNA, promovendo mutações, quando um organismo é exposto a uma dose alta dessa radiação, muitas mutações ocorrem, levando à inativação do vírus e quebra do ciclo viral, pois acarretam numa danificação do material genético, impedindo a reprodução do agente contagioso (Figura 2). No caso dos vírus, podem-se citar as alterações químicas, quando a radiação UV é maior do que $1000 \text{ mW} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$, que levam à ruptura do capsídeo proteico do vírus e degradação do material genético.

Figura 2: Ação da luz UV-C no ácido nucleico.

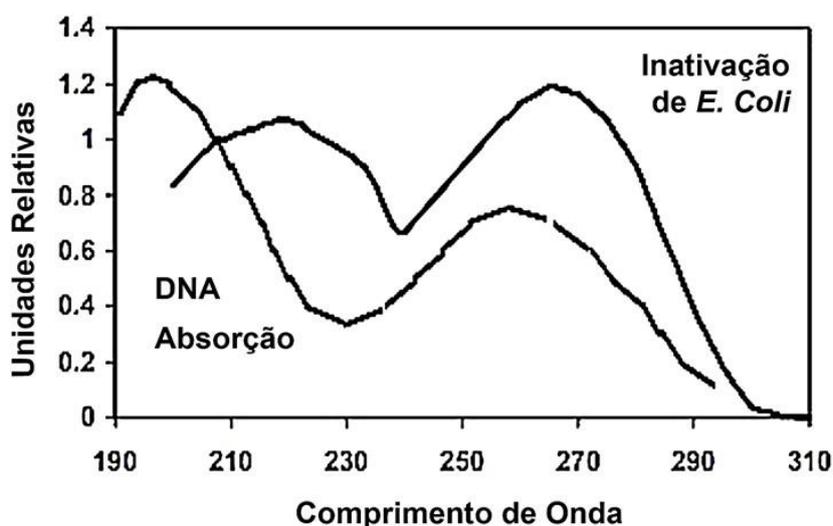


Fonte: Acquáticos (2010)

Portanto, a radiação no espectro do ultravioleta de ondas curtas (UV-C) é reconhecidamente um método eficaz e, de certa forma, seguro para desinfecção de superfícies diversas, de alimentos, de líquidos e de uma série de outros objetos. O fator mais atrativo da aplicação descontaminante de UV-C é que ela não deixa resíduos nos alimentos e nas superfícies tratadas (MOMESSO, 2021).

De acordo com Silva (2020), o sistema de descontaminação que utiliza da ação da radiação ultravioleta germicida (UV-C) trata-se de uma ferramenta alternativa a ser empregada no controle eficaz à proliferação de diversos patógenos, tais como vírus e bactérias, em ambientes hospitalares e laboratoriais. Como exemplo: a Figura 3 apresenta o espectro de ação da inativação da bactéria *Escherichia Coli* com a de absorção de energia do ácido nucléico, conforme *El água potable* (2022). O desenvolvimento de tecnologias de desinfecção, utilizando a radiação UV-C, está sendo amplamente pesquisado, principalmente em meio a pandemia do SARS-Cov-2, o que é altamente relevante, pois existem inúmeras aplicações benéficas à saúde humana e os protocolos de biossegurança. Afinal, uma vez que a luz ultravioleta demonstrou ser capaz de destruir vírus, bactérias e fungos em centenas de estudos de laboratório (MCDEVITT *et al.*, 2012).

Figura 3 - Comparação do espectro de ação da inativação da bactéria *Escherichia Coli* com a de absorção de energia do ácido nucléico.



Fonte: *El água potable* (2022)

Uma dessas aplicações foi feita por Araújo (2020), que propõe o desenvolvimento de uma cabine de radiação ultravioleta para desinfecção de máscaras hospitalares descartáveis, durante a pandemia da COVID-19.

A desinfecção de respiradores N95, e PFF2 apresenta-se como uma alternativa para o reuso seguro destes EPIs, durante o período pandêmico. O dispositivo apresentado de desinfecção por radiação ultravioleta permite a desinfecção simultânea de 4 respiradores em um tempo menor que 30 segundos. As doses empregadas são superiores às necessárias para a inativação do SARS-CoV -2 (ARAÚJO, 2020).

Além dos benefícios acarretados pelo decréscimo do contágio virótico e bacteriológico em meio a pandemia e na contenção da disseminação dessas e outras infecções hospitalares, esse método também contribui para a redução da poluição no ambiente onde é empregado, pois a reutilização de EPIs reduz, de certa forma, a quantidade de carga de lixo hospitalar.

Outra aplicação que se apresenta é a possibilidade de desinfecção por meio da radiação na faixa ultravioleta de comprimento de onda de *100 nm* até *280 nm* (UV-C, Figura 1); o UV-C auxilia no tratamento de esgotos, realizando a desinfecção por radiação eletromagnética na qual nenhum tipo de substância química é adicionado ao resíduo a ser tratado. Essa forma de desinfecção por UV-C não deixa traços, assim, por ser por radiação eletromagnética, não há qualquer substância química exógena tóxicas no efluente tratado. Isso torna a desinfecção por UV-C bem mais segura que as demais (BATISTA, 2013).

O tratamento por UV-C também pode ser utilizado na desinfecção durante a limpeza de frutas e alguns alimentos e hortaliças não fotosensíveis, pois além de ser considerada segura, ela não apresenta efeito residual (EMBRAPA 2015).

