

## CÂMARA DE DESINFECÇÃO DE JALECO POR LUZ UV-C

Kauanny Andrade Venâncio Lopes  
Graduanda em Sistemas Biomédicos pela Fatec Bauru  
kauanny.lopes@fatec.sp.gov.br

Maximus Israel Oro  
Graduando em Sistemas Biomédicos pela Fatec Bauru  
maximus.oro@fatec.sp.gov.br

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Rogéria Maria Alves de Almeida  
Doutorado em Ciências Biológicas (Microbiologia)  
rogeria.almeida@fatec.sp.gov.br

Coorientador: Rafael Balan Diman  
Especialista em Engenharia da Manutenção  
rafael.diman@fatec.sp.gov.br

### RESUMO

A câmara de Desinfecção de Jaleco por luz UV-C foi desenvolvida visando a profilaxia de jalecos que são usados em ambientes com contaminação biológica, bem como laboratórios, hospitais, clínicas. Por ser de uso prolongado, é importante essa descontaminação para que não desencadeie contaminações cruzadas, sendo o objetivo principal do projeto promover a segurança do usuário e das pessoas em contato com ele. A câmara foi construída em material MDF (30cm x 30cm x 30cm), sendo dimensões científicas como um protótipo. Dentro da cabine, foram instaladas 2 lâmpadas UV-C de 254 nm cada, que irão executar a desinfecção do jaleco. Na parte superior há um motor giratório que irá mover o jaleco em 360 graus para uma completa descontaminação. Para a segurança do usuário, foi instalada uma trava de segurança, que é acionada ao abrir a porta no meio do processo, interrompendo assim a ligação da luz e do motor, prevenindo a exposição e segurança daqueles próximos ao equipamento. Foram realizados testes microbiológicos, onde foi delimitada uma área na parte da frente e nas mangas, com moldes vazados, que foram contaminados com a bactéria *Staphylococcus epidermidis* e *Escherichia coli*. As coletas foram realizadas com swabs na área delimitada do molde, pré e pós-desinfecção com a luz UV-C, após 1 e 4 minutos. Os resultados demonstraram que houve desinfecção total do jaleco após 1 minuto, portanto conclui-se que a câmara de desinfecção é altamente eficiente, sendo um equipamento de segurança para os profissionais da área de saúde.

**Palavras-chave:** câmara; jaleco; desinfecção; luz UV-C; segurança; contaminação biológica

## **1 INTRODUÇÃO**

Conforme a entrevistada Tatiana Chaves, diretora da Divisa (Diretoria Estadual de Vigilância Sanitária da Secretaria Estadual de Saúde), “o jaleco é um depósito de agentes biológicos altamente infectantes, carrega vírus e bactérias e as pessoas que o usam fora do ambiente próprio, pode ser responsável por disseminar patologias” (Assessoria de Comunicação SESAPI, 2009). O primeiro contato com a pele, líquido e secreções do paciente é com o jaleco que o profissional da saúde utiliza, sendo assim, um sítio de contato, que tem alta concentração de organismos patógenos. (Carvalho et al., 2009).

Biossegurança é definida como o conjunto de ações voltadas para a prevenção, minimização ou eliminação de riscos inerentes às atividades de pesquisa, produção, ensino, desenvolvimento tecnológico e prestação de serviços, riscos que podem comprometer a saúde do homem, dos animais, do meio ambiente ou a qualidade dos trabalhos desenvolvidos (Carvalho et al., 2009).

