



**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES**  
Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde

**Desinfecção de ambulâncias utilizando radiação UVC**

**Versão original**

**ANA RITA CORREIA DURÃES**

**Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde na Área de Concentração Processos de Radiação na Saúde**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Martha Simões Ribeiro**

**São Paulo  
2022**

**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES**  
Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde

**Desinfecção de ambulâncias utilizando radiação UVC**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde.

Mestranda: Ana Rita Correia Durães

Orientadora: Prof. Martha Simões Ribeiro

São Paulo  
2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Como citar:

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/>> (data de consulta no formato: dd/mm/aaaa)

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de geração automática da Biblioteca IPEN, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Durães, Ana Rita Correia  
Desinfecção de ambulâncias utilizando radiação UVC / Ana Rita Correia Durães; orientador Martha Simões Ribeiro. -- São Paulo, 2022.  
55 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde (Processos de Radiação na Saúde) -- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2022.

1. Tecnologias baseadas em luz. 2. Microbiologia. 3. Infecção pré-hospitalar. I. Ribeiro, Martha Simões, orient. II. Título.

## DEDICATÓRIA

*Esse trabalho é dedicado ao SAMU, em  
agradecimento ao atendimento  
prestado na noite do dia 14 de abril de  
2006.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora Martha Ribeiro, orientadora deste trabalho, que me acompanhou e direcionou durante todo o processo de desenvolvimento. Por suas sugestões, comprometimento e simplicidade, o meu muito obrigada.

À Biolambda Ltda., pela gentileza de ceder a lâmpada UVC utilizada no presente trabalho, em especial ao Sidney, com quem realizei todas as tratativas, pela sua simpatia e cordialidade.

À Dra. Tania Yoshimura, por ter me recebido no CLA-IPEN, ter tido a paciência de me ensinar o básico sobre microbiologia, e por sua análise direta e sincera sobre o trabalho, pois me ajudou muito.

Ao Serviço Municipal de Urgências de Guarulhos, em especial o enfermeiro José, que permitiu que o estudo fosse realizado e me acompanhou durante o processo, e também a todos os seus colaboradores, pela dedicação com a qual desempenham o seu trabalho, ainda pouco reconhecido pelo governantes, mas de extrema importância, não somente para a população em geral, mas para cada pessoa que já precisou do seu atendimento, como usuária desse serviço, o meu mais profundo e sincero agradecimento.

Aos meus pais, Noé e Graça, que apesar de terem se despedido muito cedo deste mundo, puderam me deixar importantes referenciais de família, e a certeza de que fui amada. E principalmente à minha amada mãe, por ter me presenteado com a vida, e com 17 anos da sua presença alegre e radiante.

Ao meu irmão Wellington que apesar de longe, sempre me inspirou a ser uma pessoa melhor, e me ensinou que quando buscamos algo com afinco e verdade em nosso propósito, dificilmente nos deixamos abater pelas adversidades.

Agradeço ao Mario Alves, pois sem seu apoio incondicional, eu jamais teria ousado me aventurar em tamanha empreitada, à Vera Lucia, que me incentivou com seu carinho e com a sua certeza de que eu conseguiria completar este trabalho, nas muitas vezes em que eu duvidei, e ao Rafael Salles, por ter sido de fundamental importância na conclusão deste, nas muitas horas de trabalho, e no apoio emocional, sem o qual eu não teria conseguido. Vocês três representam as três bases nas quais eu me apoiei para chegar até aqui, e jamais poderei agradecer o suficiente.

Acima de tudo, agradeço a Deus e à espiritualidade que me acompanha e me ilumina, me guiando pelos caminhos, e me sustentando nos momentos de dificuldade, jamais permitindo me entregar ao esmorecimento. Nascer, morrer, renascer ainda e progredir sempre, tal é a lei.

## RESUMO

Ambulâncias, ou unidades móveis de saúde (UMS), são frequentemente contaminadas por agentes patogênicos derivados dos pacientes transportados. O procedimento atual de desinfecção das UMS é árduo e enfadonho, e poderia ser otimizado através de novas tecnologias como a luz ultravioleta (UVC). Embora o potencial germicida da luz UVC seja bem conhecido, só recentemente fontes de luz dedicadas foram desenvolvidas para descontaminação ambiental e de materiais. Assim sendo, o objetivo deste trabalho é investigar se a luz UVC, acoplada no interior de uma UMS, por tempo determinado, é capaz de ser um adjuvante eficiente à desinfecção preconizada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Foram coletadas amostras de três unidades móveis de saúde que prestam atendimento no município de Guarulhos, sendo uma delas de suporte avançado. As amostras foram obtidas de 5 pontos específicos: banco lateral, cilindro de oxigênio, gaveta de medicamentos, maca e puxador. Após coleta, as amostras foram acondicionadas em meio de transporte Stuart, e semeadas em meio de cultura ágar BHI e Sabouraud acrescido de cloranfenicol, de forma a isolar o crescimento de bactérias e fungos, respectivamente. As placas foram observadas durante uma semana, e foi realizada a contagem de unidades formadoras de colônia. Adotou-se o método de escore para semiquantificar o crescimento de micro-organismos nas placas e os resultados foram apresentados por local de coleta, por UMS, e total, que permitiram observar a diminuição da contaminação de forma geral após a irradiação UVC, porém foram encontradas algumas discrepâncias, como em alguns pontos em que foram identificados o escore 5 em todas as fases do estudo e, para o ágar Sabouraud, foi observado o aumento da contaminação após a UVC. Foi possível concluir que a luz UVC funciona como um bom método adjuvante à higienização terminal, possibilitando que a limpeza terminal priorize a remoção de sujidades visíveis, deixando a cargo da UVC a descontaminação microbiológica da UMS.

Palavras-chave: luz UV germicida; pré-hospitalar; contaminação; infecções.

## ABSTRACT

Ambulances, or mobile health units (MHUs), are often contaminated by pathogens derived from the patients carried. The current procedure for disinfecting MHUs is arduous and tiresome, and could be optimized using new technologies such as UVC light. Although the germicidal potential of ultraviolet (UVC) light is well known, only recently dedicated light sources have been developed for environmental and material decontamination. Thus, the objective of this study was to investigate whether the UVC light, coupled inside an MHU, for a given time, is able to be an efficient adjuvant to the disinfection recommended by Brazilian Health Regulatory Agency (ANVISA). Samples were collected from three MHUs that provide care in the city of Guarulhos, one of them being an advanced support unit. The samples were obtained from 5 specific spots: side bench, oxygen cylinder, medicine drawer, stretcher and handle. After collection, the samples were conditioned in a Stuart transport medium, and seeded in BHI and Sabouraud agar culture medium added with chloramphenicol, in order to isolate the growth of bacteria and fungi, respectively. The Petri plates were observed for one week, and a count of colony-forming unit was performed. The score method was used to semi-quantify the growth of microorganisms on the plates and the results were presented by collection spot, by MHU, and total, which allowed the observation of the decrease in overall contamination after UVC irradiation, however some discrepancies were found, as in some spots in which score 5 was identified in all phases of the study, whereas for Sabouraud agar, increased contamination was observed after UVC. It was possible to conclude that UVC light works as a good adjuvant method to terminal sanitization, enabling terminal cleaning to prioritize the removal of visible dirt, leaving the microbiological decontamination of the MHU up to the UVC.

Keywords: germicidal UV light; pre-hospital; contamination; infections.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	07
<b>2 EMBASAMENTO TEÓRICO</b> .....	10
<b>2.1 Efeitos da Radiação UVC</b> .....	11
<b>2.2 Fontes de Radiação UV</b> .....	13
2.2.1 Radiação Solar .....	13
2.2.2 Fontes Artificiais .....	14
<b>2.3 UVC em Superfícies</b> .....	15
<b>2.4 Serviços Móveis de Saúde</b> .....	16
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	19
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	24
<b>4.1 Análise por Ponto de Coleta</b> .....	24
4.1.1 Banco Lateral .....	24
4.1.2 Cilindro de Oxigênio .....	27
4.1.3 Gaveta de Medicamentos .....	30
4.1.4 Maca .....	32
4.1.5 Puxador .....	35
<b>4.2 Análise Individual por UMS</b> .....	38
4.2.1 UMS 1 .....	39
4.2.2 UMS 2 .....	40
4.2.3 UMS 3 .....	42

<b>4.3 Análise Total.....</b>	<b>43</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>50</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As ambulâncias, ou unidades móveis de saúde (UMSs) são responsáveis por realizar o transporte de pacientes doentes e/ou feridos aos hospitais de referência, desempenhando uma ampla gama de procedimentos que podem representar fontes de infecção através de sangue, secreções e outros fluidos potencialmente infecciosos. O interior das UMSs apresenta frequentemente contaminação por agentes patogênicos provenientes do transporte de pacientes.

Esses micro-organismos podem ser transmitidos entre pessoas assistidas e trabalhadores através de superfícies de alto contato contaminadas, ou indiretamente através das mãos ou equipamentos contaminados pelas superfícies (NARVAEZ, 2019).

Embora haja uma preocupação com o controle de infecções hospitalares, não há essa mesma atenção para com as infecções pré-hospitalares, além de a equipe de atendimento circular por diversos serviços de emergência sem passar por processos de descontaminação, sendo possível que a microbiota do interior da UMS seja muito parecida à encontrada no ambiente hospitalar (SOZI, 2019). A transmissão de doenças por meio de superfícies contaminadas é uma grande preocupação do setor da saúde e pode se tornar um grave problema durante uma pandemia de uma doença infecciosa, por exemplo, devido ao grande número de chamados, de pacientes transportados nos veículos, quantidade reduzida de veículos e falta de tempo para realizar a limpeza terminal, uma vez que o processo de higienização é demorado.

Levando em conta a disseminação de micro-organismos no transporte e locomoção de pessoas por UMSs, independentemente da classificação do veículo utilizado (ambulância de resgate, de transporte, de suporte básico e avançado, unidade de tratamento intensivo móvel ou de transportes médicos), é imperativo que os procedimentos de limpeza e desinfecção sejam realizados em todas as áreas destinadas à acomodação dos pacientes e equipamentos (BARQUIN, 2016; PRATA, 2016).

Atualmente, o protocolo de desinfecção de ambulâncias inclui a limpeza do interior do veículo, compreendendo a remoção de sangue e/ou fluidos visíveis nas superfícies e piso, pulverização de desinfetante pré-determinado pela Vigilância Sanitária (solução de hipoclorito 1%), que é removido após seu tempo de atuação, e

secagem natural do ambiente. Esse protocolo consome tempo, e pesquisas apontam vestígio de contaminação residual após o procedimento (CBMMS, 2014).

Um dos possíveis métodos de desinfecção, que visa diminuir o risco de contaminação, é a exposição à radiação ultravioleta (RUV), com uma faixa de comprimentos de onda entre 200 e 280 nm (UVC), que já possui potencial germicida comprovado (KIERAT, 2020). A inativação dos patógenos se dá através de dano ao material genético, prevenindo também a reprodução celular. Esses sistemas são empregados após a retirada do paciente da ambulância e feita a limpeza terminal (remoção das sujidades visíveis). A utilização desses sistemas pode inclusive dinamizar o processo de limpeza terminal, pois a equipe poderá focar nas superfícies visivelmente contaminadas, em vez de limpar todas as superfícies da ambulância (BARQUIN, 2016).