Um estudo experimental realizado em campo realizado por Momeso (2021) aplicando o método de desinfecção por UV-C de carrinhos de compras em mercados observou, após análises subsequentes, que a utilização dessa metodologia não acarretou risco quanto à perda de saúde dos consumidores, ou dos colaboradores dos mercados. Quanto à eficiência na metodologia com a utilização da tecnologia de cabines de ultravioleta (UV-C), com vistas à descontaminação da superfície de sacolas de compras, evidencia-se que esta tecnologia pode ser utilizada na desinfecção geral e, também como um complemento na proteção contra o coronavírus. Entretanto, a ação do UV-C é limitada à superfície dos materiais irradiados, dos próprios carrinhos e da superfície das sacolas de compra, sendo que a sua eficácia na destruição de possível carga viral presente internamente nos alimentos é restrita.

Tabela 1 - Dose de UV em *MWs / cm²* necessária para inativar uma população microbiana em 1 Log (90%) e 2 Log (99%).

Microrganismos	Redução logarítmica		Microrganismos	Redução logarítmica	
	1	2		1	2
Bactéria			<i>Coliformes fecais</i>	3,5	6,8
<i>Bacillus anthracis</i>	4,5	8,7	<i>Salmonella enteritidis</i>	4,0	7,6
<i>Bacillus subtilis, spores</i>	12,0	22,0	<i>Salmonella paratyphi</i>	3,2	--
<i>Bacillus subtilis</i>	7,1	11,0	<i>Salmonella typhi</i>	2,1	--
<i>Campylobacter jejuni</i>	1,1	--	<i>Salmonella typhimurium1</i>	3,0	--
<i>Clostridium tetani</i>	12,0	22,0	<i>Shigella dysenteriae</i>	2,2	4,2
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	3,4	6,5	<i>Shigella flexneri (paradysenteriae)</i>	1,7	3,4
<i>Escherichia coli</i>	3,0	6,6	<i>Shigella sonnei</i>	3,0	5,0
<i>Raoultella terrigena</i>	2,6	--	<i>Staphylococcus aureus</i>	50	6,6
<i>Legionella pneumophila</i>	0,9	2,8	<i>Enterococcus faecalis</i>	4,4	--
<i>Sarcina</i>	20,0	26,4	<i>Streptococcus pyogenes</i>	2,2	--
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	6,0	10,0	<i>Vibrio cholerae (V, comma)</i>	--	6,5
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5,5	10,5	<i>Yersinia enterocolitica</i>	1,1	--
Vírus					
<i>Bacteriófago MS2</i>	18,6	--	<i>Influenza virus</i>	3,6	6,6
<i>F-Specific bacteriophage</i>	6,9	--	<i>Polio virus</i>	5,0 - 8,0	14,0
Hepatite A	7,4	--	<i>Rotavírus</i>	6,0 - 15,0	15-40
Protozoário			Algas		
<i>Giardia intestinalis</i>	82,0	--	<i>Cyanobacteria</i>	300,0	600,0
<i>Cryptosporidium parvum</i>	80,0	120,0	<i>Chlorella vulgaris</i>	12,0	22,0
Levedura					
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	7,3	13,2			

Fonte: El agua potable (2022)

Outros fatores que podem afetar no desempenho da desinfecção por UV-C são: presença de sombras em grandes volume de compra (passível de não irradiar todas as superfícies), tempo e intensidade de radiação adequados para carga viral presente, a sensibilidade de desnaturação da embalagem polimérica por radiação UV-C (perdendo suas características mecânicas e

estéticas, dentre outras); entre outros, o que pode comprometer a desinfecção pela dose inadequada ao material irradiado, bem como ser ineficaz (MOMESSO, 2021). Essas são algumas das aplicações da radiação ultravioleta UV-C como processo que pode ser aplicado na esterilização de alimentos ou na higienização de superfícies.

As propriedades de desinfecção da luz (UV-C) não são apenas inovadoras, como também simbolizam um real avanço da ciência para saúde, uma vez que suas características de inativação de microrganismos pela danificação do material genético do agente maléfico, atinge uma enorme gama de reinos biológicos como o Reino Monera, Protista, Fungi, Plantae e os vírus, como posto na Tabela 1.

A Tabela 1 apresenta os dados de redução em escala algorítmica de alguns agentes microbianos danosos pela utilização da metodologia de desinfecção por radiação UV-C. Observa-se que os vírus não se encaixam em nenhum reino, dado que não existe um consenso científico se ele pode ser considerado um ser vivo ou não. Sendo assim, a metodologia de desinfecção por UV-C não garante uma tecnologia eficaz no combate de Pandemias viróticas e na prevenção de contágio de diferentes agentes nocivos em diferentes ambientes, como hospitais, supermercados entre outros (WRIGHT, 1998).

As aplicações para desinfecção utilizando a radiação eletromagnética no UV-C são variadas, o que evidencia que o seu uso tende a ser multiplicado para os anos futuros, dada a necessidade patente do desenvolvimento de novos meios de biossegurança em saúde da comunidade global (ABREU; FARIA 2004).

