

**UNIVERSIDADE BRASIL PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM BIOENGENHARIA CAMPUS ITAQUERA**

ROSEANE DÉBORA BARBOSA SOARES

LUZ UV-C NA DESCONTAMINAÇÃO DE DIFERENTES SUPERFÍCIES

UV-C LIGHT IN DECONTAMINATION OF DIFFERENT SURFACES

São Paulo – SP

2021

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOENGENHARIA

ROSEANE DÉBORA BARBOSA SOARES

LUZ UV-C NA DESCONTAMINAÇÃO DE DIFERENTES SUPERFÍCIES

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia da Universidade Brasil, para obtenção do título de Mestre em Bioengenharia.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Alessandra Baptista

São Paulo – SP
2021

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Brasil,
com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).**

S656L SOARES, Roseane Débora Barbosa

Luz UV-C na descontaminação de diferentes superfícies / Roseane Débora Barbosa Soares. -- São Paulo: Universidade Brasil, 2021.
40 f.: il. color.

Dissertação de Mestrado defendida no Programa de Pós-graduação do Curso de Bioengenharia da Universidade Brasil.

Orientação: Profa. Dra. Alessandra Baptista.

1. Desinfecção. 2. Fômite. 3. Luz ultravioleta. 4. Bioengenharia. I. Baptista, Alessandra. II. Título.

CDD 620.82



UNIVERSIDADE
BRASIL

TERMO DE APROVAÇÃO

ROSEANE DÉBORA BARBOSA SOARES

“LUZ UV-C NA DESCONTAMINAÇÃO DE DIFERENTES SUPERFÍCIES”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre no Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia** da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:

Prof.^(a) Dr.(a) Alessandra Baptista (presidente-orientadora)

Prof.(a) Dr.(a) Silvia Cristina Nunez (UNIVERSIDADE BRASIL)

Prof.(a) Dr.(a) Caetano Padial Sabino (Empresa Biolambda)

São Paulo, 09 de Agosto de 2021

Presidente da Banca Prof.(a) Dr.(a). Alessandra Baptista

Houve alteração do Título: sim () não (X):



UNIVERSIDADE
BRASIL

Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respeetivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: **"LUZ UV-C NA DESCONTAMINAÇÃO DE DIFERENTES SUPERFÍCIES"**

Houve alteração do Título: sim () não (X):

Autor(es):

Discente: **Roseane Débora Barbosa Soares**

Assinatura: Roseane Débora Barbosa Soares

Orientador(a): **Prof.(a) Dr.(a) Alessandra Baptista**

Assinatura: Alessandra Baptista

Coorientador(a):

Assinatura: _____

Data: 09/08/2021

DEDICATÓRIA

Dedico esta pesquisa a todos os meus professores de mestrado, especialmente a minha orientadora Profa Dra Alessandra Baptista, por todo apoio e carinho.

Aos meus pais, por ter ensinado sempre que a educação era primordial no nosso crescimento profissional.

Ao meu namorado e companheiro Wanderson, por desde o início ter incentivado, acreditado e acima de tudo, não ter feito eu desistir dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre nos guia e mostra o melhor caminho a seguir, ate mesmo quando não acreditamos que somos capazes.

Ao meu namorado e companheiro Wanderson, por desde o inicio ter acreditado, incentivado, dado forças e especialmente por sempre me motivar a seguir na busca dos meus sonhos. Obrigada por todo o carinho e compressão pelas ausências, quando tive que viajar para assistir aula.

Aos meus pais, Jose Maria e Vania Maria, pela vida, pelo incentivo, ajuda e por sempre ter permitido a busca pelos meus objetivos e sonhos. Tudo que sou, devo a educação dada por vocês.

Aos amigos que fiz nessa jornada de estudos, pelos estudos, trabalhos, discussões. Gratidão, cada um tem um lugar especial em meu coração.

Aos meus professores, por todo o conhecimento repassado, especialmente a minha orientadora Profa Dra Alessandra pela paciência, carinho, ajuda. Jamais esquecerei todas as palavras que você me disse em toda essa jornada, desde o dia da entrevista que eu tinha medo de ir estudar fora. Obrigada por tudo, jamais conseguiria chegar até aqui sem a sua ajuda.

As minhas amigas Daniela e Valeska, a vocês todo o meu carinho e gratidão pôr na fase final ter me dado todo o apoio e carinho. Tenho um carinho especial por vocês.

RESUMO

A desinfecção de diferentes superfícies médico-hospitalares sempre foi uma preocupação dos profissionais da saúde e a pandemia da COVID-19 reforçou a necessidade de atenção da biossegurança nessa área. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia da luz ultravioleta (UV-C) na redução microbiana de diferentes superfícies: granito, couro sintético e MDF. Para as avaliações microbiológicas, as superfícies das amostras foram delimitadas e contaminadas com 3 mL de suspensão de 10^8 UFC/mL de *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, separadamente, com o auxílio de um borrifador e submetidas a exposição da luz UV-C, através do equipamento UV SURFACE (Biolambda, São Paulo, Brasil, $\lambda=254$ nm, $P=20$ W). As superfícies foram irradiadas com uma distância de 1 cm das amostras, em modo varredura, por 5 e 10 s. Para avaliar as reduções microbianas foram coletadas amostras das superfícies, antes e após as intervenções, com auxílio de *swab* embebido em solução salina estéril. As amostras foram comparadas com controle positivo, irradiação de luz UV-C e higienização com álcool 70% (p/v) com o método de borrifar com álcool e esfregar com tecido seco (do inglês: *spray/dry wipe*). Foram realizadas diluições seriadas na ordem de 1/10, com a finalidade de diminuir a concentração de UFC/mL, facilitando a contagem final. Os resultados mostraram uma efetiva descontaminação com a luz UV-C em todas as superfícies testadas, tanto com microrganismos Gram-negativos, quanto Gram-positivos, com apenas 5 s de exposição. O método *spray/dry wipe* que utilizou álcool 70% (p/v) encontrou microrganismos vivos na superfície de MDF com *S. aureus* e na superfície de granito com *E. coli*. Portanto, podemos concluir que o uso da luz UV-C, nos parâmetros testados se mostrou eficaz na descontaminação de todas as superfícies testadas: granito, couro sintético e MDF, mesmo no menor tempo avaliado, mostrando-se mais eficaz que a descontaminação com álcool 70% (p/v) em superfícies de granito e em superfícies de MDF. Este trabalho foi realizado para esclarecer algumas dúvidas sobre a eficácia da descontaminação de superfícies de forma rápida por equipamento de luz UV-C, assim como apresentar alternativas rápidas e seguras para tornar o ambiente de trabalho seguro para os profissionais e pacientes.

Palavras-chave: Desinfecção. Fômite. Luz ultravioleta. Bioengenharia

ABSTRACT

The disinfection of different medical-hospital surfaces has always been a concern for health professionals and the COVID-19 pandemic reinforced the need of biosafety in these areas. The aim of this work was to evaluate the effectiveness of ultraviolet light (UV-C) in the microbial reduction of different surfaces: granite, synthetic leather and MDF. For microbiological evaluations, the surfaces were delimited and contaminated with 3 mL of a suspension of 10^8 CFU/mL of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*, separately, with a spray bottle and exposed to UV-C light, through the UV SURFACE equipment (Biolambda, São Paulo, Brazil, $\lambda=254$ nm, P=20 W). The surfaces were irradiated at a distance of 1 cm from each other, in scanning mode, for 5 and 10 s. To assess the microbial reductions, samples were collected from the surfaces, before and after the interventions, with the aid of a swab soaked in sterile saline solution. The samples were compared with positive control, UV-C light irradiation and 70% alcohol sanitization, with the method spray/dry wipe. Serial dilutions in the order of 1/10 were performed, for CFU / mL, count. The results showed an effective decontamination with UV-C light on all surfaces tested, both with Gram-negative and Gram-positive microorganisms, with only 5 s of exposure. The spray/dry wipe method using 70% alcohol found live microorganisms on the MDF surface with *S. aureus* and on the granite surface with *E. coli*. Therefore, we can conclude that the use of UV-C light, in the tested parameters, proved to be effective in the decontamination of all surfaces tested: granite, synthetic leather and MDF, even in the shortest time evaluated, being more effective than decontamination with alcohol 70% on granite surfaces and on MDF surfaces. This work was carried out to clarify some doubts about the effectiveness of surface decontamination quickly by UV-C light equipment, as well as to present quick and safe alternatives to make the working environment safe for professionals and patients.