De acordo com a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), define-se por desinfetante um produto que mata todos os microrganismos patogênicos em objetos e superfícies inanimadas, mas não necessariamente todas as formas microbianas esporuladas ali presentes. Essa desinfecção pode ser dividida entre desinfecção de alto nível, em que o processo físico ou químico destrói a maioria dos microrganismos de artigos semicríticos, inclusive micobactérias e fungos, exceto um número elevado de esporos bacterianos, ou desinfecção de nível intermediário, em que o processo físico ou químico destrói microrganismos patogênicos na forma vegetativa, micobactérias, a maioria dos vírus e dos fungos, de objetos inanimados e superfícies (ANVISA, 2010).

A RUV vem sendo estudada como agente desinfetante, apresentando resultados positivos em desinfecção de ambientes hospitalares, reduzindo a contaminação por diversos agentes patológicos como *Clostridium difficile* (JELDEN, 2016 e WONG, 2016). Sistemas de RUV oferecem vantagens em relação ao procedimento terminal, são simples e fáceis de usar, não deixam resíduos químicos, nem expõem pacientes e trabalhadores a agentes químicos. Entretanto, possuem algumas limitações, como o fato de não alcançar superfícies que não entrem em contato direto com a luz (LINDSLEY, 2018).

Existe pouca literatura a respeito do potencial desinfetante da RUV em ambientes hospitalares, e quase nada a respeito de UMS, embora esse tipo de fonte de luz já esteja sendo comercializado. Assim, o objetivo deste trabalho é verificar o potencial de desinfecção que essa radiação apresenta, bem como a elaboração de

um protocolo de desinfecção para o ambiente interno das UMSs, garantindo assim maior segurança para pacientes e trabalhadores.

## 2. EMBASAMENTO TEÓRICO

A radiação ultravioleta foi descoberta em 1801 pelo cientista alemão Johan Ritter, que percebeu uma forma de radiação luminosa não perceptível ao olho humano, além da região violeta do espectro, capaz de oxidar haletos de prata, que veio a ser denominada luz ultravioleta no fim do século 19. A luz ultravioleta ocupa ampla faixa de comprimento de onda no espectro eletromagnético, situando-se entre os raios-X (<100 nm) e a luz visível (400 nm), cujas subdivisões estão expressas no quadro 1 abaixo.

Quadro 1 - Subdivisão da radiação UV e principais características.

<b>Tipo</b>	<b>Comprimento de onda</b>	<b>Varição do comprimento de onda</b>	<b>Características principais</b>
UV-A	Longo	320-400 nm	Alterações na pele humana (bronzeamento)
UV-B	Médio	280-320 nm	Queimadura de pele (câncer)
UV-C	Curto	200-280 nm	Faixa germicida (micro-organismos)
UV-V		100-200 nm	Região de UV de vácuo

Fonte: adaptado de Guerrero-Beltrán e Barbosa-Cánovas, 2004.

A utilização da radiação UVC como método de desinfecção está presente desde o ano de 1910, quando na cidade de Marseille, na França, foi instalado o primeiro tratamento de água potável. A partir do ano de 1955, a desinfecção por UVC começou a ser aplicada na Europa em larga escala, seguindo para os Estados Unidos (BAGNATO *et al.*, 2019).

Aprovada por órgãos de saúde mundiais, a luz UVC pode ser usada para desinfecção de água e esgoto, além de poder ser usada com segurança na esterilização de ambientes e alimentos, em hospitais, clínicas, laboratórios, na descontaminação de salas cirúrgicas e equipamentos odontológicos, na fabricação de medicamentos, cosméticos e alimentos (ALVES, 2021).

Existem diferentes tipos de equipamentos no mercado com diferentes funcionalidades, dentre essas destacam-se: equipamentos voltados para a esterilização de água, ar, alimentos e ambientes, além de uso alternativo aos sistemas de autoclave que utilizam esterilização por temperatura.

A tecnologia UVC provoca danos fotoquímicos no DNA-RNA (material genético) e, portanto, atua inativando um elevado número de patógenos como bactérias, vírus, algas e protozoários.

A esterilização por UVC oferece vantagens em relação aos sistemas químicos utilizados normalmente, já que é eficiente no controle microbiológico de diversos tipos de patógenos e é um método mais seguro e menos agressivo, não agredindo o meio ambiente (MILAT *et al.*, 2021). Pode-se dizer que essa tecnologia é sustentável, já que reduz a quantidade de produtos tóxicos descartados no meio ambiente, bem como a quantidade de água utilizada na lavagem voltada à esterilização de superfícies e afins (BAGNATO; KURACHI; MENEZES; CHIANFRONE; PIRES, 2019).

Essa tecnologia hoje oferece várias vantagens, destacando-se o fato de precisar de um menor tempo de contato com a superfície, baixo grau de especialização do operador, baixo custo de instalação e operação e, além disso, não apresenta interação alguma com outros sistemas químicos e físicos.

## **2.1. EFEITOS DA RADIAÇÃO UVC**

No comprimento de onda germicida, a radiação UVC é capaz de provocar sérias consequências fisiológicas, como o deslocamento físico de elétrons e quebrar as ligações do ácido desoxirribonucleico (DNA) dos microrganismos. Isso modifica processos que são vitais, como as funções metabólicas e reprodutivas de microrganismos e os levam à morte (CÁNOVAS, 2004; BALL, 2007).

A radiação UVC não gera resíduos químicos ou subprodutos indesejáveis e quando aplicada dentro da dose necessária, causa pouca ou nenhuma alteração sensorial, como cheiro ou alteração da coloração da superfície atingida (CHANG *et al.*, 1985) e, devido ao seu baixo grau de penetração, é mais eficiente sobre superfícies ou materiais transparentes, sendo ideal que sua aplicação seja feita diretamente sobre o alvo.

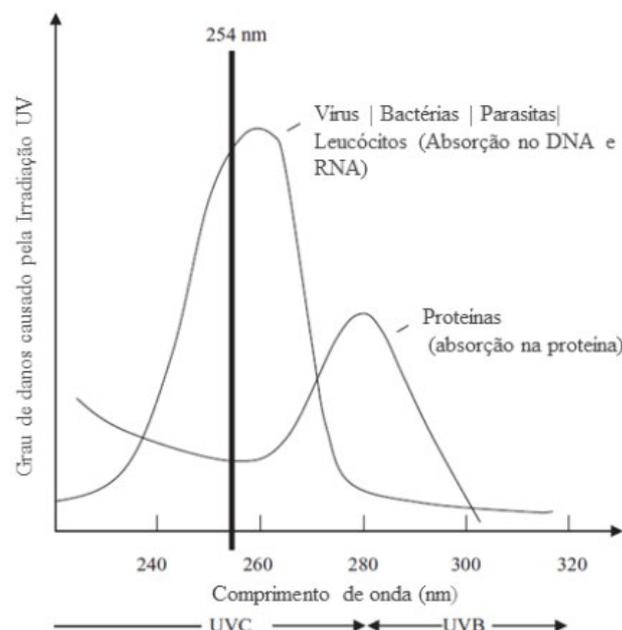
Os comprimentos de onda mais eficazes na região ultravioleta para a eliminação de micro-organismo situam-se em aproximadamente 260 nm, que é a região específica em que são absorvidos pelo DNA celular. Como a composição de DNA varia entre espécies, considera-se que o pico de absorção deve encontrar-se na faixa de 260 a 265 nm, ficando dessa forma bastante próximo ao principal

comprimento de onda emitido pelas lâmpadas de mercúrio de baixa pressão, proporcionando maior eficiência dessa fonte de luz na inativação de microrganismos (MONDARDO, 2015).

A luz emitida por uma fonte é expressa em Watt (W), e expressa-se a intensidade da radiação UV como irradiância ou intensidade de fluxo ( $W/m^2$ ). A dose é uma função da intensidade e do tempo de exposição, sendo expressa como exposição radiante ( $J/m^2$ ). Para a ação germicida, a dose e a irradiância são importantes.

Como pode ser observado na figura 1, a ação germicida é maximizada a 265 nm, com alterações para mais ou para menos. As lâmpadas de baixa pressão de vapor de mercúrio têm emissão principal a 254 nm. Para comprimentos de onda inferiores a 235 nm, a ação germicida não possui a mesma eficácia, mas é razoável assumir a curva de absorção de DNA, conforme pode ser observado na figura a seguir, na qual a partir de 240 nm, é possível observar que há significativo aumento no grau de danos causados pela radiação UV.

Figura 1 - Grau de danos causados pela radiação UV em função do Comprimento de onda (nm).



Fonte: ZHAORIGETU *et al.*, 2003.

A eficiência da eliminação dos micro-organismos varia consideravelmente de acordo com a dose de luz recebida. O ambiente do micro-organismo influencia

muito na dose de radiação necessária para sua destruição. A eficiência do potencial germicida da luz UV depende do tipo da superfície em que está sendo aplicada, não interferindo a forma de emissão, seja ela pulsada ou contínua. Além disso, a presença de proteínas pode conferir efeitos protetores em vírus, devido a formação de camada que dificulta a desnaturação celular (HADI *et al.*, 2020). A dose necessária para uma taxa de 10% de sobrevivência de micro-organismos quando expostos à luz UV sob radiação de 254 nm está relacionada conforme quadro 2 a seguir.

Quadro 2 - Dose necessária para eliminação de 90% de micro-organismos após exposição à UVC em 254 nm.

Micro-organismo	Dose (J/m <sup>2</sup> )
Bacillus anthracis (esporo)	45,2
Clostridium tetani (esporo)	120
Salmonella enteritidis (vegetativo)	40
Salmonella paratyphi (vegetativo)	32
Staphylococcus aureus (vegetativo)	26
Leveduras para panificação (vegetativo)	39
Esporulados Aspergillus flavus (esporo)	600
Hepatitis A (virus)	73
Cryptosporidium parvum (vegetativo)	25
Chlorella vulgaris	120

Fonte: Adaptado de Phillips, 2006.

## 2.2. FONTES DE RADIAÇÃO UV

### 2.2.1. Radiação Solar

O sol emite radiação em ampla faixa de comprimento de onda, porém a intensidade relativa dessa radiação depende da atenuação a que foi submetida pela atmosfera por absorção e por espalhamento.

A radiação solar é composta pelo infravermelho, espectro visível e ultravioleta. Esta última faixa é constituída de 3 faixas de comprimento de onda: UVC, UVB e UVA, sendo que a faixa de radiação ultravioleta que se propaga no ar tem

comprimento de onda entre 200 e 400 nm. O espectro visível vai de 400 a 700 nm, na seguinte sequência: violeta, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho. Após a faixa visível começa o infravermelho (IV) responsável pelo aquecimento terrestre (HOCKBERGER, 2002).

A radiação UVC do sol é em grande parte absorvida antes de atingir a superfície da Terra pela atmosfera e também pela camada de ozônio, presente na estratosfera (ANAIS BRASILEIROS DE DERMATOLOGIA, 2011).