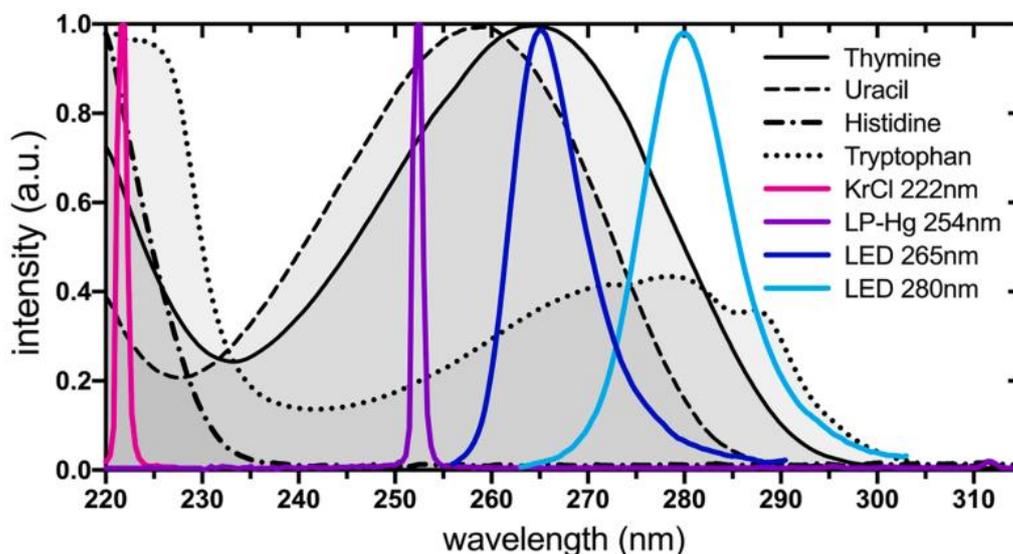
A disseminação de agentes biológicos se torna nociva à saúde da população, visto que, diariamente, encontra-se enfermeiros, médicos e outros profissionais da saúde utilizando os jalecos em lanchonetes, restaurantes, shoppings. Dessa forma, o objetivo principal do trabalho foi desenvolver uma forma rápida e eficiente com um método simples: luz UV-C. Visa-se diminuir os níveis de microrganismos alojados nos jalecos, abrandando os riscos de contágio cruzado, em conformidade com as normas de biossegurança.

A luz UV-C é capaz de danificar o DNA e RNA de agentes infecciosos por meio da formação de dímeros de timina/timina que prejudicam o processo de transcrição, tendo-se como resultado a inativação do microrganismo. (Freire, 2024).

## **2 LUZ UV-C**

A radiação solar é responsável por realizar o aquecimento e sobrevivência na Terra. Essa radiação é composta por um espectro de luz formado por luz infravermelha, luz visível e luz ultravioleta. A luz ultravioleta possui algumas subdivisões, sendo essas: UV-A, UV-B e UV-C. A que possui ação germicida é a UV-C, possuindo comprimento de onda de 200-280nm (Choudhary e Bandla, 2012). A luz UV-C começou a ser usada como antibactericida a partir de 1910, quando foi instalado o primeiro sistema de água potável em Marseille, na França (Bagnato et. al., 2019, apud Durães, 2022, p.11).

Figura 1: Espectros de absorção normalizados dos principais cromóforos celulares de UV-C (timina, uracila, histidina e triptofano) e espectros de emissão de UV-C dos emissores artificiais mais utilizados (lâmpadas excimer de KrCl, lâmpadas de mercúrio de baixa pressão e LEDs).



Fonte: Sellera et. al, (2021)

Sellera et al., (2021) observaram que na absorção da luz UV-C realizada pelo RNA são desenvolvidos dímeros de pirimidina que bloqueiam a transcrição. Nessa mesma etapa, os aminoácidos bloqueiam a atividade das enzimas e a funcionalidade das proteínas. Dessa forma, A luz UV-C tem o efeito germicida pela razão dela provocar danos fotoquímicos no DNA/RNA do patógeno, possibilitando a inativação viral de forma independente ou combinada. A UV-C é uma boa alternativa para quando não se pode utilizar agentes desinfetantes líquidos.