Keywords: Disinfection. Fomite. UV light. Bioengineering

DIVULGAÇÃO E TRANSFERENCIA DE CONHECIMENTO

A luz UV-C se mostrou eficiente na descontaminação de bactérias com diferenças estruturais: Gram-positivas e Gram-negativas, em diferentes superfícies testadas (granito, couro sintético e MDF), com apenas 5 s de irradiação. O uso do álcool 70% também mostrou efetividade na redução microbiana em diferentes superfícies, no entanto em superfícies de granito contaminadas com bactérias Gram-negativas e superfícies de MDF contaminadas com bactérias Gram-positivas, a luz UV-C se mostrou mais eficaz.

Esse trabalho se enquadra:

Área de Pesquisa: Fotobiomodulação, Biomarcadores e Sistemas Diagnósticos;

Linha de Pesquisa: Avaliação e desenvolvimento de tecnologias aplicadas ao cuidado a saúde;

Projeto de Pesquisa: Avaliação de problemas em saúde pública e soluções em bioengenharia.

RELEVÂNCIA NA BIOENGENHARIA:

A desinfecção de diferentes superfícies médico-hospitalares sempre foi uma preocupação dos profissionais da saúde e a pandemia da COVID-19 reforçou a necessidade de atenção da biossegurança nessas áreas. Nesse contexto, o uso da luz UV-C promove descontaminação de forma sustentável, mantendo íntegras as superfícies e auxiliando os profissionais da saúde a manter a segurança no ambiente de trabalho.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - PREPARAÇÃO DOS MICRORGANISMOS.....	22
FIGURA 2 - SUPERFÍCIES QUE FORAM CONTAMINADAS E DESCONTAMINADAS COM UVC.....	23
FIGURA 3 - IRRADIAÇÃO DE DIFERENTES SUPERFÍCIES COM MOVIMENTOS DE VARREDURA CONFORME RECOMENDADO PELO FABRICANTE.....	24
FIGURA 4 - DESCONTAMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE GRANITO CONTAMINADA COM <i>E. COLI</i> ; (AS BARRAS INDICAM O DESVIO PADRÃO).....	25
FIGURA 5 - DESCONTAMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE COURO SINTÉTICO CONTAMINADA COM <i>E. COLI</i> ; (A BARRA INDICA O DESVIO PADRÃO).....	26
FIGURA 6 - DESCONTAMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE MDF CONTAMINADA COM <i>E. COLI</i> ; (A BARRA INDICA O DESVIO PADRÃO).....	26
FIGURA 7 - DESCONTAMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE GRANITO CONTAMINADA COM <i>S. AUREUS</i> ; (A BARRA INDICA O DESVIO PADRÃO).....	27
FIGURA 8 - DESCONTAMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE COURO SINTÉTICO CONTAMINADA COM <i>S. AUREUS</i> ; (A BARRA INDICA O DESVIO PADRÃO).....	28
FIGURA 9 - DESCONTAMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE MDF CONTAMINADA COM <i>S. AUREUS</i> ; (AS BARRAS INDICAM O DESVIO PADRÃO).....	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3. REVISÃO DA LITERATURA	18
3.1. <i>ESCHERICHIA COLI</i>	18
3.2. <i>STAPHYLOCOCCUS AUREUS</i>	18
3.3. DESINFECÇÃO COM LUZ UVC.....	19
3.4. DESINFECÇÃO COM ALCOOL 70%.....	20
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1. AMOSTRAS MICROBIOLÓGICAS.....	22
4.2. DESCONTAMINAÇÃO DE SUPERFÍCIES.....	23
5. RESULTADOS	25
6. DISCUSSÃO.....	29
7. CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS	32

1 I NT RO DU ÇÃ O

As inovações tecnológicas no setor de descontaminação de superfícies têm avançado significativamente no último ano devido a pandemia e a necessidade dos profissionais de saúde e clínicas precisarem de um ambiente seguro para a realização dos atendimentos clínicos.

A desinfecção é definida como um processo físico ou químico de destruição de microrganismos na forma vegetativa, mas não necessariamente nas formas esporuladas, em superfícies inertes (materiais, equipamentos e superfícies fixas) previamente limpas (RUTALA, 2008). A desinfecção pode ocorrer por meio de métodos químicos, onde um desinfetante químico (e.g. hipoclorito de sódio, glutaraldeído) é aplicado à superfície por pulverização (spray) ou imersão (ALZAIN, 2020)

Atualmente, os ambientes que envolvem serviços de saúde tem sido foco de especial atenção para a minimização da disseminação de microrganismos, pois pode atuar como fonte de recuperação de patógenos potencialmente causadores de infecções relacionadas à assistência à saúde, como os microrganismos multirresistentes. Segundo (RUTALA, 2004), as superfícies limpas e desinfetadas conseguem reduzir em cerca de 99% o número de microrganismos, enquanto as superfícies que foram apenas limpas os reduzem em 80%.

A radiação ultravioleta (UV) é um processo físico de esterilização frequentemente utilizado em laboratórios (PIGATTO, 2008). Esse processo consiste na aplicação de ondas eletromagnéticas com comprimentos de ondas nas faixas de 100 a 400 nm, em que o comprimento de onda de 254 nm possui atividade germicida mais efetiva (RIBEIRO, 2004). Estudos evidenciam que este comprimento de onda ($\lambda=254$ nm) é letal para bactérias, esporos, vírus, fungos e algas (UEKI, 2008), mostrando-se uma forma eficiente e ambientalmente segura na desinfecção de sólidos e líquidos (ROCHA, 2011).

As lâmpadas UV-A e UV-B são utilizadas para bronzamento artificial e luz negra, e já as lâmpadas UV-C são destacadas por promoverem a ação germicida. Trindade et al (2020), alerta que deve ser evitado a superexposição direta das fontes de UV por elevar o risco de desenvolvimento de problemas na pele e olhos.

A *International Ultraviolet Association* (IUVA) divulgou recentemente um informativo detalhando a eficácia da irradiação UV-C no SARS-CoV-2 (IUVA, 2020), em que revisaram todos os requisitos apropriados para a segurança dos dispositivos de desinfecção UV-C e discutiu o desempenho de padrões e protocolos de validação.

Com o atual cenário de pandemia que estamos vivenciando, os meios de descontaminação se tornaram de extrema importância, por isso testar protocolos

utilizando métodos eficientes que possibilitam o uso de fonte energia sustentável, como o UV-C, sem causar danos ao meio ambiente e reduzindo os riscos de degradação das superfícies pelo uso repetitivo de materiais com ativos químicos, sendo prático e de fácil manuseio, capaz de auxiliar profissionais da saúde a trabalharem de forma segura é de extrema importância.