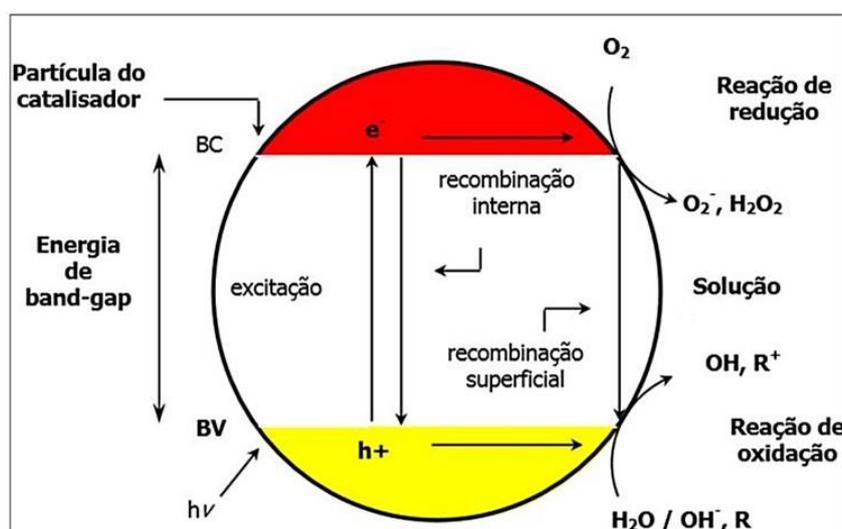
Portanto, a utilização da radiação eletromagnética no UV-C, como forma de tecnologia de descontaminação de agentes microbianos maléficos ao bem-estar humano, é rápida, confiável, eficaz, viável e segura, ambientalmente, para o trato descontaminante de superfícies e de líquidos que estejam contaminados.

Fotocatálise

A fotocatalise heterogênea pertence à classe dos POAs, sendo uma tecnologia promissora no tratamento de efluentes industriais e na descontaminação ambiental. O processo é baseado na irradiação de um fotocatalisador, geralmente um semicondutor inorgânico, tal como: TiO_2 , ZnO ou CdS . Atualmente, a fotocatalise heterogênea usando semicondutores poderia ser aplicada para uma faixa relativamente pequena de compostos e misturas com um custo relativamente igual ao de tratamentos convencionais.

O mecanismo simplificado de fotocatalise, por foto-ativação de um catalisador semicondutor, é apresentado na Figura 4. Observa-se que um par de elétrons é gerado da excitação do semicondutor por uma radiação específica, conforme o *band gap* do semicondutor empregado. O par de elétrons gerado por excitação do semicondutor pode sofrer recombinação interna ou migrar para a superfície do catalisador. O elétron que migra para superfície do catalisador pode sofrer recombinação externa ou participar de reações de oxirredução, como a absorção de espécies como H_2O , OH^- , O_2 e compostos orgânicos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE QUÍMICA, 2022).

Figura 4: Mecanismo da fotocatalise



Fonte: <https://www.abq.org.br/rqi/2014/758/RQI-758-pagina25-Artigo-Tecnico.pdf>

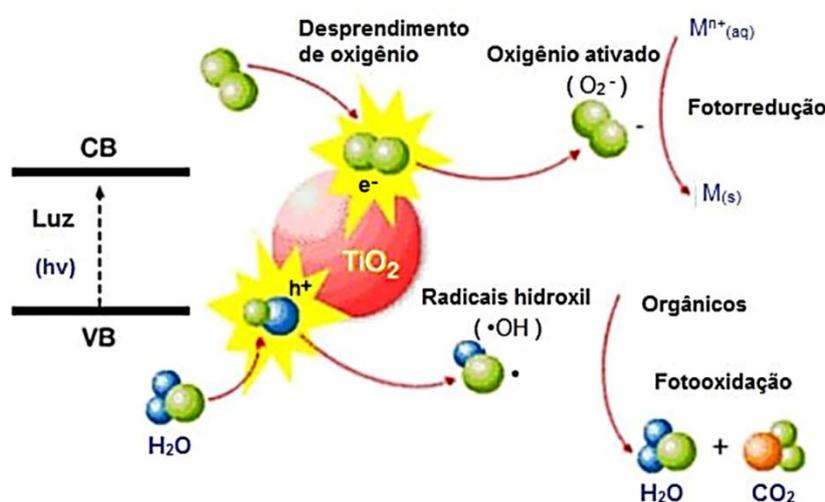
Para sua aplicação numa faixa mais larga de compostos e misturas, ainda são necessários mais estudos nesta área, para que, através de um conhecimento mais profundo dos mecanismos envolvidos, possam ser criadas soluções capazes de otimizar o processo de tal maneira a torná-lo viável comercialmente. Um ponto a ser ressaltado é que esta técnica vem de encontro com uma tecnologia sustentável no sentido de minimização de resíduos, uma vez que o tratamento de grandes volumes de efluentes dificultaria sua aplicação (FERREIRA, 2004).

As aplicações ambientais (por fotocatalise) mais comuns fazem uso de dióxido de titânio (TiO_2), entre elas o tratamento da água e do ar, destacando-se a desinfecção e desodorização de correntes de ar com baixas concentrações de poluentes, como em ambientes internos de edifícios residenciais ou comerciais. A Figura 5 mostra esquematicamente o processo de redução e oxidação da fotocatalise. Essa fotocatalise tem apresentado grande eficiência na destruição de várias classes de compostos orgânicos voláteis em fase gasosa, incluindo álcoois,

ketonas, alcanos, alcenos clorados e éteres, com potencialidade de aplicação à remediação de solos e águas contaminadas, bem como desodorização de ambientes (LACEY, 2008).