A tabela 1, mostra as doses de radiação necessárias para a inativação de alguns patógenos:

Tabela 1 – Dose de radiação para inativação de microrganismo patogênicos

Bactéria	90% de desinfecção - 1 x D10 dose	99% de desinfecção - 3 x D10 dose
<i>Escherichia coli (no ar)</i>	7w s/m <sup>2</sup>	21w s/m <sup>2</sup>
<i>Legionella pneumophila</i>	9w s/m <sup>2</sup>	27w s/m <sup>2</sup>
<i>Staphylococcus aureus</i>	22w s/m <sup>2</sup>	66w s/m <sup>2</sup>
<i>Proteus vulgaris</i>	27w s/m <sup>2</sup>	81w s/m <sup>2</sup>
<i>Salmonella enteritidis</i>	40w s/m <sup>2</sup>	120w s/m <sup>2</sup>
<i>Pseudomonas enteritidis</i>	55w s/m <sup>2</sup>	165w s/m <sup>2</sup>
<i>Bacterium subtilis</i>	60w s/m <sup>2</sup>	180w s/m <sup>2</sup>

Fonte: Bagnato et.al, (2016).

Atualmente, no Brasil, pesquisas têm sido realizadas com a luz UV-C, desse modo Ossugui, Almeida e Diman (2022) elaboraram uma caixa com luz LED UV-C para desinfecção de aparelhos intraorais, onde foram realizadas análises microbiológicas utilizando amostras de polímeros circulares (área de 12,56cm<sup>2</sup>) contaminados com suspensão de 1,5 x10<sup>8</sup> UFC/ml, expostos à luz UV-C por 1, 5 e 10 minutos. Os resultados das análises microbiológicas demonstraram que houve inibição total de *Staphylococcus aureus* após exposição à luz UV-C a partir de 1 minuto.

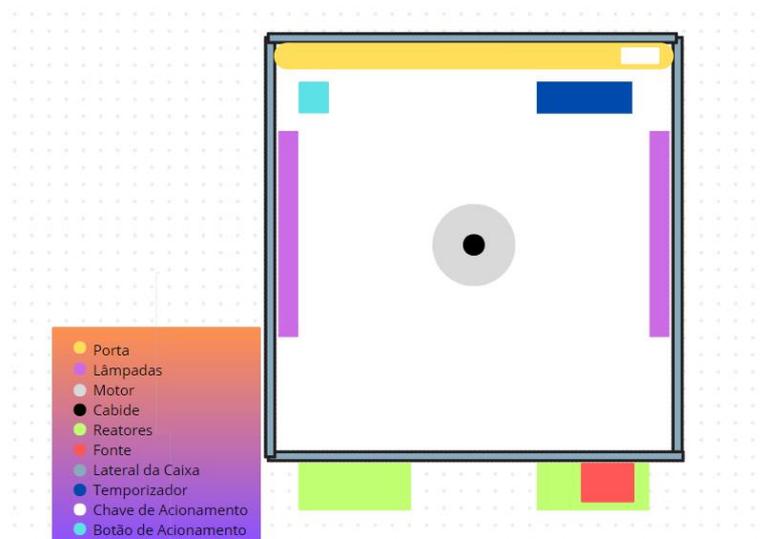
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 MATERIAL

##### 3.1.1 Mapeamento do protótipo

No mapeamento, idealizou-se como seria o projeto, determinando o posicionamento, por meio de desenho, construindo a estrutura para iniciar o protótipo físico. É uma etapa importante para o protótipo ser preparado seguindo as peças que foram idealizadas.

Figura 2 - Mapeamento do protótipo



Fonte: Autores (2024).

Para a montagem da cabine, utilizou-se uma caixa de madeira em MDF na proporção (30cm x 30cm x 30cm), com 2 reatores, 2 luzes UV-C cada de 254 nm, 4 soquetes, uma fonte de 9V, uma chave de acionamento, uma chave tátil (push botton), um motor de micro-ondas para movimento rotacional, um temporizador para chocadeira e um imã pequeno (Figura 3).

Figura 3 - Câmara De Desinfecção De Jaleco Por Luz UV-C



Fonte: Autores (2024).

Para a montagem da câmara com luz UV-C foi instalado na parte superior da um temporizador para a luz UV-C, um botão e uma chave de acionamento, uma fonte de 9V, um reator e 2 lâmpadas UV-C de 254 nm (Quadro 1).