Neste contexto, estratégias de desinfecção baseadas em luz podem contribuir na prevenção de infecções cruzadas que normalmente ocorrem em ambientes médico-hospitalares

**2 O
BJE
TIV
OS**

O objetivo deste estudo, *in vitro*, foi avaliar a eficácia da luz ultravioleta (UV-C) na redução microbiana em diferentes superfícies.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a efetividade da radiação UV-C na desinfecção de superfícies contaminadas com bactérias Gram-positivas e Gram-negativas.
- Comparar a efetividade da radiação UV-C na desinfecção de diferentes superfícies usando diferentes tempos de irradiação;
- Comparar a efetividade da radiação UV-C com o uso do álcool 70% (p/v) na desinfecção de diferentes superfícies.

3 R EVI SÃ O DA LIT ER AT UR A

Bactérias como *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* fazem parte da microbiota da pele, boca e das fossas nasais humanas, podendo ser facilmente inoculadas em superfícies médico-hospitalares durante procedimentos clínicos ou veiculadas pela própria equipe de saúde (LIMA, 2012; FERNANDEZ, 2013). Embora sejam espécies saprófitas, podem levar ao desenvolvimento de focos infecciosos, dependendo de alguns fatores como local de sua inserção e imunidade do receptor. *S. aureus*, em especial, apresenta diversos fatores de virulência que podem causar sérios agravos à saúde humana (OPLUSTIL, 2010; MICHELIN, 2005).

3.1 *ESCHERICHIA COLI*

A *Escherichia coli* é uma bactéria Gram-negativa, anaeróbia facultativa pertencente à Família Enterobactereacea. A grande maioria dessas amostras são pertencentes à microbiota intestinal, tanto de seres humanos quanto de animais de sangue quente. No entanto, aproximadamente, 10% são patogênicas, podendo causar infecções intestinais e infecções extra-intestinais (MACEDO, 2018)

E. coli é um bastonete curto, Gram-negativo, não esporulado, medindo entre 1,1 a 1,5 µm por 2 a 6 µm, sendo a maioria é móvel devido a existência de flagelos peritríqueos. A temperatura ótima de crescimento é por volta dos 37 °C (BARNES, 2003; OLIVEIRA, 2004; QUINN, 2005).

Caracteriza-se por apresentar metabolismo anaeróbio facultativo, pois possui metabolismo respiratório e fermentativo. Sendo capaz de fermentar, com produção de ácido e gás, a lactose, glicose, maltose, manose, manitol, xilose, glicerol, ramanose, sorbitol e arabinose. A fermentação do adonitol, sacarose, salicina, rafinose, ornitina, dulcitol e arginina é variável (QUINN, 2005; ANDREATTI FILHO, 2007).

3.2 *STAPHYLOCOCCUS AUREUS*

O *Staphylococcus aureus* é uma bactéria esférica, do grupo dos cocos

Grampositivos, frequentemente encontrada na pele e nas fossas nasais de pessoas saudáveis. Entretanto pode provocar doenças, que vão desde uma simples infecção (espinhas, furúnculos e celulites) até infecções graves (pneumonia, meningite, endocardite, síndrome do choque tóxico, septicemia e outras) (CHEN, 2020)

As doenças provocadas pelo *S. aureus* podem ser decorrentes da invasão direta dos tecidos, de bacteremia primária ou, exclusivamente, ser devidas às toxinas que ele produz (ANDRIOLO, 2005). Essas infecções podem se localizar em um ou em múltiplos sítios, e, de acordo com a localização e outras características, recebem diferentes designações, como foliculite (infecção do folículo piloso); sico (bicho-dopé); carbúnculo; antraz; furúnculos localizados na região cervical posterior; hordéolo (terçol); hidradenite (inflamação das glândulas sudoríparas); e impetigo (BRAUNWALD, 2002). Além das piogênicas, o *S. aureus* pode causar outras infecções mesmo durante um processo infeccioso ou não (SCHECHTER, 1998). Esses diferentes mecanismos e patologias fazem com que o *S. aureus* possua várias características que, por vezes, não são encontradas em todas as cepas desse Grampositivo, surgindo, entretanto, à medida que nele são identificadas novas e diferentes propriedades patogênicas (CASSETTARI, 2005).

3.3 DESINFECÇÃO COM LUZ UV-C

A radiação UV pode ser entendida como toda a radiação eletromagnética com comprimentos de onda maiores que o Raio X (200 nm) e menores que a luz visível (400 nm). A radiação UV ionizante é invisível ao olho humano, porém sua porção maior (ao redor de 400 nm) apresenta cor violeta, daí a sua denominação, porque a cor violeta é a cor que a visão humana consegue enxergar (SVOBODOVA, 2006).

A ação germicida da radiação UV foi detectada pela primeira vez em 1878, no entanto apenas em 1910 foi utilizada para desinfecção e tratamento de água potável em Marseille (França) e as primeiras unidades de processamento foram construídas em 1955 na Suíça e na Áustria (AGUIAR et al., 2002).

A tecnologia de irradiação por UV é aplicada, desde 1930 nos Estados Unidos, em superfícies e no ar, em ambientes estéreis como hospitais. Depois foi adaptada para a esterilização de embalagens no sistema *Ultra High Temperature* (UHT), tais como tampas de garrafas de polietileno de alta densidade e cartões para produtos líquidos, embalagens de iogurtes, copos plásticos e tampas de alumínio, além de superfícies de frutas e hortaliças para aumentar a resistência dos tecidos a microrganismos deterioradores (BINTSIS, 2000).

Nas décadas de 40 e 50 a radiação UV foi usada no combate à tuberculose em hospitais do Reino Unido e EUA para desinfecção hospitalar (BINTSIS, 2000).

A organização mundial de Saúde (OMS) aprova a desinfecção com UV-C em água, tratamento de esgoto, água da chuva coletada ou água de reuso e também pode ser utilizada para descontaminar o ar em hospitais, clínicas, laboratórios, salas de cirurgias, na fabricação de medicamentos, cosméticos e alimentos (BAGNATO, 2016)

A radiação UV, originada do Sol, tem sido fator importante para controle do

crescimento da maioria dos microrganismos, exceto para bactérias fotossintéticas. Estudos têm tentado elucidar os papéis benéficos da radiação UV e sua viabilidade em outras aplicações, além das já existentes (RYSSTAD, 2006; GÜNTER, 2007; SAKAI, 2007).

A luz ultravioleta é utilizada há muito tempo para desinfecção em todo o mundo, com seu efeito germicida tendo sido detectado pela primeira vez em 1878 (MOURA et al, 2002).

Outras variáveis podem interferir na ação antimicrobiana: quantidade de irradiância gerada pelas lâmpadas, a distância da superfície exposta, o ângulo em que a UV-C atinge a superfície, se a mesma recebe luz direta ou luz refletida por outros objetos, o tipo de superfície, o tempo de exposição, e a temperatura do ambiente. Poucos dados estão disponíveis sobre as doses de UV-C necessárias para produzir reduções superiores a 99,9% ($3 \log^{10}$) de microrganismos em superfícies secas.

Darnell et al. (2004), também estuda a utilização de irradiação UV para inativação dos vírus do SARS-CoV-1, usando uma fonte de luz UVC de 4016 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ e uma fonte de luz UVA de 2.133 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, ambas aplicadas a 3 cm de distância de amostras contaminadas.

Estudos mostram que diferentes doses de UV-C (0,067 mW/cm^2 a 318 mW/cm^2) foram capazes de reduzir 99,9% de microrganismos. A variabilidade pode ter sido devido a diferenças nos métodos de testes utilizados, incluindo as cepas testadas e a quantidade de carga orgânica na superfície (BOYCE, 2019).