Além das classes de compostos orgânicos citados acima, os radicais hidroxila, gerados durante irradiação de TiO_2 , são capazes também de reagir com a maioria das moléculas biológicas, resultando numa atividade bactericida. O poder bactericida do TiO_2 foi comprovado na inativação de microrganismos, tais como *Lactobacillus acidophilus*, *Sacharomyces cerevisiae* e *Escherichia Coli* (LACEY, 2008).

Figura 5: O processo de redução e oxidação da fotocatalise.



Fonte: Tavares (2009)

Em tempos de pandemia da Covid-19, efetuar a higienização, esterilização ou desinfecção de superfícies tornou-se uma prática rotineira, requerida e divulgada em forma de discursos de proteção, haja vista que os estabelecimentos têm reforçado a política de proteção dos usuários para melhor desenvolvimento dos negócios. Silva *et al.* (2021) reforçam que as estratégias públicas estão presentes no discurso. Todo o discurso voltado para a proteção da saúde e bem-estar da população envolve implicitamente uma ação direcionando para a necessidade e responsabilidade da população. Nesse caso, um local preocupado com a biossegurança remete a um efeito de sentido de uma responsabilidade social para com a população.

Fato é que essas práticas precisam ser feitas repetidas vezes, já que as superfícies voltam a ser contaminadas facilmente. Por conta disso, um grupo de pesquisadores do Campus Medianeira vem trabalhando com urgência em um projeto de obtenção de produtos

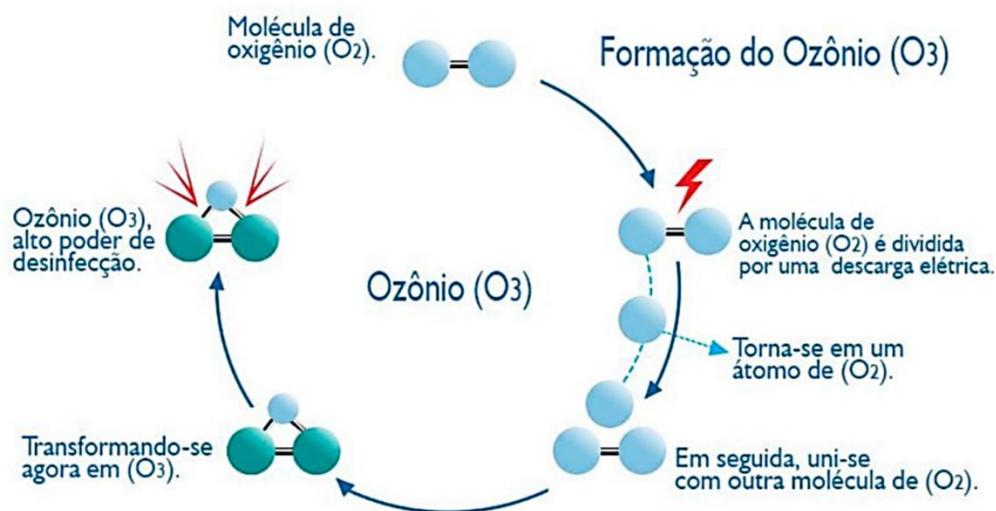
fotocatalíticos. O projeto é um dos contemplados pelo edital Covid-19 da UTFPR, para receber investimentos em ações de combate à doença.

O projeto é coordenado pelo professor do Departamento de Ciências Biológicas e Ambientais e conta com a participação dos professores e alunos de Engenharia Ambiental. Os produtos fotocatalíticos, ao serem irradiados pela luz (natural ou artificial), conseguem manter a ação desinfetante por longos períodos. Neste caso, uma vez aplicado o fotocatalisador sobre a superfície, não é necessário repetir as mesmas aplicações, o que pode também diminuir os riscos ocupacionais dos trabalhadores que prestam o serviço de higienização, pois reduzem a necessidade de contato com as superfícies a serem sanitizadas. A medida também seria muito benéfica para ser utilizada em hospitais ou unidades de saúde (UTFPR, 2020).

Ozônio

O ozônio é um gás naturalmente presente na atmosfera, composto por três átomos de oxigênio (O_3), incolor em condições normais e com odor característico perceptível (SANTIAGO; GOMES, 2019). A Figura 6 apresenta esquematicamente a formação de ozônio a partir do gás oxigênio do ar. O gás ozônio é produzido após uma descarga elétrica, como as que ocorrem naturalmente na forma de raios quando das tempestades.

Figura 6: Formação do gás ozônio (O_3) para obter a propriedade de esterilização.



Fonte: Persalt (2022)

A aplicação deste gás pode auxiliar nos processos contra a vida microbiana indesejada, como posto por Caetano (2018, p. 9), que afirmou o seguinte:

O uso do gás ozônio pode elevar os padrões de qualidade do ar e superfícies por redução da carga microbiana, dada à oxidação de compostos e, conseqüentemente, a morte celular, sem deixar resíduos tóxicos (CAETANO, 2018, p. 9).