Quadro 1 - Componentes utilizados para a montagem da câmara

<p>Botão de acionamento</p> 	<p>Chave de Acionamento</p> 	<p>Fonte</p> 
<p>Temporizador de Chocadeira</p> 	<p>Reator</p> 	<p>Lâmpada UV-C</p> 

Fonte: Autores (2024).

## 3.2 MÉTODOS

### 3.2.1 Testes microbiológicos

Os testes microbiológicos para verificar a eficiência do processo de desinfecção, foram realizados no Laboratório Microbiologia da Faculdade de Tecnologia – Fatec/Bauru.

Foram utilizadas cepas de referência American Type Culture Collection (ATCC) de *Staphylococcus epidermidis* e *Escherichia coli*, provenientes das subculturas do Instituto Lauro Souza Lima de Bauru, SP, para testar a eficiência da luz UV-C. As cepas bacterianas foram subcultivadas em ágar Nutriente (*S.epidermidis*) e agar Mac Conkey (*E.coli*), com alça bacteriológica descartável, incubadas em estufa bacteriológica a 37°C por 24-48 horas.

Para a realização dos testes microbiológicos, a fim de isolar e destacar a área de contaminação, desenvolveu-se moldes com papel de fotografia. Na fase de contaminação do jaleco foi utilizado moldes de 6 cm x 4 cm e para as mangas moldes menores, de tamanho 4 cm x 4 cm, ambos com um espaço de 1 cm x 1 cm no meio. Antes dos testes serem inicializados, os moldes e o jaleco foram colocados na autoclave para serem esterilizados.

Para a contaminação das áreas delimitadas pelos moldes previamente esterilizados, foi preparada uma suspensão de *S. epidermidis* e *E.coli* com concentração de 10<sup>8</sup> Unidades Formadoras de Colônias (UFC/ml) diluída em 9 ml de água estéril, de acordo com a escala 0,5 de Mac Farland.

Foram utilizados 2 moldes como controle, sem contaminação com *S.epidermidis* ou *E.coli*, que foram incubados a 37°C por 24-48 horas, sendo feita a coleta pré e pós-desinfecção nas mesmas condições das amostras coletadas das áreas dos moldes contaminados.

Utilizou-se placas de agar nutriente para *S.epidermidis* e agar Mac Conkey para *E.coli*, utilizando-se 2 moldes na frente na parte da frente e 1 molde em cada manga, identificando-se as etapas pré e pós-desinfecção na superfície das placas de Petri.

### 3.2.2 Contaminação dos jalecos (pré-desinfecção)

As etapas de contaminação, foram realizadas dentro da capela de fluxo laminar, onde a suspensão de *S.epidermidis* foi espalhada na parte interna dos 2 moldes da frente e nos moldes das mangas do jaleco, com auxílio de swabs estéreis, deixando-se inerte por 5 minutos para adesão da bactéria. Em seguida, foi realizada uma coleta da metade da área interna dos moldes (pré-desinfecção) com swabs estéreis umedecidos em água estéril. O mesmo procedimento foi realizado com a suspensão da *E.coli*. (Figura 4).

Figura 4 - Jaleco com os moldes vazados na frente e nas mangas



Fonte: Autores (2024).

### 3.2.3 Desinfecção dos jalecos na câmara de luz UV-C

Após a etapa de contaminação, o jaleco foi retirado da capela com seus moldes ainda fixados e colocado dentro do protótipo de desinfecção de jaleco. A câmara de desinfecção de jaleco foi configurada com um tempo de 1 minuto de ativação da luz UV-C (pós-desinfecção). Após o temporizador zerar, o jaleco foi removido e inserido na capela de fluxo laminar, onde foi feito o processo de coleta com swabs estéreis umedecidos em água estéril, semeando-se as amostras em agar nutriente para *S.epidermidis*. Em seguida, o jaleco foi colocado novamente na câmara sob ação da luz UV-C por 4 minutos. O mesmo procedimento foi realizado com a suspensão da bactéria *E.coli*, semeando-se as amostras de pré e pós-desinfecção em agar Mac Conkey.