A radiação UVC tem duas faixas de comprimento de onda: uma que se propaga no vácuo, de 100 nm a 200 nm, e outra de 200 nm a 280 nm. A UVB, situada entre 280 nm e 320 nm, é prejudicial a quase todas as formas de vida e é o tipo de radiação que mais causa lesões na pele. Produz reações agudas como o eritema solar (vermelhidão, é o sinal de alerta para o dano causado à pele) até a queimadura solar, pigmentação da pele e imunossupressão do sistema imunológico. A UVA inicia-se em 320 nm, indo até o visível (400 nm). É composta por UVA 2 (320 nm – 340 nm) que é mais eritematosa e o UVA 1, menos eritematosa. A radiação UVA é de 800 a 1000 vezes menos agressiva que o UVB na pele, porém penetra, pelas suas características físicas, mais profundamente, provocando danos principalmente na derme. É uma radiação também lesiva pois, além dos seus efeitos próprios, potencializa a ação dos raios UVB (OKUNA; VILELA, 2005).

A radiação solar também é empregada em um processo simples de desinfecção, que elimina micro-organismos patogênicos através de um método simples e de baixo custo, utilizando a energia solar e o aumento da temperatura (acima de 60 °C) como fator descontaminante, chamado *Solar Water Disinfection*, ou SODIS (CAZU *et al.*, 2022).

### **2.2.2. Fontes Artificiais**

As lâmpadas UV de ondas curtas e as lâmpadas de mercúrio projetadas para produzir radiação luminosa na região germicida de 254 nm são eletricamente similares às lâmpadas fluorescentes, o que difere é a ausência de cobertura de fósforo, que é o responsável pela emissão de luz visível, pelo processo de fluorescência. As lâmpadas podem ser construídas de vidro de bário ou quartzo, pois são materiais que permitem a transmissão de UVC.

A lâmpada mais utilizada para emissão de luz na região germicida é a lâmpada de vapor de mercúrio de baixa pressão, que são cobertas por material que

permite a transmissão de radiação UVC adequada para produzir energia na região germicida. As lâmpadas de quartzo oferecem maior transmitância, porém possuem elevado custo e além disso, também deixam passar banda de 185 nm que geram ozônio, o faz com que sejam substituídas pelas de vidro com níveis aceitáveis de transmitância. A radiação atravessa o tubo de quartzo ou vidro e atinge os organismos que estão localizados no ar em volta da lâmpada. Em temperatura ambiente, aproximadamente 90% da potência gerada pela lâmpada de baixa pressão produz radiação UVC de 254 nm (PHILLIPS, 2006).

A radiação UVC apresenta como uma de suas maiores desvantagens seu baixo poder de penetração para inativação dos micro-organismos, que devem ser expostos diretamente à radiação, ou seja, não devem estar protegidos por sólidos, como partículas de pó. Por outro lado, essa baixa penetração de UVC em sólidos também a torna adequada para descontaminação de superfícies (MARQUIS, 2007).

O LED (*light-emitting diode*) é um semicondutor eletrônico emissor de luz, que possui como principal característica transformar energia elétrica em luz, não utilizando o mesmo mecanismo das lâmpadas que utilizam componentes metálicos, descarga de gases e radiação ultravioleta para esse fim (MOREIRA *et al.*, 2021). A maior vantagem da lâmpada LED em relação às demais lâmpadas é o consumo de energia (CAMPOS *et al.*, 2014). O UVC LED é majoritariamente utilizado em sistemas reduzidos e de baixa potência. Atualmente, em processos de desinfecção UV, a indústria utiliza majoritariamente lâmpadas germicidas (SANTOS, 2017).

### **2.3. UVC EM SUPERFÍCIES**

A eficiência da descontaminação depende muito da regularidade do material a ser desinfetado, uma vez que a radiação UVC só inativa os micro-organismos quando os atinge com dose suficiente em uma irradiância adequada. Portanto, a descontaminação poderá ser bem-sucedida se toda a superfície for exposta à RUV. Os micro-organismos localizados em orifícios da superfície certamente não são atingidos por reflexões das paredes dos orifícios. As superfícies irregulares retêm traços de material e a radiação não consegue atingir todos os cantos (SHAMA, 1999), é importante relativizar que a eficácia da exposição a radiação UVC se dá de maneiras diferente quando considera-se o tipo de material em que está

sendo aplicada a radiação bem como o tamanho dos orifícios que compõem essa superfície.

Na prática, superfícies sólidas como plástico e metais são descontaminadas por meio de radiação intensiva e direta. O sucesso dessa aplicação depende da limpeza das superfícies que devem estar isentas de qualquer sujeira, que absorveria a radiação protegendo o micro-organismo. Entretanto, é importante salientar que as paredes brancas do interior da UMS facilitam a reflexão da luz UVC no interior do veículo, aumentando as superfícies que entram em contato direto com a luz. Essa capacidade reflexiva poderia ser melhorada utilizando-se tinta refletora, o que constitui uma alternativa de baixo custo, para potencializar a descontaminação (KIERAT, 2020).

#### **2.4. SERVIÇOS MÓVEIS DE SAÚDE**

No Brasil, os serviços de atendimento móveis foram criados em 2003 e oficializados em 2004 (O'DWYER *et al.*, 2017). O proposto é um modelo de assistência padronizado, que opera através de um acionamento a uma central de regulação das urgências através da discagem telefônica gratuita e de fácil acesso, que aciona uma regulação médica regionalizada, hierarquizada e descentralizada. O objetivo desse serviço é realizar um atendimento médico pré-hospitalar de urgência tanto em casos de traumas como em situações clínicas, prestando os cuidados médicos de urgência apropriados ao estado de saúde do cidadão e, quando se fizer necessário, transportá-lo com segurança e com o acompanhamento de profissionais do sistema até o ambulatório ou hospital.

O atendimento pode ser prestado em qualquer lugar, residências, locais de trabalho ou vias públicas. A chamada é atendida por técnicos que identificam a emergência e imediatamente transferem o telefonema para o médico regulador, que faz o diagnóstico da situação e inicia o atendimento instantaneamente, orientando o paciente ou a pessoa que fez a chamada sobre as primeiras ações. O médico regulador também é responsável por avaliar qual o melhor procedimento para o paciente, designando assim uma viatura de suporte básico ou avançado de acordo com a gravidade do quadro clínico do paciente (RIBEIRÃO PRETO, 2013).

Segundo Veronese e colaboradores (2012), as principais ocorrências que são atendidas por esse tipo de serviço são problemas cardiorrespiratórios, intoxicação

exógena, queimaduras, parto e ocorrências ginecológicas, tentativas de suicídio, crises hipertensivas, acidentes e traumas, afogamentos, choque elétrico, acidentes com produtos perigosos e transferência inter-hospitalar de pacientes. Entretanto, esse serviço móvel de atendimento enquanto componente essencial da rede de atenção às urgências, está inserido no contexto de atendimento aos pacientes vítimas, por exemplo, da COVID-19, e compete a este serviço prestar socorro às emergências que exigem transporte imediato ao hospital bem como o transporte entre hospitais. A oferta de cuidados nas unidades móveis pré-hospitalares é condicionada à restrição de espaço físico, de tempo e de circunstâncias operacionais de trabalho, ao número de profissionais nas equipes, aos equipamentos disponíveis e aos procedimentos realizados, o que confere um maior risco de exposição ao vírus, o que torna imprescindível a implementação de medidas preventivas antes, durante e após todos os atendimentos realizados (MARQUIS, 2007).

Entre os anos de 2019 e 2022, o serviço de atendimento móvel de Guarulhos recebeu 146.960 ligações. Dessas, em 2020, ano em que teve início a pandemia da Covid-19, foram registradas 60.535 ligações, o que corresponde a 41% do total. Guarulhos dispõe de 21 UMSs, estando 14 em operação, enquanto seis compõem a reserva técnica. As outras se encontram em revisão, segundo a Secretaria da Saúde. O município conta também com o serviço de nove motolâncias, sendo seis em operação e três em reserva técnica. O valor unitário de cada veículo automotor adaptado para ambulância é de R\$172.700,00 (GUARULHOS, 2019).

Já o município de São Paulo, por ano, recebe quase 3,3 milhões de ligações, o que o torna, atualmente, o maior centro de emergência médica do mundo. Em 2020, foram recebidas 1.085.126 ligações, uma média de 3.200 por dia, com 177 mil atendimentos concluídos. O serviço segue com o número de frota que contempla 122 UMSs. Além disso, para diminuir ainda mais o tempo crítico de atendimento da vítima até a chegada da UMS, o serviço possui 36 motolâncias em operação (SÃO PAULO, 2020).

Segundo preconiza a Organização Mundial de Saúde, a quantidade ideal de ambulâncias para cada cidade é de uma para cada 150 mil habitantes. O serviço de atendimento de São Paulo possui uma UMS para cerca de 101 mil habitantes (estimativa populacional/IBGE-2020). Guarulhos é o segundo maior município paulista e 13º do Brasil em população, com 1.379.182 habitantes segundo estimativa

do IBGE (Julho - 2019), contando com uma UMS a cada 98 mil habitantes, aproximadamente.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas coletas de amostras de pontos predeterminados de três UMSs, entre maio e junho de 2022, sendo uma delas de suporte avançado e as demais de suporte básico. As UMSs 1 e 3 são veículos destinados ao transporte inter-hospitalar de pacientes com risco de vida conhecido e ao atendimento pré-hospitalar de pacientes com risco de vida desconhecido, não classificado com potencial necessidade de intervenção médica no local e/ou durante transporte até o serviço de destino. É tripulada por dois profissionais, o motorista e um técnico ou auxiliar de enfermagem. A UMS 2, por sua vez, é um veículo destinado ao atendimento e transporte de pacientes de alto risco em emergências pré-hospitalares e/ou de transporte inter-hospitalar, que necessitam de cuidados médicos intensivos, e deve contar com os equipamentos médicos necessários para esta função. É tripulada por três profissionais, um motorista, um enfermeiro e um médico.

Foram coletadas amostras da superfície dos pontos de alto contato, sinalizados pela própria equipe técnica: banco lateral, cilindro de oxigênio, gaveta de medicamentos, maca e puxador da porta, conforme esquematizado na figura 2, contabilizando um total de 45 amostras, sendo 15 para cada UMS, considerando 3 coletas (uma em cada fase de higienização), para cada um dos pontos de contato.

Figura 2 - Locais de coleta na UMS. 1- banco lateral; 2- cilindro de oxigênio; 3- gaveta de medicamentos; 4- maca; 5- puxador da porta.



Fonte: Autora.

A lâmpada UVC utilizada foi o modelo UV Room (figura 3), disponibilizada pela empresa Biolambda Científica e Comercial Ltda, composta por duas lâmpadas UVC de 20 W, totalizando 40 W de potência, que emitem RUV em  $\lambda = 254$  nm. A irradiação pode ser programada em ciclos de 30, 60, 90 ou 120 min, ou simplesmente ser acionada por controle remoto. É interessante destacar que a lâmpada possui duplo sistema de segurança, detectando pessoas com infravermelho e micro-ondas, desligando a lâmpada automaticamente (BIOLAMBDA, 2022a).