O gás ozônio age em células através de seu alto potencial de oxidação, e ele adentra na célula, atacando a parede celular, fazendo perfurações e, em instantes, a parede não consegue se manter, levando a molécula à morte:

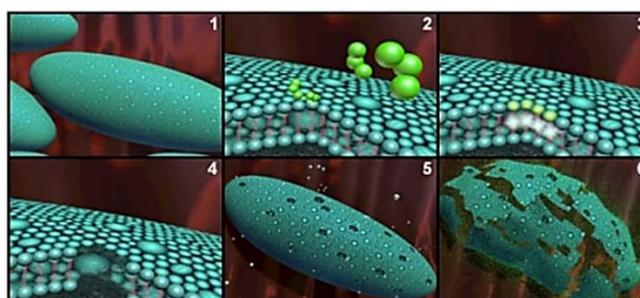
A ação do ozônio sobre os microrganismos ocorre pela oxidação de glicopeptídeos, glicoproteínas e aminoácidos da parede celular, alterando a permeabilidade e causando rapidamente a lise. Ao adentrar no interior da célula, o O_3 recombina-se com elementos citoplasmáticos, provocando a oxidação de aminoácidos e ácidos nucleicos, ocasionando a clivagem e resultante morte celular (CAETANO, 2018, p. 20).

Por ser uma molécula muito instável, o gás ozônio (O_3) tem a tendência natural de retornar à sua forma original de dois átomos de oxigênio (O_2), retomando a estabilidade da molécula de oxigênio. Por meio dessa movimentação, o átomo livre de oxigênio tende a ser acoplado pelo processo de oxidação, a qualquer componente orgânico e inorgânico que entre em contato com o ozônio. Esse processo de inativação de microrganismos pelo gás Ozônio (O_3) é muito multifacetado, dado que o átomo de oxigênio liberado poder reagir com inúmeros constituintes celulares como enzimas, ácidos nucleicos do citoplasma, proteínas, lipídios insaturados e enzimas respiratórias das membranas celulares, peptidoglicanos nos envelopes celulares além das proteínas e dos peptidoglicanos de coberturas de esporos e capsídeos virais (ECOZONE, 2021).

O uso do gás ozônio para desinfecção pode se dar de diferentes formas (Figura 7). A aplicação em materiais clínicos, por exemplo, é uma delas. O gás ozônio provou ser útil na desinfecção de bisturis elétricos no experimento realizado por Zanzarini (2019), em que foi apresentado que, em até 15 minutos, o instrumento se fez esterilizado na presença de sete microrganismos avaliados, sendo que em três deles, a eliminação ocorreu nos 5 primeiros minutos, concluindo a eficácia do gás na desinfecção. Há ainda estudos que apontam o ozônio como tratamento de patologias de origem inflamatória, infecciosa e isquêmica, agindo como desinfetante não tóxico e indolor a feridas abertas, eliminando bactérias (SANTIAGO;

GOMES, 2019). Outra possível aplicação do ozônio é nos alimentos. O efeito desse gás é benéfico, prolongando a vida útil em prateleiras, o que contribui para a logística no ramo do agronegócio. Um estudo realizado por Simão e Rodriguez (2011) comprova esse fato, porque foi concluído que o gás ozônio retarda o apodrecimento de tomates na prateleira, quando uma vez comparados a um grupo de controle após 15 dias. O resultado obtido foi de perda de massa reduzida, menor porcentagem de injúrias causada por fungos e maior retardamento no apodrecimento.

Figura 7: Inativação da placa bacteriana por meio da tecnologia de esterilização por ozônio.



- 1 - Bactéria Ativa
- 2 - Ozônio atacando a parede celular da bactéria
- 3 - Parede celular da bactéria oxidando
- 4 - Degradação da Parede celular da bactéria
- 5 - Bactéria se deteriorando pelo ozônio
- 6 - Bactéria destruída pela ação do ozônio

Fonte: Ecozone (2021)

O ozônio também pode ser aplicado em ambientes artificialmente climatizados. O experimento realizado por Caetano (2018) utilizou 10 salas, onde foram avaliados o chão, parede e as bancadas, enquanto à presença ou ausência de microrganismos na ação do gás O₃. O resultado obtido concluiu que o gás foi efetivo em todos os âmbitos avaliados, com registros de redução do número de Unidades Formadoras de Colônias (UFC), com destaque para as áreas de chão e bancada.

Há também experimentos que comprovam a excelência do gás em ambientes cirúrgicos, classificando-o como agente bactericida e esporicida (GARCIA et. al, 2009), além também de seu êxito em câmaras frigoríficas, na experimentação de Cavalcante *et al.* (2014), em que se observou a atuação do gás de ozônio durante 60 dias na estocagem de queijo minas frescal, avaliando sua ação no ar, paredes e portas da câmara, concluindo o ozônio como método alternativo para desinfecção de ambientes.

Metodologia

Com o intuito de analisar e conjecturar possíveis novas tecnologias de desinfecção desenvolvidas na pandemia, porém com uso necessário em um cenário pós-pandêmico, realizou-se uma base metodológica a partir de uma extensa revisão bibliográfica narrativa de artigos voltados aos temas abordados: biossegurança, luz ultravioleta germicida UV-C, ozônio e fotocatalise. Estudar e pesquisar essas tecnologias significa dar um novo ponto de vista para o conceito de longevidade e afirmação da espécie humana como sobrevivente aos desafios da biocenose da existência terrestre.

Utilizou-se como base artigos científicos de diversas áreas da ciência, com renomados cientistas, tendo em vista que o estudo teórico é o alicerce da inovação é um grande passo para o futuro.