Os fótons energéticos da luz quebram as ligações químicas do material genético do DNA ou RNA dos micro-organismos, inativando-os, matando-os ou ainda incapacitando a reprodução (MOURA et al, 2002).

Dong et al. (2003), mostrou ser possível a destruição da infectividade viral em um nível indetectável do SARS-CoV-1 com irradiação de UVC em cultura. Assim estima-se ser possível também a inativação do SARS-CoV-2 com radiação UVC.

3.4 DESINFECÇÃO COM ÁLCOOL 70% (P/V)

Em busca de resposta do melhor método de aplicação do álcool 70% (p/v) para descontaminação de superfícies, um estudo inglês, publicado em 2009, investigou, *in vitro*, a eficácia de dois métodos de aplicação do álcool a 70% (p/v) em superfícies propositalmente contaminadas com microrganismos, acrescido de 0,6% (p/v) de albumina do soro bovino. Um dos métodos testados foi por fricção com álcool 70% (p/v) embebido num tecido, por um período de contato de 10 s, e o outro pelo método de *spray/dry wipe* (borrifar o álcool e esfregar com tecido seco). A contaminação microbiana-desafio foi realizada com esporos do *Bacillus subtilis* (ATCC 6051), *Staphylococcus epidermidis* (NCIMB 8853) e *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina. Como resultado, o método por fricção, empregando tecido embebido com álcool 70% (p/v) apresentou melhor desempenho na redução da carga microbiana do que o método *spray/dry wipe*, referendando o método utilizado na presente investigação, e que reflete uma prática comum em nosso meio nos estabelecimentos de saúde (PANOUSI, 2009).

Em outra pesquisa brasileira, onde houve preocupação com a prevenção da infecção cruzada intermediada pela contaminação das superfícies, estudou-se a eficácia da desinfecção das superfícies testando as soluções aquosas de clorexidina nas concentrações de 0,5, 1, 2, 3 e 4%, comparando-as com a do álcool 70% (p/v), nas apresentações gel e líquida. Incluiu também, nesse estudo, o cálculo relacionado à sua viabilidade econômica (busca de maior efetividade das soluções diluídas). Cepas de *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans* e *Klebsiella pneumoniae*, nas concentrações de 10^8 UFC (Unidades Formadoras de Colônias), foram utilizadas como desafio para a contaminação de três diferentes tipos de superfícies: couro, fórmica e aço inoxidável. Após a contaminação intencional, foi realizada a desinfecção local por meio da técnica *spray-wipe-spray*. Após a desinfecção com cada produto, foram feitas coletas de amostras com o auxílio de placas de superfície (RODAC®), contendo ágar BHI (do inglês: *Brain Heart Infusion*), seguido de incubação e contagem das UFC/placa. Os resultados mostraram que não houve recuperação das cepas de *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Streptococcus mutans*, em nenhuma das superfícies e produtos testados, incluindo o álcool. Houve recuperação do microrganismo *Staphylococcus aureus*, quando a superfície de couro foi desinfetada com o álcool líquido e quando as superfícies de aço inoxidável e fórmica foram desinfetadas com álcool gel, porém, a redução foi significativa, decrescendo de 10^8 UFC da carga microbiana inicial para duas UFC na superfície de couro, duas UFC na superfície de aço inoxidável e para oito UFC na superfície de fórmica. Também houve recuperação do microrganismo *Candida albicans* na superfície de aço inoxidável desinfetada com a solução de clorexidina 0,5%, sendo que o álcool se mostrou eficaz. Apesar da recuperação microbiana frente à ação do álcool, a redução microbiana obtida foi em torno de 7 logs (BAMBACE, 2003).

**4 M
ATE
RIA
L E
MÉ
TO
DO
S**

O estudo foi realizado no Laboratório de Biofotônica do Instituto Científico e Tecnológico da Universidade Brasil, Campus São Paulo.

4.1 AMOSTRAS MICROBIOLÓGICAS

Foram utilizadas cepas de bactérias: *Escherichia coli* (ATCC 25922) e *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), cedidas pelo Instituto Científico e Tecnológico da Universidade Brasil, Campus de São Paulo. Para preparação dos inóculos, os microrganismos foram cultivados em caldo de Infusão Cérebro-Coração (*Brain Heart Infusion* – BHI – Kasvi®, Paraná, Brasil), a 37°C por 24 h, em estufa bacteriológica (Figura 1) e após este período foram obtidas suspensões bacterianas, em solução salina estéril, na concentração de 8×10^8 UFC/mL, determinada através da escala nefelométrica de Mc Farland (0,5 Mc Farland), de cada microrganismo.



FIGURA 1: PREPARAÇÃO DOS MICRORGANISMOS.

FONTE: Próprio autor.

4.2 DESCONTAMINAÇÃO DE SUPERFÍCIES

Os testes microbiológicos foram realizados em três diferentes superfícies: granito, couro sintético e MDF (Figura 2). As superfícies foram previamente limpas e delimitadas antes de serem contaminadas, separadamente, com cada microrganismo.

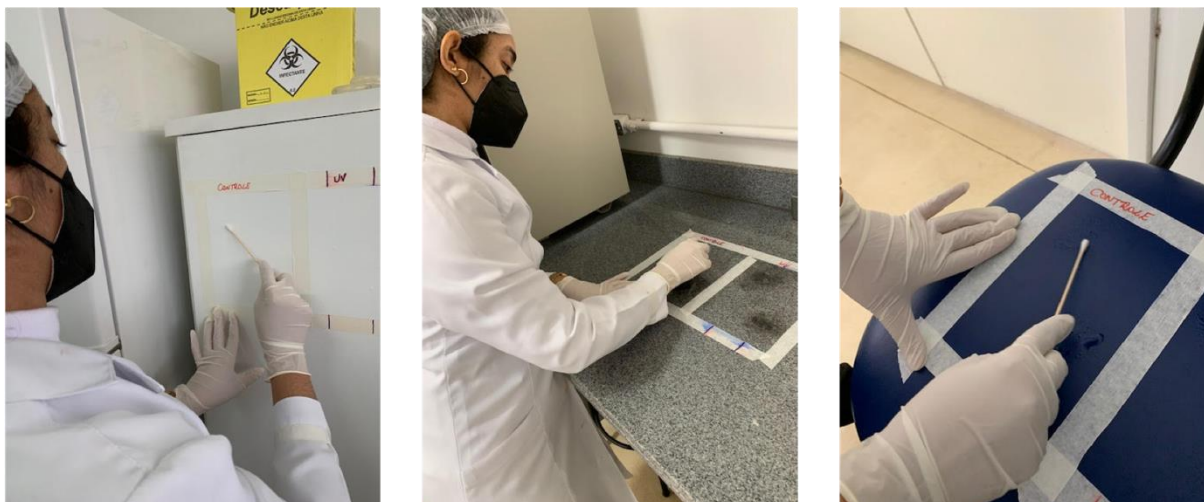


FIGURA 2: SUPERFÍCIES QUE FORAM CONTAMINADAS E DESCONTAMINADAS COM LUZ UVC
 FONTE: Próprio autor.

Para a avaliação da contaminação inicial, amostras foram coletadas antes de qualquer procedimento (Controle Positivo – CP).

Após a preparação do inóculo, 3 mL de cada microrganismo, foi borrifado separadamente e para a promoção da descontaminação das superfícies (granito, couro sintético e MDF) foram comparados dois tempos de exposição a luz UV-C diferentes: 5 e 10 s. As superfícies foram submetidas a exposição da luz UV-C através do equipamento UV SURFACE (Biolambda, São Paulo, Brasil, $\lambda=254$ nm, $P=20$ W). As superfícies foram irradiadas com uma distância de 1 cm das amostras, em modo varredura (Figura 3).