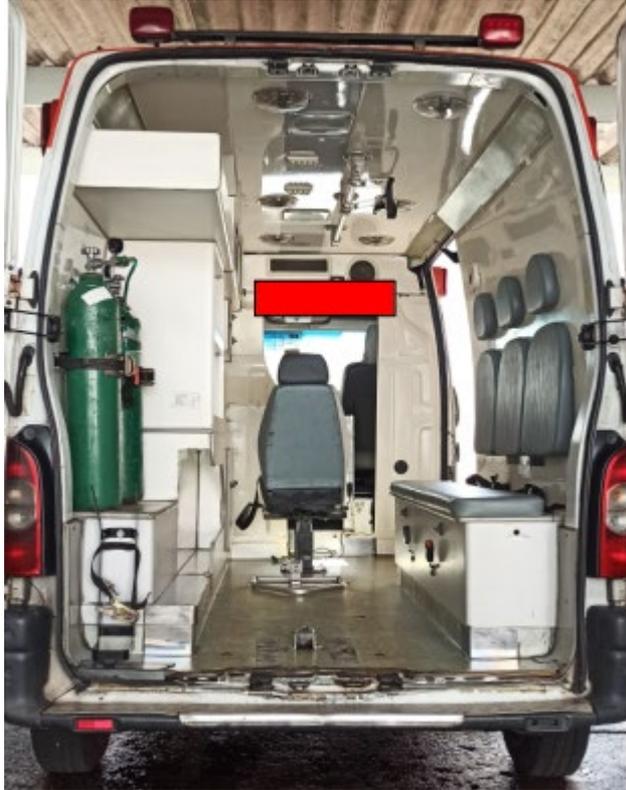
Figura 3 - Lâmpada UVRoom, Biolambda Ltda.



Fonte: Biolambda, 2022.

Considerando que a média da área de carga de uma UMS, observando-se os diversos modelos disponíveis no mercado, é de  $5,5 \text{ m}^2$ , adotou-se o tempo de exposição 15 min e assumiu-se, para fins de praticidade, que todos os pontos receberam a mesma irradiação durante esse período. A lâmpada foi fixada na divisória entre a cabine do motorista e a cabine de atendimento, com o auxílio de ventosas e barbante, a uma altura aproximada de 160 cm, num ângulo de  $90^\circ$  em relação ao piso, conforme representado pelo retângulo vermelho na figura 4.

Figura 4 - Posição da Lâmpada na UMS.



Fonte: Autora.

A coleta de cada UMS foi realizada em dias diferentes, respeitando o seguinte fluxo de coleta: a primeira realizada assim que a UMS chegou à base após atendimento, a segunda após a realização da limpeza terminal utilizando hipoclorito 1%, e outra após a incidência da lâmpada UVC por 15 min dentro da UMS, sendo as três fases coletadas na mesma UMS, de modo a rastrear as etapas de descontaminação.

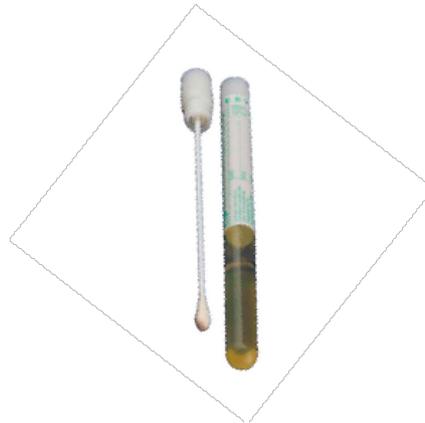
O procedimento de limpeza terminal adotado pelo serviço é realizado por duas colaboradoras, devidamente paramentadas com luvas, óculos de proteção, touca e avental descartáveis. É utilizada solução de hipoclorito 1% diluído em água e toalhas descartáveis, que são embebidas na solução e friccionadas em todas as superfícies do veículo, incluindo paredes, piso, alças, banco, cilindro de oxigênio, e compartimentos do mobiliário. Todo o equipamento de suporte, como maca, prancha, desfibrilador, esfigmomanômetro, são retirados do veículo e higienizados pela própria equipe técnica utilizando álcool 70%.

As amostras foram coletadas utilizando a técnica de *swab* de superfície, onde o mesmo foi esfregado por toda a superfície de estudo sob leve pressão em um ângulo de aproximadamente 30°, por vinte vezes, seguindo movimentos de zigue-

zague, rodando continuamente o *swab*, para que toda a superfície do cotonete entrasse em contato com a amostra.

Após esse processo, as amostras foram acondicionadas em meio Stuart, um meio semissólido nutritivo que assegura a sobrevivência dos micro-organismos, entretanto inibe sua multiplicação devido à ausência de nitrogênio no meio. Conforme especificações do manual, o meio é capaz de manter as amostras íntegras por até 48 h. Possui dimensões de tubo de 13 x 150 mm, haste plástica estéril com algodão em uma das pontas, tampa com alta vedação, para se evitar a perda da amostra e possíveis contaminações, além de etiqueta para identificação da amostra colada no tubo (figura 5).

Figura 5 - Meio de transporte Stuart.



Fonte: Progenix Lab, 2022.

A coleta das UMSs 1 e 2 foram realizadas em dias seguidos e as amostras ficaram acondicionadas em bolsa térmica até serem transportadas no dia subsequente para o Laboratório de Terapia Óptica do Centro de Aplicação e Lasers do IPEN. A coleta da UMS 3 foi realizada e acondicionada em bolsa térmica, e transferida também no dia seguinte para o laboratório acima referido.

As amostras foram semeadas em placas de Petri utilizando a técnica de semeadura de meio sólido em placa, onde o *swab* contaminado e acondicionado no meio Stuart foi esfregado por toda a superfície da placa de Petri em três sentidos. O procedimento foi realizado em cabine de fluxo laminar, previamente esterilizada com luz UV por 20 min, de modo a evitar contaminação com o meio.

As amostras foram inoculadas em meio ágar de enriquecimento *Brain Heart Infusion* (BHI), que é altamente nutritivo e não seletivo, que atende aos requisitos de

crescimento de muitos tipos de micro-organismos, incluindo bactérias, leveduras e fungos. E também foram inoculadas em meio ágar Sabouraud (Sb), que é um meio de cultivo e crescimento qualitativo de fungos, como filamentosos e leveduras, que foi preparado com cloranfenicol, um antibiótico de largo espectro que inibe o crescimento de uma grande variedade de bactérias, gram negativas e gram positivas, como forma de isolar o crescimento de fungos nesse meio.

As amostras inoculadas em ágar BHI foram incubadas em estufa microbiológica a 37° por 48 h, e as em ágar Sb por 5 dias. Após esse período, foi realizada a observação das características morfológicas e a contagem de unidades formadoras de colônia (UFC).

Adotou-se o método de escore para semiquantificar o crescimento de micro-organismos nas placas, atribuindo-se escore 1 para as placas que não apresentaram nenhuma contaminação, escore 2 para as placas com até 25% de área contaminada, escore 3 para 26% a 50% de área contaminada, escore 4 para 51% a 75% e escore 5 para área uma contaminação de 76% a 100% da área da placa.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. ANÁLISE POR PONTO DE COLETA

#### 4.1.1. Banco Lateral

O banco lateral (fig. 6) fica situado à esquerda de quem adentra a UMS. Ele é composto por 3 assentos almofadados, equipados com cintos de segurança individuais de dois pontos e revestidos por material similar ao plástico, com pequenas ranhuras, que podem ser dobráveis ou não, dependendo do modelo de viatura, além de servir como porta-objetos nos modelos não dobráveis. Os bancos servem de apoio para a tripulação da UMS, durante atendimento, ou durante deslocamento ocorrência-base, e também para acompanhantes dos pacientes transportados, caso necessário.

Figura 6 - Banco lateral.

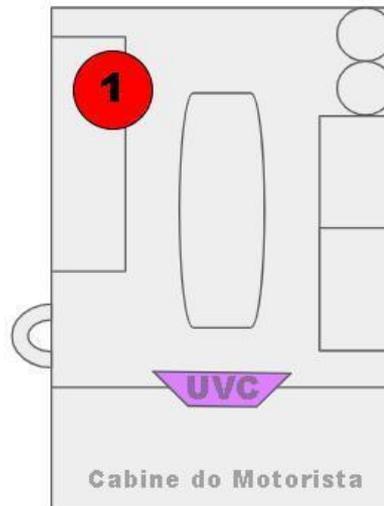


Fonte: Autora.

As coletas foram realizadas conforme citado na metodologia, procurando preencher toda a superfície do swab, percorrendo todas as superfícies do assento, do encosto e do apoio de cabeça. Em relação à UVC, como pode ser visualizado no

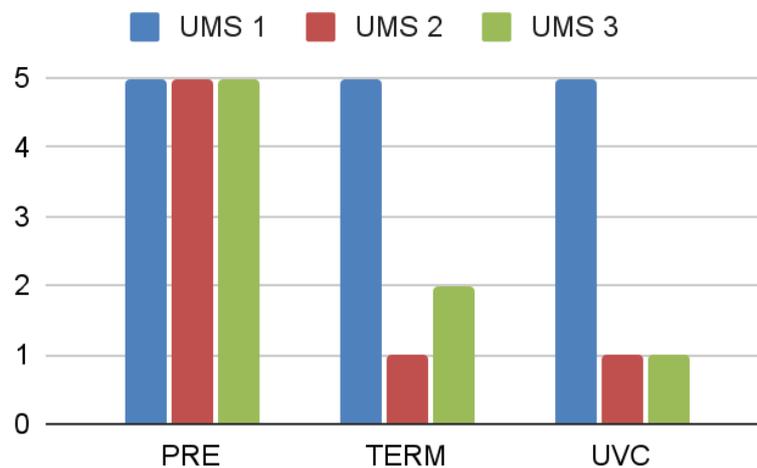
esquema representado na figura 7, o banco lateral ficou diretamente em contato com a luz, variando apenas a distância do primeiro assento em relação ao terceiro. Os resultados obtidos estão representados nas figuras de 8 a 10.

Figura 7 - Representação gráfica do banco lateral no interior da UMS em relação à lâmpada de UVC.



Fonte: Autora.

Figura 8 - Escores do banco lateral no ágar BHI.



Fonte: Autora.

Para o meio BHI, observou-se que, no momento pré, em todas as UMSs foi obtido um escore 5, ou seja, houve um comprometimento total das placas; após a limpeza terminal, as UMSs 2 e 3 apresentaram significativa redução dos escores para

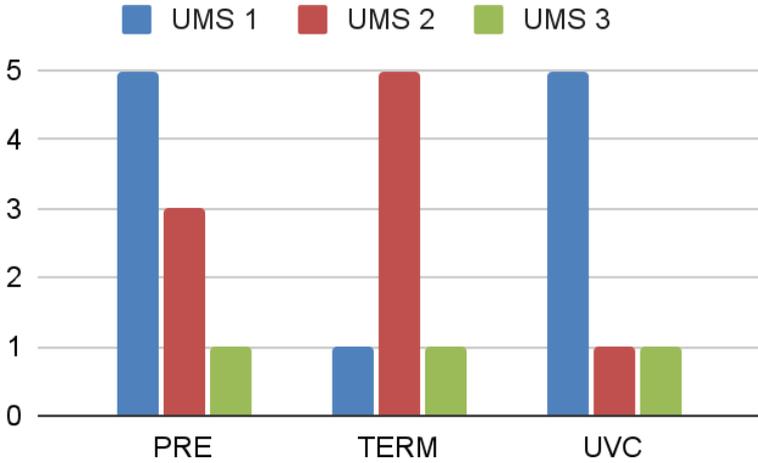
1 e 2, respectivamente, porém a UMS 1 manteve o escore 5; após a irradiação da UVC, as UMSs 2 e 3 não apresentaram crescimento, ao contrário do que se observou na UMS 1, que ainda assim manteve o escore 5. Entretanto, após a verificação visual das placas, observa-se que embora o comprometimento da placa seja total, existe uma menor densidade de micro-organismos na mesma, conforme figura 9.