Realizaram-se buscas nas bases eletrônicas Scientific Electronic Library On-line (SCIELO), Scholar Google (Google Acadêmico) e Biblioteca virtual de saúde (Bvs). Para a busca dos artigos utilizaram-se descritores: Biossegurança; Desinfecção; Radiação ultravioleta; Ozônio; Fotocatalise, nas línguas inglesa e portuguesa. Os descritores foram relacionados por meio do operador booleano “AND” e selecionados por meio da lista de Descritores em Ciências da Saúde (Decs). Foram incluídos estudos nas línguas inglesa e portuguesa, disponíveis e lidos na íntegra por análise de conteúdo, de forma que o objetivo fosse condizente com o estudo em questão. Os estudos excluídos foram: duplicados nas bases de dados, que não contemplavam a temática, revisões, teses, monografias e dissertações.

Resultados

Os resultados da análise, a partir da revisão narrativa, apontam que o gás ozônio tem sido bastante utilizado para desinfecção de ambientes. Sendo, portanto, um recurso adicional para o Sistema de biossegurança que preza pela higienização, esterilização ou desinfecção de superfícies ou ambientes.

Ilustrando a prioridade em evitar que fenômenos como o ocorrido em 2020 sejam vivenciados novamente, as inovações tecnológicas de descontaminação na área da saúde são um grande exemplo do desenvolvimento que se fez necessário ao longo da pandemia, como previsto por Alves (2015), dado que a biossegurança, um conjunto de ações que têm por

objetivo controlar, minimizar e eliminar os riscos que afetam negativamente a saúde social se faz necessária.

Cabines de desinfecção de EPIs e objetos, por meio da tecnologia de fotocatalise, ozônio e luz ultravioleta, são um grande exemplo disso, sendo essas as mais novas inovações tecnológicas do mercado, que tendem a ser amplamente difundidas em um futuro cenário pós-covid-19.

A fotocatalise, por sua vez, consiste na produção de oxidantes naturais baseados em oxigênio e hidrogênio. Este gás natural é inócuo e é produzido através de células fotocatalíticas, e pode ser usado na inativação de vírus, fungos e bactérias no ambiente e nas superfícies

O ozônio é um gás formado por três moléculas de oxigênio, com propriedades oxidantes. Pode-se dizer que graças a essa propriedade, ele atua em alguns compostos orgânicos voláteis, reduzindo, consideravelmente, os microrganismos em ambientes internos. Por ter uma vida um tanto curta, ele apresenta um bom desenvolvimento ao ser aplicado em descontaminação de ambientes desocupados, dado que ele não deixa resíduos após a aplicação quando exposto a uma ventilação adequada.

Já a luz ultravioleta germicida baseia-se na instalação de lâmpadas em cabines de desinfecção de EPIs e na serpentina evaporadora do ar-condicionado. Quando usada na intensidade correta, essa radiação é capaz de eliminar a carga microbiológica presente no sistema, fazendo uma melhor higienização do equipamento e, conseqüentemente, do ar que passa por ele (CARVALHO, 2020).

Considerações Finais

Levando em consideração que a radiação ultravioleta germicida (UV-C) é uma importante aliada no combate de agentes patógenos e que suas aplicações são variadas, podendo ir desde cabines de desinfecção de EPIs até tratamento de esgotos, a sua utilização poderia diminuir a disseminação do novo coronavírus, assim como infecções hospitalares e outros agentes nocivos, como bactérias e fungos, dado a sua aplicabilidade na descontaminação de ambientes, líquidos e superfícies. Ademais, outra importante aliada é a fotocatalise, que é muito benéfica na desinfecção de ambientes, uma vez que ela possibilita a manutenção da limpeza do ambiente por um longo período, contribuindo para o bem-estar humano, não permitindo o risco de se contaminar pelo contato com as bactérias e vírus na hora de realizar a higienização do local. Também pode ser usado como tecnologia de desinfecção o gás ozônio, visto que se

comprova a sua versatilidade e eficácia, pois foram apresentadas inúmeras aplicações onde houve êxito por parte do gás. Logo, sua funcionalidade tende a crescer exponencialmente.

Em síntese, essas tecnologias tendem a ser amplamente utilizadas na biossegurança do futuro, podendo até se difundir como um meio de desinfecção acessível a todos. Portanto, conhecer e estudar essas novas tecnologias é estar preparado para o futuro pandêmico e pós-pandêmico. Torna-se então explícita a relevância do estudo dessas tecnologias, tendo em vista que essas aplicações tiveram sua eficácia comprovada. Tecnologias as quais podem se tornar base de inúmeros avanços, que, por sua vez, representariam o fim da era da comoção pandêmica, na qual vírus, bactérias e entre outros agentes patógenos não apresentariam tamanha ameaça para as civilizações atuais e futuras. Essas ferramentas podem salvar vidas e agregar na evolução da própria espécie humana, pois isso gera um impacto não apenas em nossa sobrevivência, mas também em nosso próprio tecido social.

Referências

ABREU, L. F.; FARIA, J. A. F. Evaluation of a system for chemical sterilization of packages. **Packaging Technology and Science**, v. 17, p. 37-42, 2004.

ACQUATICOS. **Esterilizador Ultravioleta UV**. 2010. Disponível em: <https://ecozonedobrasil.com/ozonio/>. Acesso 23 nov. 2021.