FIGURA 3: IRRADIAÇÃO DE DIFERENTES SUPERFÍCIES COM MOVIMENTOS DE VARREDURA CONFORME RECOMENDADO PELO FABRICANTE

FONTE: Próprio Autor.

Como controle negativo (CN) foram obtidas amostras das diferentes superfícies, também contaminadas com 3 mL de cada microrganismo, separadamente e limpas com álcool 70%, com o método *spray/dry wipe*.

Para fazer a coleta dos materiais das superfícies foram utilizados esfregaços de *swabs* estéreis embebidos em solução salina estéril por 30 s. Os *swabs* com o material coletado foram colocados em *eppenforfs* separados e identificados com 1 ml de solução salina estéril e submetidos a agitação mecânica (Vórtex) por 30 s e mantidos em repouso por 30 min.

Em uma placa de microtitulação, foi colocado em cada poço, 20 μ L de solução salina 0,85% estéril, na qual os *swabs* com o material coletado das superfícies ficaram submersos e foi acrescido 180 μ L de solução salina 0,85% estéril. Foram realizadas diluições seriadas na ordem de 1/10, com a finalidade de diminuir a concentração de UFC/mL, facilitando a contagem final. Com uma pipeta apropriada, quatro gotas de 10 μ L por diluição, foram inoculadas em placas de Petri, contendo como meio de cultura BHI. As placas foram feitas em triplicata para cada amostra, em três dias diferentes (n=9) e colocadas em estufa bacteriológica a 37°C, por 24 h.

As UFC encontradas nas placas de Petri foram multiplicadas pelo fator de diluição e os dados obtidos foram submetidos a análise estatística por teste *T Student*. As amostras foram consideradas significativamente diferentes quando $p < 0,05$.

A Figura 4 mostra o gráfico de descontaminação da superfície de granito contaminada com a bactéria *Escherichia coli*. No controle positivo granito (CPG) temos a superfície sem nenhum processo de descontaminação, por esse motivo apresentando uma grande quantidade de bactérias. No controle negativo (CNG) temos a descontaminação com álcool 70 %, mostrando redução de aproximadamente 1,5 logs de microrganismos em relação ao CPG. O uso da descontaminação com a luz UV-C (G5 e G10) mostraram redução completa de microrganismos com 5 e 10 s de exposição (Figura 4).

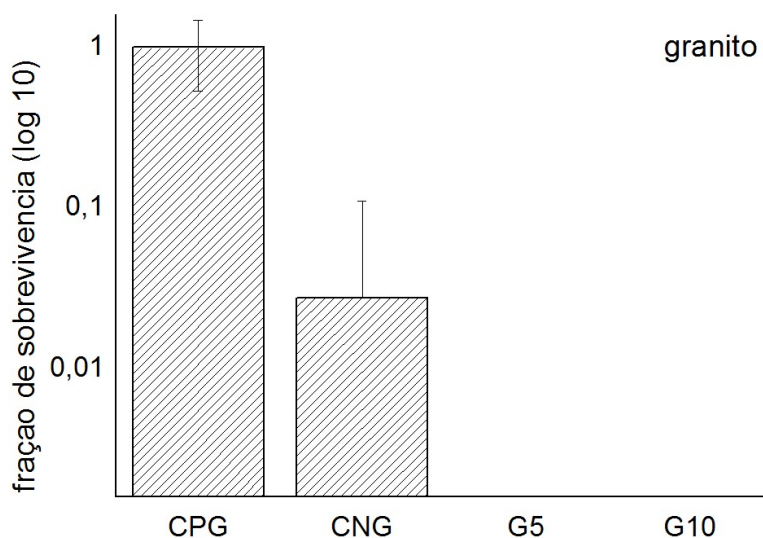


FIGURA 4 - DESCONTAMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE GRANITO CONTAMINADA COM *E. COLI*;
(AS BARRAS INDICAM O DESVIO PADRÃO)

FONTE: Próprio Autor

Na Figura 5 temos o gráfico da descontaminação da superfície de couro sintético contaminada com *E. coli*. No controle positivo (CPC), a superfície sem nenhum processo de descontaminação, por esse motivo apresenta uma grande quantidade de bactérias. A descontaminação com álcool 70% e exposição à luz UVC por 5 e 10 s promoveram a redução total de *E. coli* na superfície de couro sintético

(Figura 5).

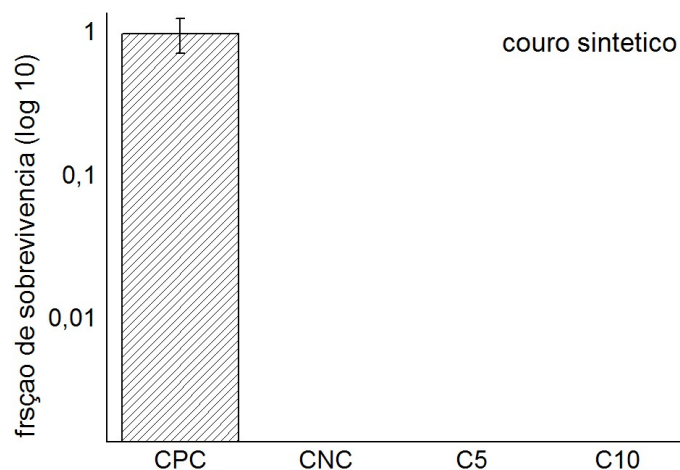


FIGURA 5 - DESCONTAMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE COURO SINTÉTICO CONTAMINADA COM *E. COLI*; (A BARRA INDICA O DESVIO PADRÃO)

FONTE: Próprio Autor

Na Figura 6 temos o gráfico de descontaminação da superfície de MDF contaminada com *E. coli*. No controle positivo MDF (CPM) temos a superfície sem nenhum processo de descontaminação, por esse motivo apresentando uma grande quantidade de bactérias. O uso das descontaminações com álcool 70% e luz UV-C (M5 e M10) mostraram redução completa de microrganismos já com 5 s de exposição (Figura 6).

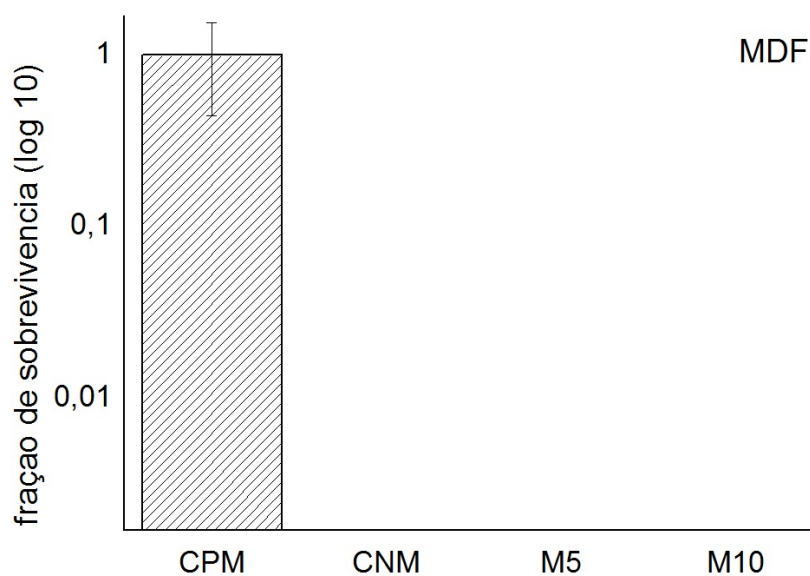


FIGURA 6 - DESCONTAMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE COURO SINTÉTICO CONTAMINADA COM *E. COLI*; (A BARRA INDICA O DESVIO PADRÃO)
 FONTE: Próprio Autor

A Figura 7 mostra o gráfico de descontaminação da superfície de granito contaminada com a bactéria *S. aureus*. No controle positivo granito (CPG) temos a superfície sem nenhum processo de descontaminação, por esse motivo verificamos grande quantidade de microrganismos. Na descontaminação de *S. aureus* na superfície de granito observamos que tanto o grupo controle negativo (CNG), tratado com álcool 70%, quanto os grupos irradiados com a luz UV-C (G5 e G10) tiveram redução total de *S. aureus*, independentemente do meio de descontaminação utilizado (Figura 7).