Figura 9 - Placas em meio BHI do banco lateral pré, terminal e pós-UVC.



Fonte: Autora.

Figura 10 - Escores do banco lateral no ágar SB.



Fonte: Autora.

Para o meio SB, os resultados obtidos apresentaram certa inconsistência. No momento pré, a UMS 1 apresentou escore 5, a UMS 2 escore 3 e a UMS 3, escore 1, que se manteve em todas as fases de estudo; após a limpeza terminal, a UMS 1 passou de escore 5 para 1 e a UMS 2 aumentou para escore 5; após a irradiação

UVC a UMS 1 retornou para escore 5, contradizendo a expectativa do estudo, enquanto que a UMS 2 apresentou escore 1.

#### 4.1.2. Cilindro de Oxigênio

O cilindro de oxigênio (fig. 11) é um componente obrigatório em todos os tipos de UMS. Geralmente são utilizados dois cilindros de 15 L, que são utilizados sempre que necessário em casos de hipóxia, de pacientes com problemas pulmonares, ou até mesmo em casos mais graves, como no contexto da pandemia por COVID-19, em que um dos principais sintomas era a dificuldade respiratória.

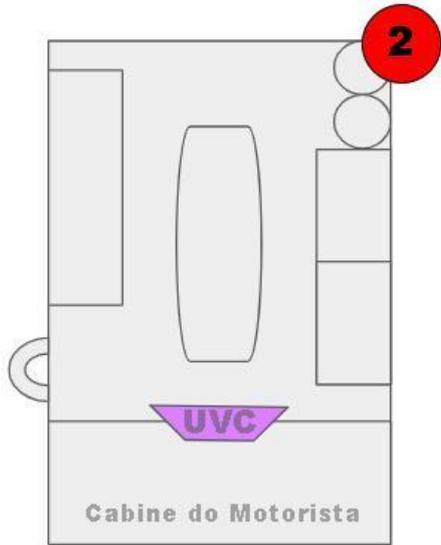
Figura 11 - Cilindros de oxigênio.



Fonte: Autora.

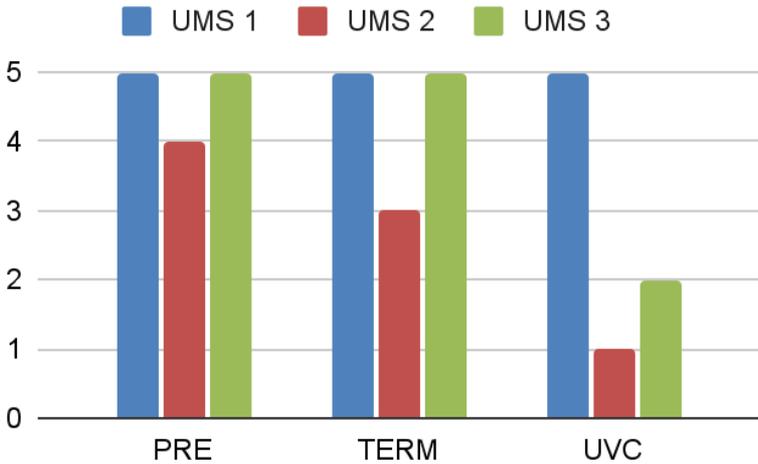
A coleta foi realizada dando foco ao registro dos cilindros, pois é a região de maior contato. Os cilindros foram o ponto menos exposto à radiação UVC, devido ao fato de sua localização ter ficado desfavorecida em relação ao posicionamento da lâmpada UVC, uma vez que fica armazenado atrás dos armários da direita, próximo à porta traseira da UMS, como pode ser observado na figura 12. Os resultados desse ponto de coleta estão organizados nas figuras 13 e 14 a seguir.

Figura 12 - Representação gráfica dos cilindros de oxigênio no interior da UMS em relação à lâmpada de UVC.



Fonte: Autora.

Figura 13 - Escores dos cilindros de oxigênio no ágar BHI.

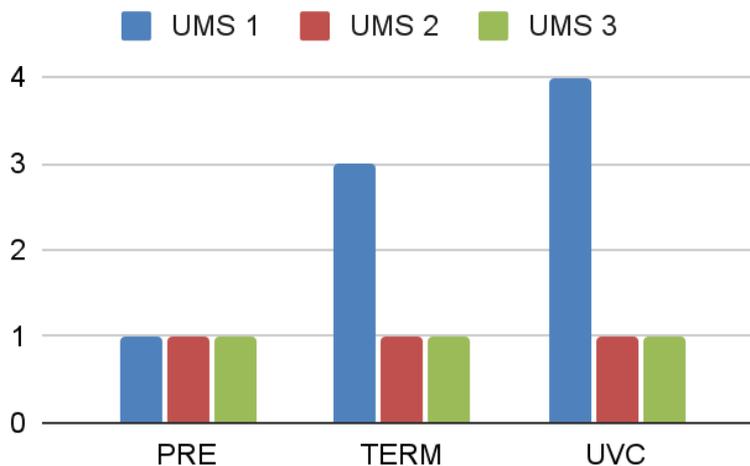


Fonte: Autora.

No meio BHI, a UMS 1 manteve o mesmo padrão do banco lateral, apresentando escore 5 nos três momentos do estudo, antes da terminal, após a terminal e após a UVC. Já na UMS 2 é possível observar que o nível de contaminação reduz moderadamente da fase pré para a pós-terminal, atingindo a descontaminação apenas após o uso da luz UVC; na UMS 3, embora não tenha sido observado descontaminação total na fase pós-UVC, houve significativo grau de descontaminação em comparação com as fases pré e pós-terminal. Também é importante salientar que ao relacionar as colunas pré e pós-terminal não se observa

redução significativa dos níveis de descontaminação, o que evidencia que a limpeza terminal tem baixa eficácia para descontaminação microbiológica, embora seja efetiva contra as sujidades visíveis.

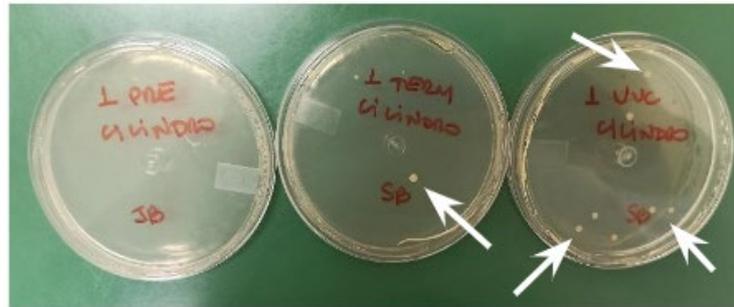
Figura 14 - Escores dos cilindros de oxigênio no ágar SB.



Fonte: Autora.

Para o meio de cultura SB, observa-se que na UMS 1 existe o aumento do nível de contaminação durante as fases do estudo, observando-se escore 1 na fase pré, escore 3 na fase pós-terminal e escore 4 na fase pós-UVC, o contrário do esperado (fig. 15). Nas UMSs 2 e 3 não houve alteração entre as fases, uma vez que não houve contaminação em nenhuma amostra.

Figura 15 - Placas em ágar Sb dos cilindros de oxigênio pré, terminal e pós-UVC. As setas apontam para o crescimento de micro-organismos.



Fonte: Autora.

É interessante observar que quando irradiados com radiação tipo C em excesso, esporos de bactérias tendem a se reproduzir mais rapidamente (MONDARDO, 2015). Esta seria uma possibilidade do que pode ter acontecido nesse resultado, já que esporos fúngicos também são resistentes a tratamentos térmicos e/ou químicos. São necessários futuros experimentos de identificação do fungo para confirmar essa hipótese.

#### 4.1.3. Gaveta de Medicamentos

A gaveta de medicamentos (fig. 16) fica localizada à direita, na parte superior. É um compartimento dedicado ao armazenamento de insumos utilizados durante os procedimentos, bem como a documentação que necessita ser preenchida a cada atendimento.

Figura 16 - Gaveta de medicamentos.

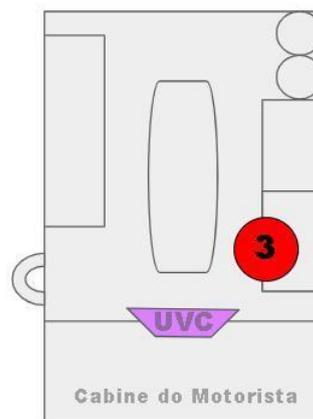


Fonte: Autora.

A coleta foi realizada na superfície e no puxador da gaveta, compreendendo toda região frontal. Não foram realizadas coletas no interior da

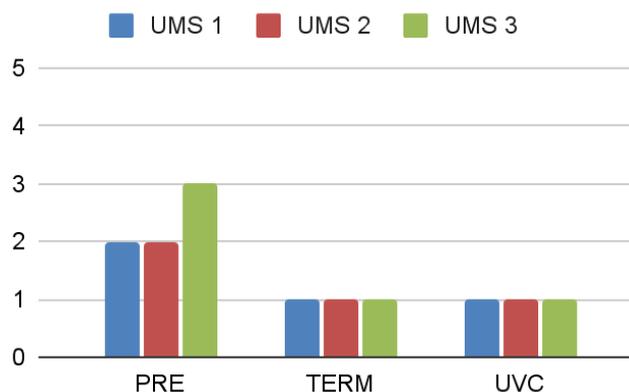
gaveta, já que não recebe incidência da luz UVC. Os medicamentos e insumos utilizados nos atendimentos são personalizados de acordo com a queixa do paciente durante o acionamento do serviço, sendo mantidos na UMS apenas insumos genéricos que servem para diversos fins, como curativos e paliativos. Em relação à luz UVC, as gavetas ficaram próximas à fonte (fig. 17), e receberam a irradiação diretamente sobre elas. É possível observar os resultados desse ponto nas figuras 18 e 19.

Figura 17 - Representação gráfica da gaveta de medicamentos no interior da UMS em relação à lâmpada de UVC.



Fonte: Autora.

Figura 18 - Escores da gaveta de medicamentos no ágar BHI.

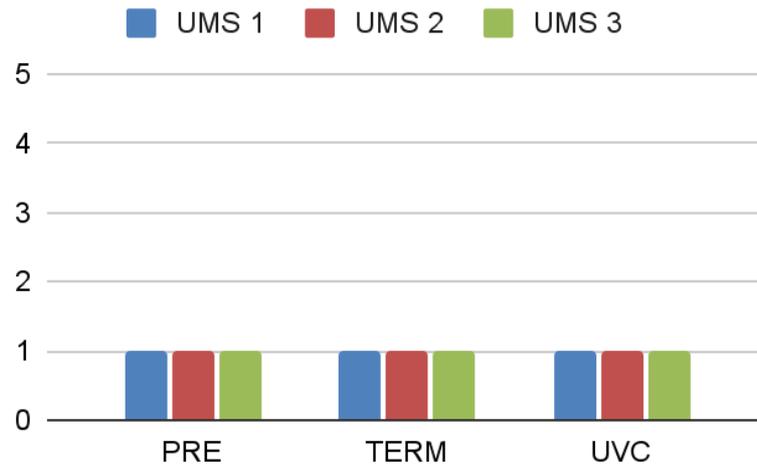


Fonte: Autora.

A gaveta de medicamentos foi a local de coleta que menos apresentou contaminação dentre os cinco pontos, exibindo níveis intermediários de contaminação

já na fase pré, com escores 2 nas UMSs 1 e 2, e escore 3 na UMS 3. Na fase pós-terminal observou-se 100% de descontaminação, o que se manteve na fase pós-UVC.