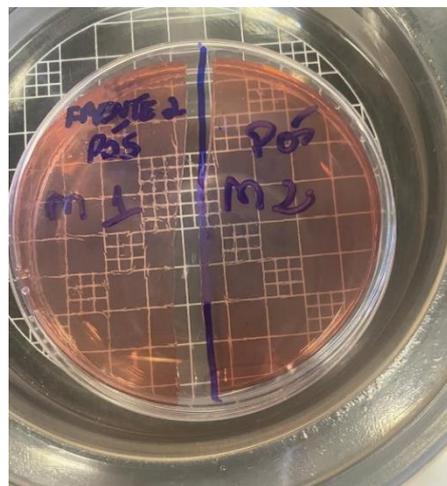
Em seguida, todas as placas com agar nutriente e agar Mac Conkey foram incubadas a 37° C por 24-48 horas. Após o período de incubação, foi realizada a contagem de UFC/cm<sup>2</sup>, no contador de colônias CP Plus 600 (Figuras 5,6,7 e 8).

Figura 5- Contagem de UFC/cm<sup>2</sup> da bactéria *E.coli* pré-desinfecção em agar Mac Conkey



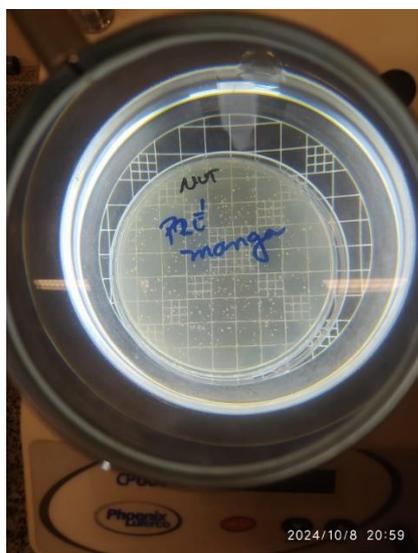
Fonte: Autores (2024).

Figura 6- Contagem de UFC/cm<sup>2</sup> da bactéria *E.coli* pós-desinfecção em agar Mac Conkey



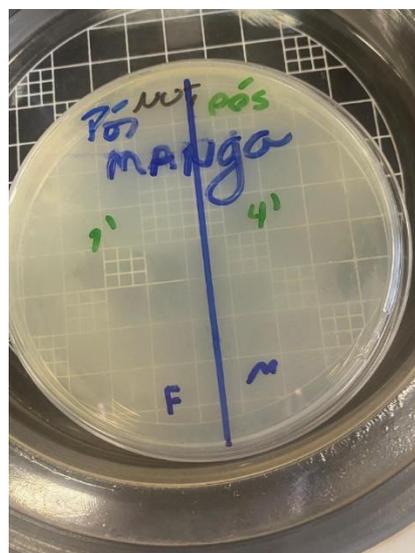
Fonte: Autores (2024).

Figura 7- Contagem de UFC/cm<sup>2</sup> da bactéria *S.epidermidis* pré-desinfecção em agar nutriente.



Fonte: Autores (2024).

Figura 8- Contagem de UFC/cm<sup>2</sup> da bactéria *S.epidermidis* pós-desinfecção em agar nutriente.