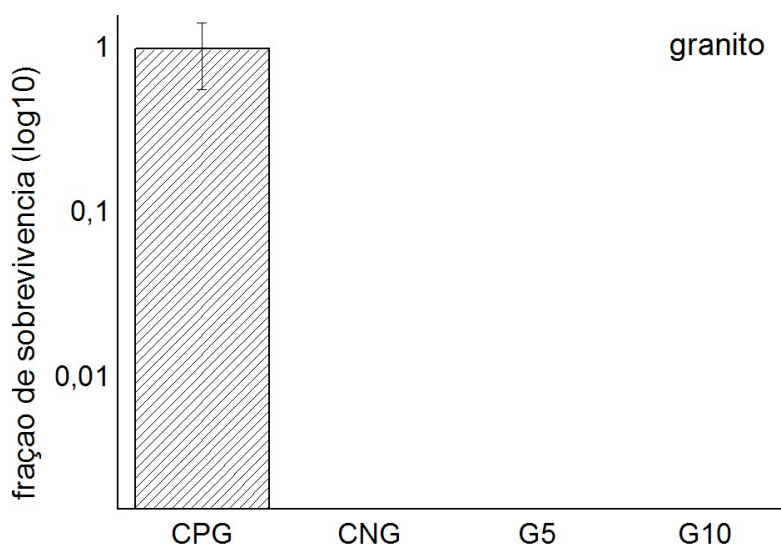


FIGURA 7- DESCONTAMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE GRANITO CONTAMINADA COM *S. AUREUS*; (A BARRA INDICA O DESVIO PADRÃO)

FONTE: Próprio Autor

Na Figura 8 temos o gráfico de descontaminação da superfície de couro sintético contaminada com *S. aureus*. No controle positivo (CPC), não foi realizado nenhum procedimento de descontaminação, por esse motivo apresenta uma grande quantidade de bactérias. Os resultados da descontaminação da superfície de couro sintético, assim como na superfície de granito, contaminadas com *S. aureus*, mostrou remissão total de microrganismos, independentemente do processo de descontaminação utilizado (Figura 8).

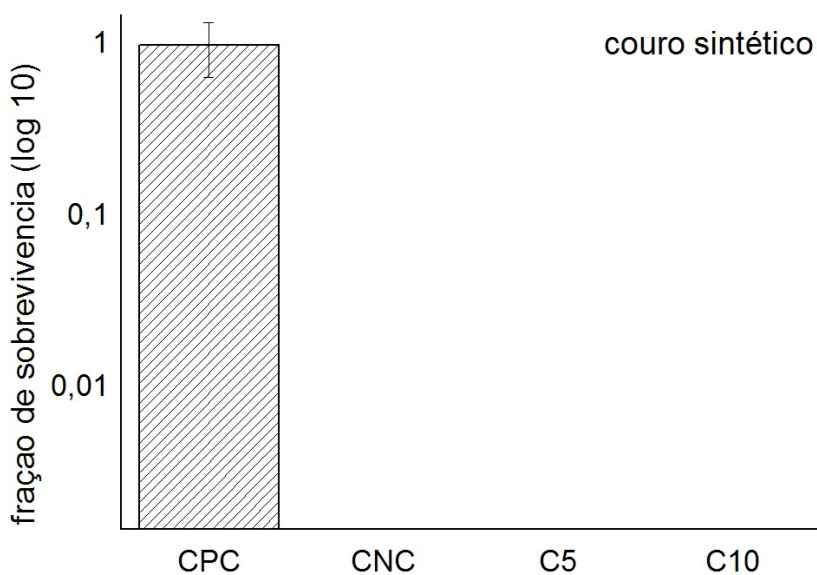


FIGURA 8 - DESCONTAMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE COURO SINTÉTICO CONTAMINADA COM *S. AUREUS*; (A BARRA INDICA O DESVIO PADRÃO)

FONTE: Próprio Autor

Na Figura 9 temos o gráfico de descontaminação da superfície MDF contaminada com *S. aureus*. Diferentemente do *E. coli* (Figura 3), na superfície de MDF, a redução *S. aureus* não foi total com o uso do álcool 70% (Figura 6). O uso da luz UV-C na descontaminação de *S. aureus* em superfície de MDF se mostrou eficaz com apenas 5 s de exposição (Figura 9).

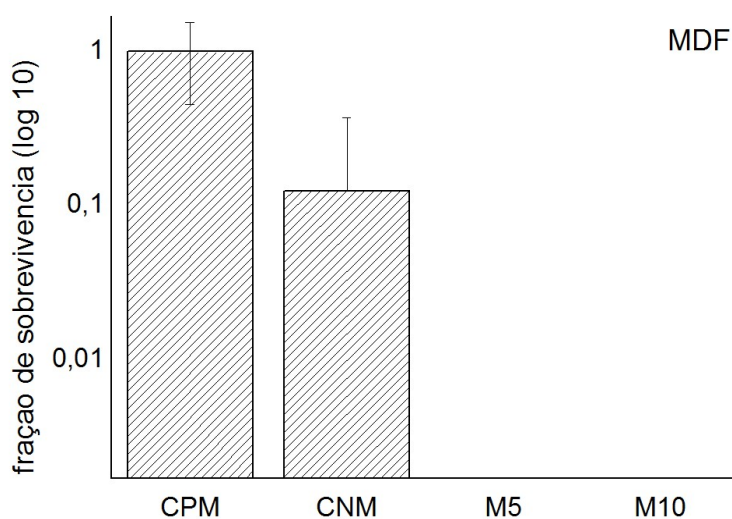


FIGURA 9 - DESCONTAMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE MDF CONTAMINADA COM *S. AUREUS*; (AS BARRAS INDICAM O DESVIO PADRÃO)

FONTE: Próprio Autor

Os resultados do nosso estudo mostraram que é possível descontaminar superfícies de granito, couro sintético e MDF com luz UV-C com apenas 5 s de irradiação.

O álcool 70% (p/v) possui concentração ótima para promover efeito bactericida, porque a desnaturação das proteínas dos microrganismos ocorre mais eficientemente na presença da água, pois esta facilita a entrada do álcool no microrganismo, retardando a volatilização do mesmo, permitindo maior tempo de contato. É um composto de fácil acesso, econômico, porém não pode ser usado em todas as superfícies e não é efetivo na presença de matéria orgânica aderida à superfície (GENZ, 2017).

Neste estudo, quando comparamos a efetividade de descontaminação das superfícies com álcool 70 % (p/v) pelo método *spray/dry wipe* e radiação UV-C, podemos observar que ambos são efetivos, no entanto, em algumas superfícies, a luz UV-C se mostrou mais eficaz que o álcool 70%.