Figura 19 - Escores da gaveta de medicamentos no ágar SB.



Fonte: Autora.

Para o meio SB, nas três UMSs não foi obtido nenhum nível de contaminação em nenhuma das fases do estudo, indicando que espécimes fúngicos são menos frequentes nesse tipo de ambiente.

#### 4.1.4. Maca

A maca retrátil (fig. 20) é utilizada para resgates e transporte de emergências, sendo articulada para melhor encaixe na viatura através de trava de segurança acoplada no piso da UMS. É uma estrutura de alumínio que conta com cinto de segurança de dois pontos, colchonete e quatro alças laterais utilizadas tanto para o manuseio, quanto para contenção do paciente. A maca circula entre a UMS e as unidades hospitalares de destino, sendo um dos principais veículos de transmissão de patógenos.

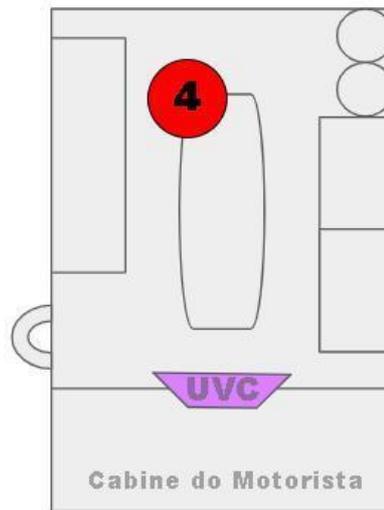
Figura 20 - Maca.



Fonte: Autora.

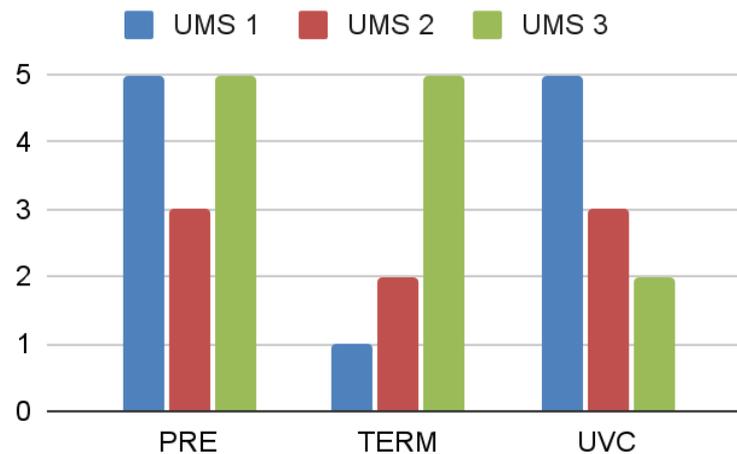
A coleta foi realizada friccionando o *swab* estéril nas alças laterais. Não foram realizadas coletas das pernas da maca, uma vez que elas ficam dobradas quando acondicionadas na viatura e recebem pouca ou nenhuma exposição à radiação UVC. Também não foram realizadas coletas do colchonete, pois são encapados com capa de polipropileno descartável a cada atendimento. Em relação à lâmpada UVC, a maca ficou posicionada defronte à lâmpada (figura 21). É importante salientar que em alguns modelos de viatura existe um banco central fixo que fica entre a maca e a lâmpada, como foi o caso da UMS 1. Nesse caso, houve o cuidado de girar o encosto para a lateral, de modo a não bloquear totalmente a irradiação em direção à maca. O esquema de escores desse ponto de coleta encontra-se nas figuras 22 e 23.

Figura 21 - Representação gráfica da maca no interior da UMS em relação à lâmpada de UVC.



Fonte: Autora.

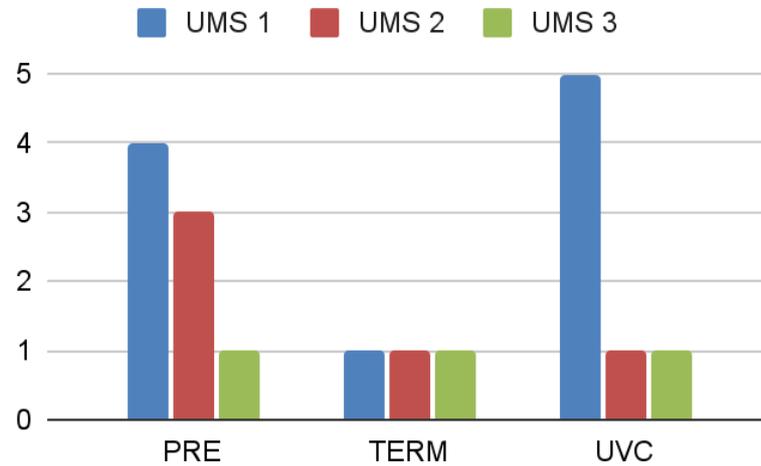
Figura 22 - Escores da maca no ágar BHI.



Fonte: Autora.

No meio BHI não houve um padrão de escores entre as UMSs. Na UMS 1 nota-se que na fase pré obteve-se o escore 5, já na fase pós-terminal esse escore caiu para 1 e, na fase pós-UVC esse escore voltou para 5. Na UMS 2, não houve alteração significativa dos escores entre as fases do estudo, e na UMS 3 o escore 5 esteve presente tanto na fase pré, quanto na pós-terminal, caindo para 2 na pós-UVC. Não é possível afirmar se existe interferência do banco central nos resultados da UMS 1, uma vez que houve diferenciação do resultado encontrado na fase pós-terminal.

Figura 23 - Escores da maca no ágar SB.



Fonte: Autora.

Na figura 23 pode-se notar que, para o meio SB, a UMS 1 apresentou o mesmo comportamento do meio BHI, ou seja, alto nível de contaminação na fase pré, escore 1 na fase pós-terminal, e novamente um escore de 5 na fase pós-UVC. Na UMS 2 foi identificado nível intermediário de contaminação na fase pré, e nas fases terminal e pós-UVC não houve nenhuma contaminação. Na UMS 3, o nível de contaminação mínimo foi identificado já na fase pré e não houve alteração do escore nas demais fases do estudo.

#### 4.1.5. Puxador

O puxador lateral (fig. 24) fica localizado na porta de entrada da cabine de atendimento, à direita. Ele serve como barra de apoio tanto para entrar na UMS quanto para sair, sendo um dos maiores pontos de contato. É constituído de material metálico cilíndrico, fixado na estrutura da viatura por dois pontos e encapado com película emborrachada de textura lisa.

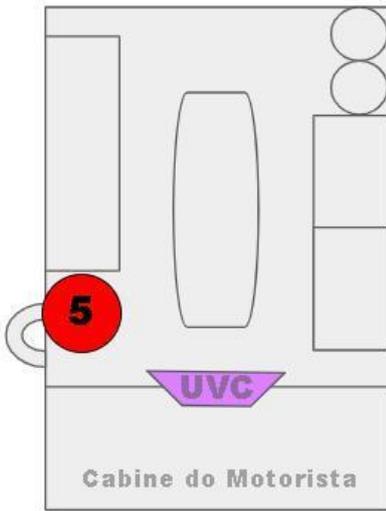
Figura 24 - Vista lateral da UMS, puxador destacado dentro do círculo.



Fonte: Autora

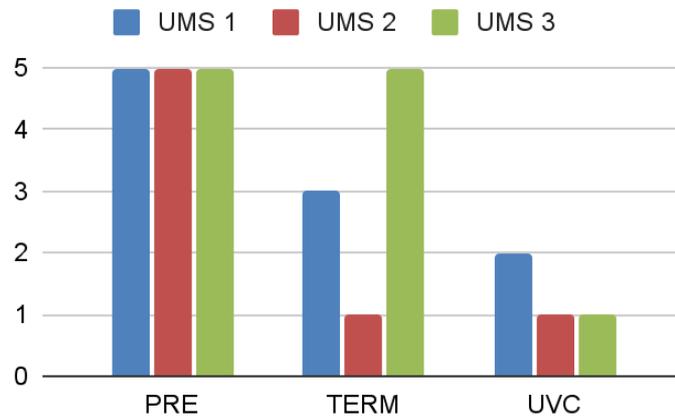
A coleta foi realizada friccionando o swab por toda a superfície do puxador. Em relação à lâmpada UVC, o puxador ficou bastante próximo, estando localizado ao lado direito da lâmpada, numa distância de aproximadamente 40 cm (figura 25). Os resultados obtidos nesse ponto estão esquematizados nas figuras 26 e 27.

Figura 25 - Representação gráfica do puxador no interior da UMS em relação à lâmpada de UVC.



Fonte: Autora.

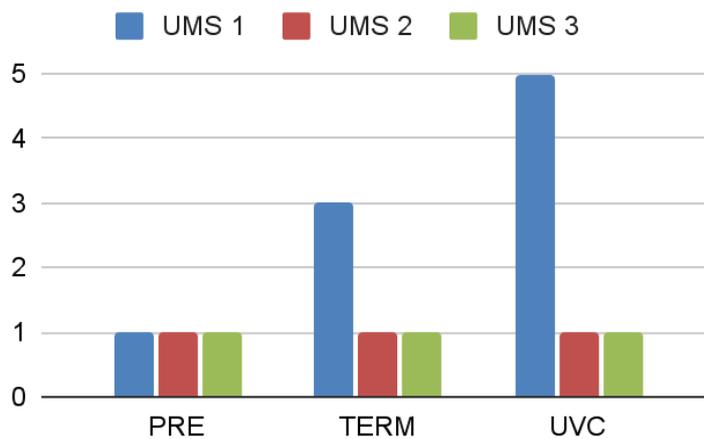
Figura 26 - Escores do puxador no ágar BHI.



Fonte: Autora

Para o puxador lateral obteve-se certa uniformidade dos resultados, havendo importante diminuição dos níveis de contaminação através das fases do estudo. Nas três UMSs obteve-se escore 5 de contaminação na fase pré. Na UMS 1, após a limpeza terminal, o escore diminuiu para 3, e após a irradiação da UVC, o escore diminuiu para 2. Na UMS 2, já na fase pós-terminal, obteve-se escore 1, e esse escore foi mantido após a irradiação da UVC. Na UMS 3, além da fase pré, obteve-se o escore 5 também na fase pós-terminal, tendo esse escore reduzido para 1 na fase pós-UVC.

Figura 27 - Escores do puxador no meio SB.

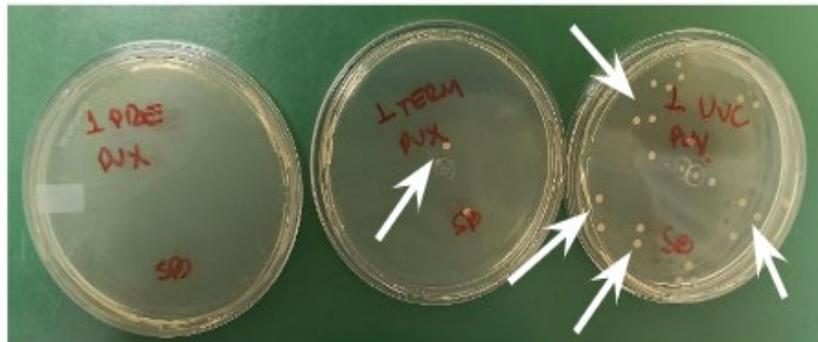


Fonte: Autora

Quando se avalia a figura referente aos resultados obtidos no meio SB (figura 27), percebe-se pouca variação de escores, sendo que nas UMSs 2 e 3 não houve nenhuma contaminação, portanto todas as fases do estudo obtiveram escore

1. Já na UMS 1, percebe-se que houve o mesmo padrão do cilindro de oxigênio, ou seja, os escores foram aumentando conforme as fases do estudo, marcando escore 1 na fase pré, escore 3 na fase pós-terminal e escore 5 na fase pós-UVC, como pode ser observado na figura 28. O cilindro e o puxador foram os pontos menos favorecidos pela irradiação, e ambos apresentaram padrão de aumento de contaminação após a irradiação UVC. É possível notar que o tipo de micro-organismo que se desenvolveu nos dois pontos de coleta são muito similares, ficando como sugestão para estudos futuros a identificação dos micro-organismos coletados.