AHOKU. **Desinfetante UV Wand**. 2020. Disponível em: <https://www.ahoku.com.tw/pt/category/Desinfetante-UV-Wand/CAT-Virus+Killer.htm>. Acesso 23 nov. 2021.

ALVES, L.S; PACHECO, J.S. Biossegurança - Fator determinante nas unidades de atendimento à saúde. **Revista Fluminense de Extensão Universitária**, jan./jun 2015.

ARAÚJO, R. E. *et al.* Desenvolvimento e avaliação de cabine de radiação ultravioleta para desinfecção de máscaras hospitalares descartáveis, durante a pandemia da COVID-19. **Universidade Federal de Pernambuco**, p.4, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE QUÍMICA. **Mecanismo de fotocatalise**. Disponível em: <https://www.abq.org.br/rqi/2014/758/RQI-758-pagina25-Artigo-Tecnico.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2022.

BAPTISTA, A. B.; FERNANDES, L. V. Covid-19, análise das estratégias de prevenção, cuidados e complicações sintomáticas. **Desafios**, Palmas, Tocantins, v. 7, p. 41-42, 2020.

BATISTA, R. O. *et al.* Efeito da radiação ultravioleta artificial na desinfecção de microrganismos em lâminas de esgoto doméstico. **Enciclopédia Biosfera**, 2013.

BRASIL, Ministério da Saúde. Biossegurança em Saúde: Prioridades e Estratégias de Ação. **Série B. Textos Básicos de Saúde**, Brasília, 2010.

BRESSANIN, C. E. F. A vida pós-pandemia e a exigência de novos paradigmas. In: Felipe Asensi. **Conhecimento e Multidisciplinaridade**, 1. ed. Rio de Janeiro, 2020.

CAETANO, M.C. Gás ozônio: Avaliação da Eficácia de Desinfecção de Ambientes. **UNESP**, São José do Rio Preto, 2018.

CARVALHO, C.M.R.S.; MADEIRA, M.Z.A.; TAPETY, F. I.; ALVES, E.L.M.; MARTINS, M. C.C.C.; BRITO, J.N.P.O. Aspectos de biossegurança relacionados ao uso de jalecos pelos profissionais de saúde: uma revisão da Literatura. **Texto Contexto Enfermagem**, Florianópolis, v. 2, n. 18, p. 60-355, 2009.

CARVALHO, H. Cabine de desinfecção é eficaz no combate ao coronavírus e segura à saúde? **Ecoquest**, 2020. Disponível em: <http://www.ecoquest.com.br/cabine-de-desinfeccao-e-eficaz-no-combate-ao-coronavirus-e-segura-a-saude>. Acesso em: 30 jun. 2021.

CAVALCANTE, D.; JÚNIOR, B. R. C.; TRIBST A. A. L; CRISTIANINI, M. Uso de ozônio gasoso na sanitização de câmaras frigoríficas. **Inst. Laticínios Cândido Tostes**, 2014.

COSTA, M. A. F. Construção do Conhecimento em Saúde: estudo sobre o ensino de biossegurança em cursos de nível médio da área de saúde da Fundação Oswaldo Cruz. Tese

de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biociências e Saúde, **Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, 2005.

COSTA, M. A. F. *et al.* A construção da biossegurança através de imagens: contribuições para o ensino de ciências. **Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, 2007.

DARNELL *et al.* Inativação do coronavírus que induz a síndrome respiratória aguda grave, SARS-CoV. **Science Direct**, 2004. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016609340400179X>. Acesso em: 06 ago. 2021.

DARNELL, M.E.R.; SUBBARAO, K.; FEINSTONE, S.M. Inactivation of the coronavirus that induces severe acute respiratory syndrome, SARS-CoV. **Journal of Virological Methods**, Holanda, 121, p. 85-91, 2004.

DE NORA. **Aplicação de ozônio no tratamento de água**. 2021. Disponível em:

<https://tratamentodeagua.com.br/artigo/aplicacao-ozonio-tratamento-agua/>. Acesso 23 nov. 2021.

DOMINGUES, C M. A. S. Desafios para a realização da campanha de vacinação contra a COVID-19 no Brasil, 2021. **Cad. Saúde Pública**, 2021. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/csp/a/KzYXRtNwy4fZjTXsgwSZvPr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 30 jun. 2021.

ECOZONE. Ozônio - Principais Vantagens. 2021. Disponível em:

<https://ecozonedobrasil.com/ozonio>. Acesso 23 nov. 2021.

EL AGUA POTABLE. 2022. Disponível em:

<http://www.elaguapotable.com/Desinfeccion%20de%20agua%20UV%20Trojan%20Thenologies.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2022.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Luz ultravioleta combate podridão de melão. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/5623075/luz-ultravioleta-combate-podridao-de-melao>. Acesso 06 ago. 2021.

FERREIRA, I. V. L.; DANIEL, L. A. F. Fotocatálise heterogênea com TiO₂ aplicada ao tratamento de esgoto sanitário secundário. **SciELO Brasil**, v. 9, 2004.

GARCIA, C. A.; NAVES, J. H. F. de F.; NEVES, S. M. N.; STANZIOLA, L.; VIEIRA, I. de S. O gás ozônio na descontaminação de ambientes cirúrgicos. **Veterinária Notícias**, v. 14, n. 2, 2009.