O aparecimento de infecções nos ambientes de assistência à saúde pode estar relacionado ao uso de técnicas incorretas de limpeza e desinfecção de superfícies e manejo inadequado dos resíduos em serviços de saúde.

Limpeza e desinfecção consistem na remoção das sujidades depositadas nas superfícies inanimadas utilizando meios mecânicos, físicos ou químicos, em um determinado período de tempo (BASSO, 2004), com a finalidade de impedir a entrada e crescimento de microrganismos em um ambiente ou estrutura, tornando-os livres de microrganismos. Segundo RUTALA (2004), as superfícies limpas e desinfetadas conseguem reduzir em cerca de 99% o número de microrganismos, enquanto as superfícies que foram apenas limpas reduzem em 80%.

Ambientes de serviços de saúde têm sido foco de especial atenção para a minimização da disseminação de microrganismos, pois pode atuar como fonte de recuperação de patógenos potencialmente causadores de infecções relacionadas à assistência à saúde, como os microrganismos multirresistentes.

Atualmente, os meios de transmissão do COVID-19 confirmados são principalmente, mas não exclusivamente, contato com superfícies ambientais contaminadas e aerossóis. Estratégias de desinfecção baseadas em luz podem contribuir na prevenção de infecções cruzadas que normalmente ocorrem em ambientes médico-hospitalares.

A escolha das técnicas de limpeza e desinfecção está diretamente relacionada ao tipo de superfície a ser higienizada, a quantidade e o tipo de matéria orgânica presente (SEHULSTER, 2003).

Microrganismos são as menores formas de vida, podem ser encontrados em qualquer lugar e foram classificados segundo Whittaker, em 1969, de acordo com a organização celular, número de células e a forma de nutrição. Diferentes microrganismos apresentam susceptibilidades diferentes aos métodos de desinfecção. Fungos, esporos, vírus não envelopados e bactérias Gram-negativas são menos susceptíveis. Assim, células fúngicas apresentam o DNA protegido por membrana, são células maiores, quando comparadas a bactérias e possuem uma parede celular espessa e muito resistente, composta de oligossacarídeos (LOBO, 2009; TORTORA, 2005). UEKI (2008) testou a ação germicida da radiação UV em micobactérias e os resultados mostraram que esses microrganismos são mais sensíveis à radiação UV, quando comparadas às células fúngicas.

Nossos resultados mostraram que na superfície de granito contaminada com *E. coli*, a luz UV-C se mostrou 100 % eficaz no processo de descontaminação com 5 s de irradiação, já a descontaminação com álcool 70 %, não mostrou a mesma eficácia. Da mesma forma, a luz UV-C se mostrou mais eficiente que o álcool 70% na descontaminação de superfície de MDF, contaminada com *S. aureus*.

Esses resultados corroboram com estudo de MITCHELL (2019), que mostrou que a redução microbiana em superfícies limpas, depende das diferenças estruturais do microrganismo e do tipo de superfície. Microrganismos distintos apresentam diferenças na resistência aos raios UV (BEAUCHAMP, 2012; GUERRERO-BELTRAN, 2005). Alguns fatores nos microrganismos podem afetar a efetividade da luz UV-C, tais como: a espessura da parede celular, tamanho, fotoprodutos gerados por irradiação e capacidade de reparo de DNA (LOPEZ-MALO, 2005; TRAN, 2004). Além disso, o estado fisiológico dos microrganismos determina o grau de sensibilidade da UV-C (BUCHELI-WITSCHERL, 2010; WASSMANN, 2011).

KRISHNAMURTHY (2010) identificou o alvo do dano causado pela luz UV pulsada em *Staphylococcus aureus* usando espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (do inglês: *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* - FTIR) e microscopia eletrônica de transmissão (do inglês: *Transmission Electron Microscopy* - TEM). Cinco segundos (5 s) de exposição com luz UV pulsada resultou em danos irreversíveis às células de *S. aureus*: danos à parede celular, encolhimento da membrana citoplasmática e celular e colapso interno das estruturas foram observados. Conseqüentemente, o conteúdo celular extravasou do citoplasma levando à morte celular. Este estudo também confirmou que algumas das células microbianas foram inativadas sem qualquer dano estrutural, indicando o efeito fotoquímico da luz UV pulsada.

Com os parâmetros testados neste trabalho, verificamos a eficácia da luz UVC na inativação de *S. aureus* e *E. coli*, nas superfícies testadas. No entanto, estudos com parâmetros eficientes usando essa tecnologia de descontaminação de superfícies inanimadas são limitados, mas necessários para impedir a transmissão de doenças por fômites, uma vez que a desinfecção por radiação UV-C é considerada uma tecnologia sem contato e que se mostra como um complemento bem sucedido à limpeza manual em superfícies médico-hospitalares.

7 C
ON
CL
US
ÃO

O uso da luz UV-C, nos parâmetros testados se mostrou eficaz na descontaminação de todas as superfícies testadas: granito, couro sintético e MDF, mesmo no menor tempo avaliado, mostrando-se mais eficaz que a descontaminação com álcool 70% (p/v) apenas em superfícies de granito contaminadas com *E. coli* e em superfícies de MDF contaminadas com *S. aureus*.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A.M.S. et al. Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na descontaminação de águas com turbidez e cor moderadas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 7(1,2), p. 38-47, 2002.

ALZAIN, S. Effect of chemical, microwave irradiation, steam autoclave, ultraviolet light radiation, ozone and electrolyzed oxidizing water disinfection on properties of impression materials: A systematic review and meta - analysis study. **Saudi Dent J.**, v. 32(4), p. 161-170, 2020.

ANDRIOLO, A. Guias de medicina ambulatorial e hospitalar. São Paulo: ed. Manole, 2005.

BAGNATO VS; KURACHI C; MENEZES PFC; CHIANFRONE DJ; PIRES L. Dispositivo para desinfecção de superfícies. Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2016.

BAMBACE AMJ, BARROS EJA, SANTOS SSF, JORGE AOC. Eficácia de soluções aquosas de clorexidina para desinfecção de superfícies. **Rev Biociênc.**, v. 9(2), p. 73-81, 2003.

BEAUCHAMP S, LACROIX M. Resistance of the genome of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* to irradiation evaluated by the induction of cyclobutane pyrimidine dimers and 6-4 photoproducts using gamma and UV-C radiations. **Radiation Physics and Chemistry.**, v. 81, p. 1193-1197, 2012.

BECK SE, RODRIGUEZ RA, HAWKINS MA, HARGY TM, LARASON TC. Linden KG. Comparison of UV-Induced Inactivation and RNA Damage in MS2 Phage across the Germicidal UV Spectrum. **Appl Environ Microbiol.**, v. 82(5), p. 1468-74, 2015.

BINTSIS T., LITOPOULOU-TZANETAKI E, ROBINSON R. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry – A critical review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 637–645, 2000.

BOYCE JM, DONSKEY CJ. Understanding ultraviolet light surface decontamination in hospital rooms: A primer. **Infect. Control Hosp. Epidemiol.**, 1–6, 2019.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Segurança do paciente em serviços de saúde: limpeza e desinfecção de superfícies. Agência Nacional de Vigilância Sanitária.** Brasília: Anvisa; 2010.

BUCHELI-WITSCHER M., BASSIN C, EGLI T. UV-C inactivation in *Escherichia coli* is affected by growth conditions preceding irradiation, in particular by the specific growth rate. **Journal of Applied Microbiology**, v. 109, p. 1733-1744, 2010.

CASSETTARI, V. C.; STRABELLI, T.; MEDEIROS, E. A. S. *Staphylococcus aureus* bacteremia: what is the impact of oxacillin resistance on mortality ? **Braz J Infect Dis.**, v. 9, n. 1, p. 70-6, 2005.