Figura 28 - Placas em ágar Sb do puxador pré, terminal e pós-UVC. As setas apontam para o crescimento de micro-organismos.



Fonte: Autora.

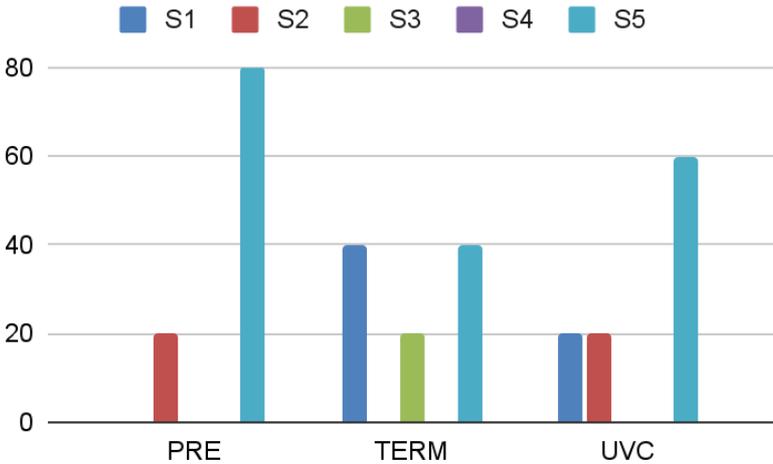
#### 4.2. ANÁLISE INDIVIDUAL POR UMS

Avaliando-se cada UMS individualmente, é possível compreender detalhadamente o contexto do resultado total apresentado até então, considerando que cada uma das UMSs coletadas possui uma área de atendimento que dispõe de mais ou menos veículos, além de sua complexidade de atendimento, que é o caso da UMS 2, de suporte avançado. É importante salientar que todas as UMSs passam por limpeza concorrente (remoção pontual de secreções ou sangue derivados do último atendimento) ainda no destino do atendimento, pois nenhum veículo pode transitar sujo devido à possibilidade de ser desviado do seu trajeto a qualquer momento para realizar novo atendimento. Também é válido ressaltar que a limpeza terminal é realizada semanalmente nas UMSs, diferente do período da pandemia por COVID-19, no qual a limpeza terminal era realizada a cada atendimento.

**4.2.1. UMS 1 (Unidade de Suporte Básico)**

Na UMS 1 notou-se os maiores níveis de contaminação entre as três UMS. É um veículo cuja zona de atendimento concentra-se na região periférica da cidade, que dispõe de menos veículos para o atendimento, culminando num maior número de atendimentos por ciclo. Os dados dessa UMS foram compilados em forma de gráfico para melhor visualização (figura 29).

Figura 29 - Porcentagem dos escores (S) dos pontos coletados na UMS 1, ágar BHI.

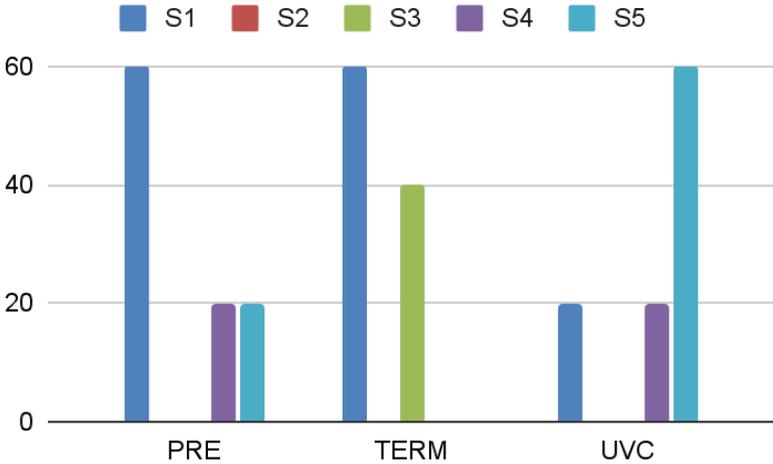


Fonte: Autora.

Nenhuma placa apresentou escore 1 na fase pré, contra 40% das placas da fase terminal e 20% na fase pós-irradiação UVC. Já o escore 2 foi positivo em 20% das placas da fase pré, nenhuma placa na fase pós-terminal, e em 40% das placas pós-UVC. O escore 3 foi positivo em apenas 20% das placas na fase pós-terminal, não obtendo pontuação nas outras fases. O escore 4 não foi pontuado em nenhuma fase da coleta na UMS 1 e o escore 5 foi encontrado em 80% das placas na fase pré, em 40% das placas na fase pós-terminal, e em 60% das placas na fase pós-UVC.

Observa-se que o escore 5 é de 60%, e que o escore 1 cai para 20% na fase pós-UVC em relação à fase pós-terminal. Entretanto, é importante salientar que a variedade de micro-organismos encontrados na fase pré diminui consideravelmente na fase pós-UVC, embora ainda haja contaminação em 60% das placas.

Figura 30 - Porcentagem dos escores dos pontos coletados na UMS 1, ágar Sb.



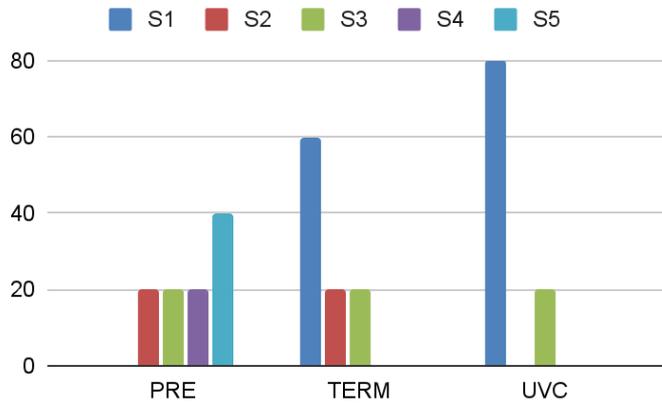
Fonte: Autora.

Nas amostras com o meio de cultura Sb nota-se que o escore 1 apresenta diminuição, identificando-se seu menor índice na fase pós-UVC; o escore 2 não apresentou pontuação em nenhuma fase, assim como o escore 3; o escore 4 apresenta-se nas fases pré e pós-UVC com o mesmo percentual, de 20%, enquanto que em relação ao escore 5, observou-se maior predominância na fase pós-UVC, o que se opõe ao resultado esperado.

**4.2.2. UMS 2 (Unidade de Suporte Avançado)**

Na UMS 2, devido à complexidade dos pacientes que transporta, foi encontrada a maior diversidade de colônias entre as três UMSs, embora seus níveis de contaminação sejam inferiores à UMS 1. Os dados dessa UMS são apresentados na figura 31.

Figura 31 - Escores dos pontos coletados na UMS 2, ágar BHI.

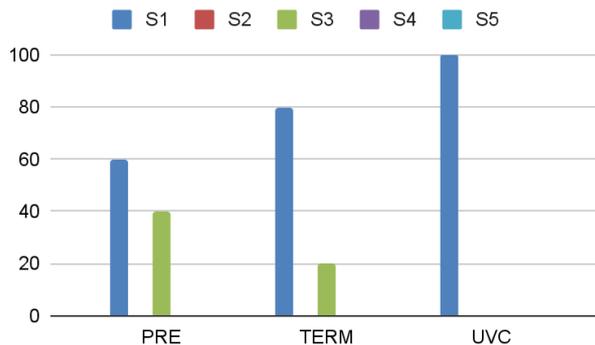


Fonte: Autora.

Na UMS 2 nota-se aumento do escore 1 nas fases do estudo, à medida que os outros escores apresentam manutenção ou ausência nas demais fases, sendo possível observar que na fase pós-UVC somente 20% das placas apresentou resultado positivo para algum tipo de contaminação.

Observa-se que o escore 1 aumenta de 0 para 60% na fase pós-terminal e esse número aumenta para 80% após a UVC; o escore 2 mantém-se em 20% tanto na fase pré quanto na fase pós-terminal, zerando apenas na fase pós-UVC; já o escore 3 se mantém em 20% nas três fases do estudo, enquanto que o escore 4 apresenta-se em 20% apenas na fase pré, não aparecendo nas demais fases. Além disso, o escore 5 está presente apenas na fase pré em 40% das placas, indicando o baixo nível de contaminação geral nessa UMS, que obteve o melhor resultado pós-UVC entre as três UMSs coletadas.

Figura 31: Porcentagem dos escores dos pontos coletados na UMS 2, ágar Sb.



Fonte: Autora.

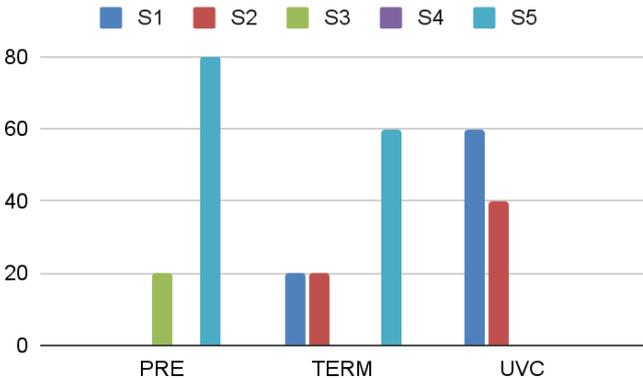
Para o meio de cultura Sb, notou-se pouca contaminação nas placas (figura 31), e os escores 2, 4 e 5 não pontuaram em nenhuma das placas. Nota-se a progressão do escore 1, entre as fases do estudo, avançando de 60% na fase pré, para 80% na pós-terminal e atingindo 100% das placas após a UVC; o escore 3 passou de 40% na fase pré, para 20% após a terminal, zerando após a irradiação UVC.

**4.2.3. UMS 3 (Unidade de Suporte Básico)**

A UMS 3, embora seja um veículo de suporte básico, atende a região central, que dispõe de um maior número de veículos para atendimento. Além disso, por ser uma região de menor densidade doméstica, atende majoritariamente acidentes de trânsito.

Na UMS 3, conforme podemos observar na figura 32, identifica-se que o escore 1 encontra-se ausente na fase pré, aparecendo na fase terminal em 20% das placas e tendo esse percentual aumentado para 60% após a irradiação UVC; o escore 2 também encontra-se ausente na fase pré, aumentando para 20% após a terminal e passando para 40% após a irradiação UVC, atingindo o maior nível identificado em todas as coletas realizadas; o escore 4 não pontuou em nenhuma das fases nessa UMS, enquanto que o escore 5 expressa significativo decréscimo, correspondendo a 80% das placas na fase pré, 60% após a terminal e zerando após a irradiação UVC. Nota-se que a UMS 3 apresenta maior linearidade em seus resultados.