LACEY, M. E. Q.; SCHIRMER, W. N. O uso da fotocatálise para a desinfecção e desodorização do ar interno. **Ambiência**, 2008.

LARA, R. Raios ultravioletas podem destruir vírus, mas efeito não é imediato. **Tilt**, 2020. Disponível em: <https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2020/05/15/raios-ultravioleta-podem-destruir-virus-mas-efeito-nao-e-imediato.htm>. Acesso em 06 ago. 2021

MCDEVITT, J. J., RUDNICK, S. N.; RADONOVICH, L. J. Aerosol susceptibility of influenza virus to UVC light. **Applied and environmental microbiology**, EUA, 78(6), p. 1666–1669, 2012.

MOMESSO, A. P. Avaliação da utilização de cabines ultravioletas como descontaminantes de carrinhos de compras em supermercados durante a pandemia de sars-cov-2: aspectos técnicos e de segurança. **Revista Higiene Alimentar**, 2021.

PEREIRA, M. E. de C.; COSTA, M. A. F. da; COSTA, M. de F.B da; JURBERG, C. Reflexões sobre conceitos estruturantes em biossegurança: contribuições para o ensino de ciências. **Ciência e Cognição**, vol. 4, 2019.

PEREIRA, M.E de C. *et al.* Reflexões sobre conceitos estruturantes em biossegurança: contribuições para o ensino de ciências. **Ciência e Cognição**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 296-303, mar. 2009. Disponível em:

http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212009000100020&lng=pt&nrm=iso. Acesso em 06 ago. 2021.

PERSALT. Portal tratamento de água. **Aplicação de ozônio no tratamento de água**. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/aplicacao-ozonio-tratamento-agua/>. Acesso em: 29 jan. 2022.

SANTIAGO, A. D. E; GOMES, V. L. V. R. O Uso Da Ozonioterapia No Tratamento De Feridas: Uma Revisão de Literatura. **Repositório Institucional Tiradentes**, Alagoas, 2019.

SANTOS, M. C. Utilização de fotocatalise heterogênea para a degradação de contaminantes emergentes: cloridrato de norfloxacino. **GIPEFEA**, Paraná, 2017.

SEÁRA, E. C. R. Oxidação de Arsênio via Processo de Fotocatalise Heterogênea. **Riut**, Ponta Grossa, 2016.

SENHORAS, E. M. Coronavírus E O Papel Das Pandemias Na História Humana. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, Boa Vista, v. 1, n. 1, p. 29, 2020. DOI: 10.5281/zenodo.3760078. Disponível em: <http://revista.ioles.com.br/boca/index.php/revista/article/view/184>. Acesso em: 30 jun. 2021.

SILVA, A.E da *et al.* Protective masks in a COVID-19 pandemic period: a material analysis for the manufacture of protective masks, use, efficiency, and public strategies aimed at a protection discourse. **Revista Sustinere**, Rio de Janeiro, v.9 suplemento 1, p. 228-266, mar. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.12957/sustinere.2021.56925>.

SILVA, C. H. de S. R. da. A Covid-19 aumenta o risco de infecções hospitalares?. **PEBMED**, 2021. Disponível em: <https://pebmed.com.br/a-covid-19-aumenta-o-risco-de-infeccoes-hospitalares/>. Acesso em 06 ago. 2021.

SILVA, E. A. da. Sistema de Descontaminação de Máscaras Baseado no Efeito Luminescente Causado por Espectro Ultravioleta (Uv-c). **Latinoware**, 2020.

SIMÃO, R.; RODRÍGUEZ, T. D. M. Utilização do Ozônio no Tratamento Pós-Colheita do Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Revista de Estudos Sociais**, v. 11, n. 22, p. 115-124, 2011.

TAVARES, C. **Nanoarquiteturas com propriedades fotocatalíticas e antibacterianas para o desenho de produtos amigos do ambiente**. Centro de Física da Universidade do Minho, 2009. Disponível em: www.fisica.uminho.pt/grf. Acesso em: 29 de janeiro de 2022.

UFPR. **Produtos fotocatalíticos podem ser a solução para higienização de superfícies**. 2020. Disponível em: <http://www.utfpr.edu.br/noticias/geral/covid-19/produtos-fotocatalizadores-podem-a-solucao-para-higienizacao-de-superficies>>. Acesso em 07 ago. 2021.

VELHO, G. C. C.; LIMA, L. C. de. Biossegurança: Práticas Laboratoriais em Análises Clínicas. **UNIPLAC**, 2016.

WRIGHT, H. B.; CAIRNS, W. L. Desinfeccion del agua por medio de luz ultravioleta. **Trojan Technologies**, Canadá, 1998.

ZANZARINI, T.J. Efeito do gás ozônio na descontaminação de canetas de bisturi elétrico. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, 2019.

Processo de revisão por pares

O presente Artigo foi revisado por meio da avaliação aberta em 2 rodadas. A primeira rodada contou com a revisão de Antônio Diego Costa Bezerra e João Felipe Tinto Silva. A segunda rodada contou com a revisão de Matheus Vinicius Barbosa da Silva, Lizandra Ellem Silva de Souza e Ana Karolina Amonções Soares. O processo de revisão foi mediado por Max Leandro de Araújo Brito e Josefa da Conceição Silva com o apoio de Daniele Costa.