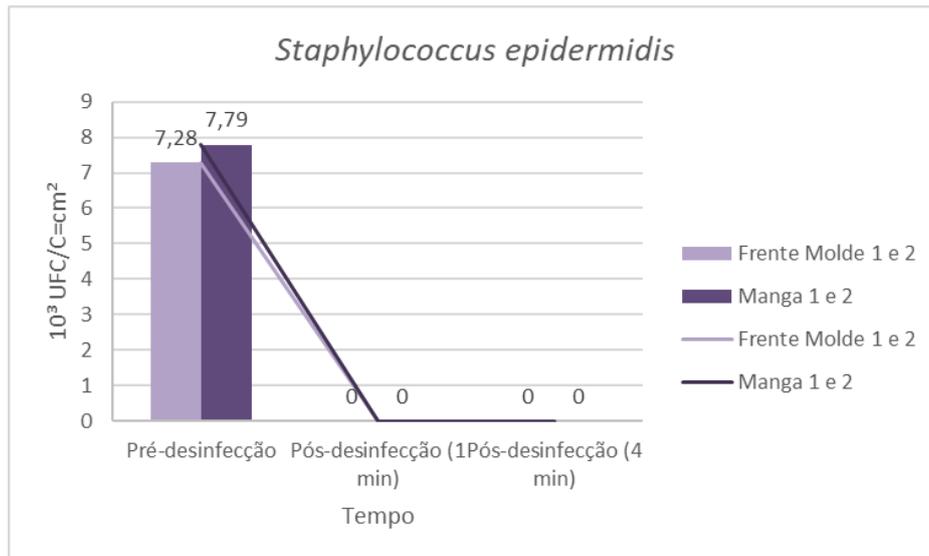
Fonte: Autores (2024).

Essas figuras destacam visualmente a eficiência do processo de desinfecção da Câmara de desinfecção de jaleco, ao comparar as condições pré-desinfecção e pós-exposição à luz UV-C.

## 4 RESULTADOS

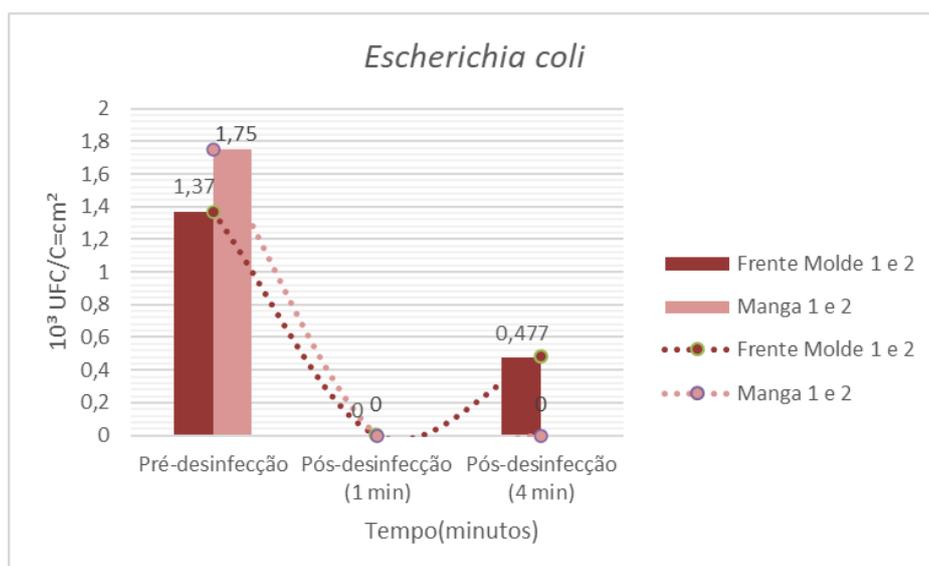
Os gráficos 1 e 2 expressam os resultados da contagem de UFC/cm<sup>2</sup> das placas de agar nutriente com *S.epidermidis* e agar Mac Conkey com *E.coli* , após o período de incubação. Os resultados foram obtidos mediante a contagem das colônias, de uma área de 1cm x 1cm do contador de colônia, multiplicando pela área da placa e se obtendo o resultado em UFC/cm<sup>2</sup> (Figura 8).

Gráfico 1 – Teste microbiológico pré e pós desinfecção com luz UV-C do jaleco contaminado com *Staphylococcus epidermidis*



Fonte: Os autores (2024).

Gráfico 2 – Teste microbiológico pré e pós desinfecção com luz UV-C do jaleco contaminado com *Escherichia coli*



Fonte: Os autores (2024).

Durante a análise de contagem de colônias, verificou-se que a *Staphylococcus epidermidis* nos moldes frente 1 e 2 tiveram um crescimento na pré-desinfecção de  $7,28 \times 10^3$  UFC/cm<sup>2</sup>, e nas mangas moldes 1 e 2 tiveram um crescimento de  $7,79 \times 10^3$  UFC/cm<sup>2</sup>. No pós não foi constatado o crescimento de nenhuma colônia, nos dois tempos testados (1 e 4 minutos).