CDC-Center of Diseases Control and Prevention. Guideline for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities: Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). MMWR. [periódico na Internet] . 2003; [acesso 27 de maio 2021]; 52(RR-10):1-48.

CHEN Q, XIE S, LOU X, CHENG S, LIU X, ZHENG W, ZHENG Z, WANG H. Biofilm formation and prevalence of adhesion genes among *Staphylococcus aureus* isolates from different food sources. **Microbiology Open**, v. 9 (1), e00946, 2020.

CHO S, SHIN MH, KIM YK, SEO JE, LEE YM, PARK CH, CHUNG JH. Effects of infrared radiation and heat on human skin aging *in vivo*. **J Invest Dermatol Symp Proc.**,v. 14, p. 15-9, 2009.

DARNELL, Miriam ER et al. Inactivation of the coronavirus that induces severe acute respiratory syndrome, SARS-CoV. *Journal of virological methods*, v. 121, n. 1, p. 85-91, 2004.

DONG, Xiao-Ping et al. Stability of SARS coronavirus in human specimens and environment and its sensitivity to heating and UV irradiation. 2003.

DONSKEY CJ. Does improving surface cleaning and disinfection reduce healthcare-associated infections? **American Journal of Infection Control.**, v. 41, p. S12-S19, 2013.

FERNANDEZ CS, DE MELLO EB, DE ALENCAR MJS ALBRECHT N. Conhecimento dos dentistas sobre contaminação das hepatites B e C na rotina odontológica. **Rev Bras Odontol.**, v. 70(2), p. 192-5, 2013.

FISCHER RJ, MORRIS DH, VAN DOREMALEN N, et al. Assessment of N95 respirator =decontamination and re-use for SARS-CoV-2. **medRxiv**, 2020.

GENZ TB, CALLAI T, SCHLESENER VRF, OLIVEIRA CF, RENNER JDP.

Antibacterial effectiveness of cleaning agents in the disinfection of dental office surfaces. **RFO, Passo Fundo**, v. 22 (2), p.162-166, 2017.

GUERRERO-BELTRAN J.A., BARBOSA-CANOVAS G.V. Review: Advantages and Limitations on Processing Foods by UV Light. **Food Science and Technology International**, v. 10, p.137-147, 2004.

IUVA. Fact Sheet on UV Disinfection for COVID-19. **LEDs Magazine**, 2020. https://iuva.org/resources/IUVA_Fact_Sheet_on_COVID_19.pdf, acesso em 04/08/2021.

MOURA, ALEX et al. Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de águas com turbidez e cor moderadas. 2002.

MACEDO, F., PINHO, F., LADEIRA, K., NUNES, C., GONÇALVES, F., PINTO, L., & CAPELA, C. Endocardite por *Escherichia Coli*: Quando o Improvável Acontece. **Gazeta Médica**, 2018.

LENZI, C. F. **Estudos de complementação fenotípica de mutante pso 2-1 de *Saccharomyces cerevisiae* pelos genes uvr de *Escherichia coli***. Porto Alegre: UFRGS, 2005. 85p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular e Molecular, Centro de Biotecnologia do Estado do Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

LIMA FRN, MELO AU, RIBEIRO CF, NEVES AC, BRANDT WC, CONCÍLIO LRS. Avaliação das condutas de biossegurança em consultórios odontológicos da rede pública e privada. **Clín e Pesq Odontol Unitau**, v. 4(1), p. 2-6, 2012.

LOBO MG. COSTA BP, WISBECK E. Avaliação da desinfecção de água por reator utilizando radiação ultravioleta. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 3, p. 21-36, 2009.

LOPEZ-MALO A., PALOU E. Ultraviolet light and food preservation, in: Barbosa-Canovas GV, Tapia MS, Cano MP. (Eds.), **Novel food processing Technologies**. CRC Press, Madrid, Spain. p. 464-484, 2005.

MICHELIN L, LAHUDE M, ARAÚJO PR, GIOVANAZ DSH, MULLER G, DELAMARE APL et al. Pathogenic factors and antimicrobial resistance of *Staphylococcus epidermidis* associated with no-socomial infections occurring in intensive care units. **Braz J Microbiol.**, v. 36(1), p. 17-23, 2005.

MITCHELL JB, SIFUENTES LY, WISSLER A, ABD-ELMAKSOU S, LOPEZ GU, GERBA CP. Modeling of ultraviolet light inactivation kinetics of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA), vancomycin-resistant *Enterococcus* (VRE), *Clostridium difficile* spores and murine norovirus on fomite surfaces. **J Appl Microbiol.** v. 126(1), p. 58-67, 2019.

OPLUSTIL CP, ZOCCOLI CM, TOBOUTI, NR. **Procedimentos básicos em microbiologia clínica.** São Paulo, ed. Sarvier, 2010.

PANOUSI MN, WILLIAMS GJ, GIRDLESTONE S, HIOM SJ, MAILLARD JY. Evaluation of Alcohol Wipes Used During Aseptic Manufacturing. Society for Applied Microbiology. **Letters Appl Microbiol.** , v. 48, p. 648-51, 2009.

PIGATTO, G. **Irradiação UV em *Xantomonas campestris* pv. *campestris* visando a produção da goma xantana.** São José do Rio Preto: UNESP, 77 f., Dissertação (Mestrado), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2008.

RIBEIRO, R. P.; SANTOS, V. M.; MEDEIROS, E. C.; et al. Avaliação do fator de proteção solar (FPS) in vitro de produtos comerciais e em fase de desenvolvimento. **Pharmacia Brasileira**, v. 16, p. 86-88, 2004.

ROCHA, B. C. C. M.; REIS, R. P. A.; ARAÚJO, J. V. G. Avaliação de sistema de tratamento de água de chuva coletadas em telhado de cimento amianto, utilizando filtração e desinfecção por UV e cloro. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 1, n. 3, p. 12-18, 2011.

RUTALA WA, WERBER DJ. The benefits of surface disinfection. **American Journal Infection Control**, v.32, p.226-231, 2004.

RUTALA WA, WEBER DJ, HEALTHCARE INFECTION CONTROL PRACTICES ADVISORY COMMITTEE. **Guideline for disinfection and sterilization in healthcare facilities,** 2008. Accessible version: <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/>

SCHECHTER, M.; MARANGONI, D. V. **Doenças infecciosas: conduta, diagnóstico e terapêutica.** 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

SYOBODOVAS A, WALTEROVA D, VOSTALOVA J. Ultraviolet light induced alteration to the skin. **Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub.** v. 150, p. 25-38, 2006.

TORTORA GJ. FUNKE BR. CASE CL. **Microbiologia**. 8. Edição, ed: Porto Alegre: Artmed, 894p., 2005.

TRAN MTT, FARID M. Ultraviolet treatment of orange juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 5, p. 495-502, 2004.

TSENG C, LI, CS. Inactivation of viruses on surfaces by ultraviolet germicidal irradiation. **J Occup Environ Hyg.**, v. 4, p. 400-95, 2007.

UEKI SYM, CHIMARA E, YAMAUCHI JU, et *al.* Monitoramento em cabine de segurança biológica: manipulação de cepas e descontaminação em um laboratório de micobactérias. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 44, n. 4, p. 263-269, 2008.

WASSMANN M., MOELLER R., REITZ G., & RETTBERG P. Growth phase-dependent UV-C resistance of *Bacillus subtilis*: data from a short-term evolution experiment. **Archives of Microbiology**, v. 193, p. 823-832, 2011.