Na análise da *Escherichia coli*, nos moldes frente 1 e 2, o crescimento na etapa de pré-desinfecção foi de  $1,37 \times 10^3$  UFC/cm<sup>2</sup>, enquanto nas mangas 1 e 2 foi de  $1,75 \times 10^3$  UFC/cm<sup>2</sup>. Foi observado que no teste de pós-desinfecção de 1 minuto não teve crescimento. Já no de 4 minutos se constatou o crescimento de colônia, sendo  $0,477 \times 10^3$  UFC/cm<sup>2</sup>.

## 5 DISCUSSÃO

Este estudo relata a eficácia da câmara de desinfecção com o uso da luz UV-C para a descontaminação de jalecos. Nos resultados obtidos prova-se que o uso da câmara é eficaz na desinfecção de jalecos, sendo uma importante estratégia na redução e/ou na eliminação de microrganismos. É uma ferramenta poderosa para mitigar a transmissão de bactéria e vírus.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a luz UV é eficaz para inativar microrganismos nas faixas de UV-B e UV-C entre 200-310nm, com eficácia máxima em torno de 265nm. Sua ação ocorre em razão das bases de timina no ácido desoxirribonucleico (DNA) e no ácido ribonucleico (RNA). No Brasil a Anvisa intensificou a publicação de normas para a utilização da Luz UV-C para desinfecção de ambientes, EPIs e equipamentos nos setores da saúde (ANVISA, 2020).

Os testes microbiológicos evidenciaram que o *Staphylococcus epidermidis*, foi sensível a luz UV-C após 1 e 4 minutos, tendo-se a desinfecção dos jalecos em 100% das áreas testadas (frente e mangas). Esses resultados estão de acordo com Ossugui, Almeida e Diman (2022), que avaliaram ação da luz UV-C LED para desinfecção de próteses intraorais contaminadas com *S.epidermidis*.

Entretanto, no resultado de 4 minutos da *Escherichia coli* houve um pequeno crescimento de colônias, mas acredita-se que é pelo alto nível de propagação da bactéria, que pode ter penetrado embaixo da borda dos moldes. Com isso, pode-se observar que a ação de desinfecção da luz UV-C sobre a *Escherichia coli* é de 65,18%. Esses resultados poderiam ser repetidos, com essa bactéria Gram-negativa mais duas vezes, porém não foi possível por problemas técnicos na autoclave, que foi usada para esterilizar o jaleco para testes.

Embora estudos demonstrem resultados similares aos apresentados, a aplicação da luz UV-C é vista como uma estratégia complementar, não sendo indicada como substituta da limpeza mecânica. Isso se deve à limitação da tecnologia em alcançar áreas obscurecidas.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conclui-se que a câmara de desinfecção se mostrou eficaz utilizando a luz UV-C para atenuar ou eliminar microrganismos infecciosos. Seria um objeto de extrema importância para os profissionais da saúde, e deveria se tornar um protocolo de biossegurança dentro de hospitais, clínicas, laboratórios, para que esses profissionais não levem o agente infeccioso para o ambiente externo.

Durante o desenvolvimento do protótipo, foram investigados aspectos técnicos, como a eficácia da radiação UV-C na eliminação de micro-organismos, além de questões de segurança, sustentabilidade e viabilidade econômica. Os resultados obtidos indicam que a tecnologia UV-C é uma ferramenta promissora, com potencial para integrar práticas regulares de controle de infecção, reduzindo a necessidade de métodos químicos e minimizando impactos ambientais.

Ademais, o projeto destacou a importância de uma abordagem multidisciplinar, integrando conhecimentos de engenharia biomédica, microbiologia e normas regulatórias, para a criação de um produto seguro e funcional. Através deste trabalho, foi possível não apenas comprovar a viabilidade técnica da câmara de desinfecção, mas também evidenciar o papel essencial da pesquisa acadêmica na resolução de problemas reais enfrentados pela sociedade.

## 7 REFERÊNCIAS

Assessoria de comunicação SESAPI. **Vigilância Sanitária alerta sobre o mau uso do jaleco**. Secretaria de Estado da Saúde do Piauí, 12 dez. 2009. Disponível em: <https://www.saude.pi.gov.br/noticias/2009-12-12/2947/vigilancia-sanitaria-alerta-sobre-o-mau-uso-do-jaleco.html>. Acesso em: 27 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA) - NOTA TÉCNICA n<sup>o</sup> 108/2020/SEI/COSANGHCOS/DIRE3/ANVISA. **Uso de luz ultravioleta (UV) para desinfecção de ambientes públicos e hospitalares**. Ministério da Saúde: Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/arquivos-noticias-anvisa/114json-file-1>. Acesso em: 13 nov. 2024.

BAGNATO, V. S. et.al. (2016). **Dispositivo para desinfecção de superfícies**. Rio de Janeiro: República Federativa do Brasil - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e do Comércio Exterior - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Disponível em: [https://repositorio.usp.br/directbitstream/7c92076b-3dea-4b2e-ab8d-f36192634a19/PROD025227\\_2779661.pdf](https://repositorio.usp.br/directbitstream/7c92076b-3dea-4b2e-ab8d-f36192634a19/PROD025227_2779661.pdf). Acesso em: 11 set. 2024.

CARVALHO, CMRS, et al. 2009. **Aspectos de biossegurança relacionados ao uso do jaleco pelos profissionais de saúde: uma revisão da literatura**. Texto Contexto Enferm. Abr-Jun de 2009, Vol. 18, 2, pp. 355-360.

CHOUDHARY, R; e Bandla, S. (2012). **Pasteurização ultravioleta para indústria de alimentos**. Revista Internacional de Ciência de Alimentos e Engenharia de Nutrição, 2(1), 12-15.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. v. 2. São Carlos: Rima, 2005.

DURÃES, A. R. C. **Desinfecção de ambulâncias utilizando radiação UVC**. 2022. 55 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN, São Paulo. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/>. Acesso em: 11 set. 2024

FORTUNATO, N. D.; MORAES, A. M.; BOCHINI, A. M.; VIANA, J. R.; SOUZA, M. F. G. **Utilização de jalecos por profissionais de saúde: hábitos e condutas**. *Acta Paulista de Enfermagem*, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 638-644, ago. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ape/a/GSrkJnpztf7gDPV7dgwSRTb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27 ago. 2024.

FREIRE, J.O, PAES, G.O, GONZALEZ, C.M, BARREIROS, M.G, FERREIRA, A. L. **Luz UVC como estratégia de desinfecção do ar e superfícies hospitalares**. *Acta Paul Enferm*. 2024;37:eAPE002191. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ape/a/GSrkJnpztf7gDPV7dgwSRTb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27 ago. 2024.

OSSUGUI, R. Y, ALMEIDA, R.M.A, DIMAN, R.B. **Eficiência da caixa com luz LED UV-C para desinfecção de aparelhos intraorais**. In: FERREIRA, A.C.M; COSTA, W.B, SANTOS, E. *Sistemas Biomédicos Tecnologia em Prol da Vida*. Gradus Editora: Bauru,SP, 2022,403p.

SELLERA, F. P.; SABINO, C. P.; CABRAL, F.V.; RIBEIRO, M. S. **A systematic scoping review of ultraviolet C (UVC) light systems for SARS-CoV-2 inactivation.** Journal of Photochemistry and Photobiology. V. 8, 2021.

TRENTINI, F. S.; BERTOLIN, D. C.; RAMOS, F. R. S. **O uso de jalecos em hospitais: uma prática em risco.** Texto & Contexto Enfermagem, Florianópolis, v. 18, n. 1, p. 135-142, mar. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tce/a/7tJcWWJnDTYjPptTD8bHNbD/>. Acesso em: 27 ago. 2024.