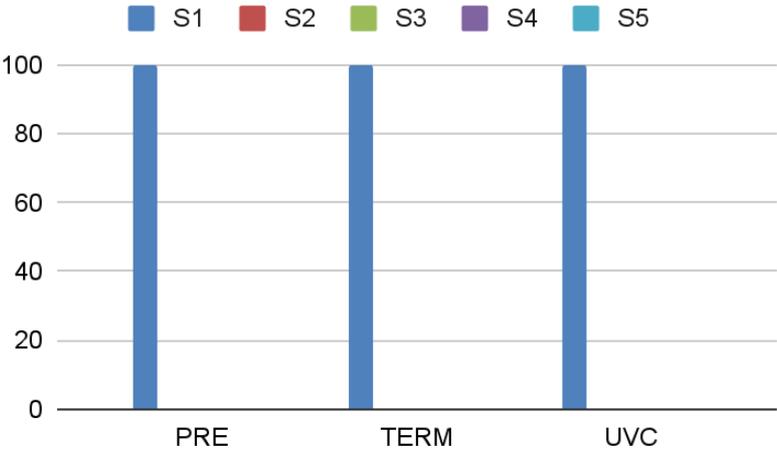
Figura 32 - Porcentagem dos escores dos pontos coletados na UMS 3, ágar BHI.



Fonte: Autora.

Avaliando a figura acima, percebe-se maior distribuição entre os escores intermediários, havendo redução do escore 5 entre as fases. Em compensação, os escores mais baixos, como o 1 e o 2, mostram maiores percentuais, indicativos de menor contaminação nas fases terminal e pós-irradiação UVC. Já no meio de cultura Sb (figura 33) não houve presença de contaminação fúngica em nenhuma das placas, nas três fases do estudo.

Figura 33 - Porcentagem dos escores dos pontos coletados na UMS 3, ágar Sb.



Fonte: Autora.

Por meio da análise detalhada das coletas nas três UMS, tanto no meio de cultura BHI quanto no meio de cultura Sb, pode-se observar diferentes padrões de resultados. Além disso, alguns resultados apresentaram comportamento bastante fora do padrão esperado, como as amostras realizadas no meio Sb da UMS 1, coletadas do puxador e do cilindro de oxigênio, onde houve aumento da quantidade de micro-organismos após as fases de higienização.

**4.3. ANÁLISE TOTAL**

Os quadros de 3 a 5 a seguir demonstram os resultados obtidos, relacionando às UMSs coletadas, os locais de coleta, as fases da coleta, e os resultados após a contagem das placas. Foi adotado também uma escala de cores (quadro 6), de forma a facilitar o entendimento visual dos resultados obtidos.

Quadro 3 - Esquema de escores da UMS 1.

\*CONFERÊNCIA VISUAL

UMS 1							
BHI				SB			
	PRÉ	TERM	UVC		PRÉ	TERM	UVC
BANCO	5	5	5	BANCO	5	1	5
CILINDRO	5	5	5	CILINDRO	1	3	4
GAVETA	2	1	1	GAVETA	1	1	1
MACA	5	1	5	MACA	4	1	5
PUXADOR	5	3	2	PUXADOR	1	3	5

Fonte: Autora.

Quadro 4: Esquema de escores da UMS 2.

\*CONFERÊNCIA VISUAL

UMS 2							
BHI				SB			
	PRÉ	TERM	UVC		PRÉ	TERM	UVC
BANCO	5	1	1	BANCO	3	5	1
CILINDRO	4	3	1	CILINDRO	1	1	1
GAVETA	2	1	1	GAVETA	1	1	1
MACA	3	2	3	MACA	3	1	1
PUXADOR	5	1	1	PUXADOR	1	1	1

Fonte: Autora.

Quadro 5: Esquema de escores da UMS 3.

\*CONFERÊNCIA VISUAL

UMS 3							
BHI				SB			
	PRÉ	TERM	UVC		PRÉ	TERM	UVC
BANCO	5	2	1	BANCO	1	1	1
CILINDRO	5	5	2	CILINDRO	1	1	1
GAVETA	3	1	1	GAVETA	1	1	1
MACA	5	5	2	MACA	1	1	1
PUXADOR	5	5	1	PUXADOR	1	1	1

Fonte: Autora.

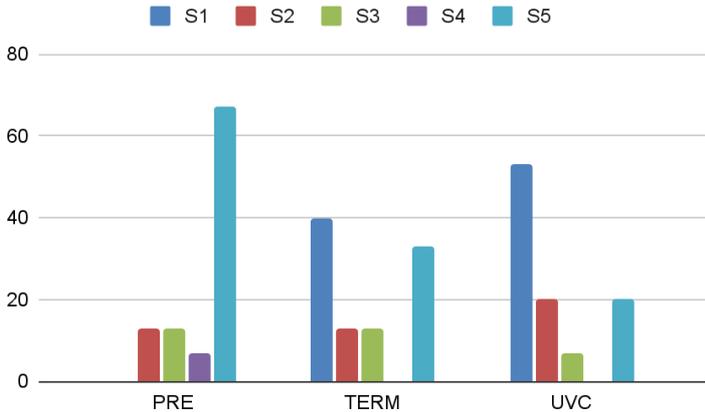
Quadro 6: Esquema de cores adotado para facilitar a visualização dos escores.

AV PLACA	ESCORE
Ø	1
1/4	2
2/4	3
3/4	4
4/4	5

Fonte: Autora.

Quando se avalia o total das amostras cultivadas em meio BHI, nota-se que nenhuma amostra apresentou escore 1 na fase pré, contra 40% de amostras na fase terminal, e na fase pós-UVC esse percentual aumentou para 53% de amostras sem nenhum crescimento nas placas. Das placas na fase pré, 13% se encaixaram no escore 2, esse número se manteve na fase terminal, enquanto que na fase pós-UVC esse número aumentou para 20%. O escore 3 se manteve em 13% tanto nas fases pré quanto na fase terminal, e apresentou aumento para 20% na fase pós-UVC. Ao contrário dos escores 1 a 3, que aumentaram em porcentagem na fase pós-UVC em relação à fase pré, nos escores 4 e 5 houve o movimento contrário, no qual 7% das placas apresentaram escore 4 na fase pré, enquanto que nenhuma placa da fase terminal e pós-UVC pontuou nesse escore. Das placas da fase pré, 67% apresentaram escore 5, contra 33% na fase terminal, e apenas 20% na fase pós-UVC, uma redução de quase 50%, se comparado com a fase pré (figura 34).

Figura 34 - Porcentagem dos escores dos pontos coletados, total, meio BHI.

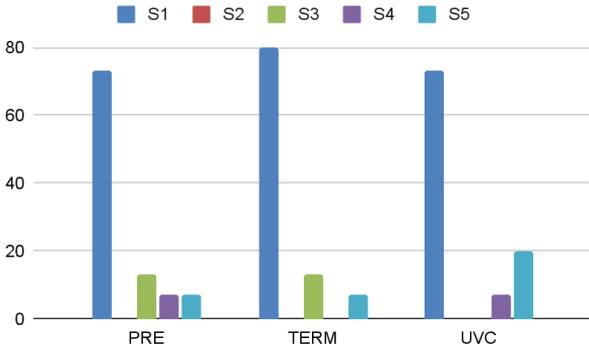


Fonte: Autora.

Por meio da figura 34 pode-se notar que mais da metade das placas apresentou escore 1 na fase pós-UVC. Os escores 2, 3 e 4 apresentam pouca diferença entre as fases do estudo, enquanto que o escore 5, que representou 67% das placas na fase pré, apresentou decaimento progressivo entre as fases, correspondendo a 33% das placas após a limpeza terminal e a 20% após a incidência da luz UVC, uma queda de 47% no total. Nota-se então que a luz UVC foi capaz de otimizar a desinfecção da limpeza terminal em 13%.

Avaliando o total das amostras cultivadas em meio Sb (figura 35), notou-se maior heterogeneidade nos resultados obtidos. A mesma quantidade de placas apresentou escore 1 tanto na fase pré quanto na fase pós-UVC, enquanto que esse número ainda aumentou na fase de limpeza terminal, o que pode representar alguma falha no procedimento da coleta das amostras. Nenhuma placa apresentou o escore 2. O escore 3 foi observado em 13% das placas na fase pré e pós-terminal, enquanto que na fase pós-UVC esse percentual zerou. No escore 4 encontrou-se certa inconsistência do resultado esperado, pois 7% das placas apresentaram esse escore na fase pré e esse percentual zerou na fase após a terminal, porém na fase pós-UVC esse percentual retornou para 7%. No escore 5, nota-se o contrário do padrão esperado e encontrado nas placas de BHI, uma vez que na fase pré e terminal obteve-se 7% das placas, enquanto que esse percentual aumentou para 20% após a irradiação por UVC. Essa diferença no resultado deu-se devido às amostras coletadas no cilindro de oxigênio e no puxador da UMS 1, onde houve crescimento de um mesmo micro-organismo nas fases da coleta, como demonstrado na análise individual das UMS.

Figura 35 - Porcentagem dos escores dos pontos coletados, total, meio Sb.



Fonte: Autora.

Pode-se observar na figura 35 que o escore 1 se mantém em quase todas as fases da coleta, os escores 2, 3 e 4 apresentam pouca mudança de resultados, e no escore 5 observa-se aumento da porcentagem em 13%, ao contrário do que era esperado após a irradiação UVC.

Alguns aspectos devem ser considerados para justificar a heterogeneidade dos resultados obtidos. Essa discrepância poderia ser explicada pela diferença no perfil de atendimento de cada um dos veículos, uma vez que cada UMS realiza atendimentos específicos dentro da sua área de atendimento. Também é importante salientar que há diversos modelos de UMS circulando, dependendo do ano de aquisição da mesma, e não somente a infraestrutura, mas também os materiais componentes da estrutura são diferentes, dificultando a linearidade dos resultados. Além disso, é importante considerar, com base nos próprios resultados encontrados, que a limpeza terminal não cumpre com total eficácia o processo de descontaminação microbiológica, refletindo em maiores níveis de contaminação retroativa nas viaturas mais antigas.

Não é possível descartar a possibilidade de alguma falha técnica durante as coletas, principalmente na UMS 1, onde foram encontrados os resultados mais conflitantes dentre as amostras coletadas.

Algumas medidas podem ser pensadas de modo a contribuir com a maior eficácia da irradiação UVC, como por exemplo, a utilização de tinta refletora (LINDSLEY, 2019), que poderia otimizar a distribuição da luz dentro da cabine de atendimento. Além disso, o posicionamento da lâmpada, que pode ter desfavorecido o cilindro de oxigênio, poderia ser otimizado se colocado em uma posição central, ou mesmo acoplado a uma base móvel, que poderia ser giratória, garantindo assim maior uniformidade da irradiação da UVC por todo o recinto e superfícies da UMS.

O tempo de irradiação pareceu ser suficiente na maioria dos pontos coletados, embora a dose necessária para inativar 90% dos patógenos varie entre os diferentes micro-organismos (veja quadro 2). Entretanto, foram obtidos alguns dados não esperados, principalmente para o crescimento fúngico, que podem ser resultado de um artefato de técnica ou ao tipo de fungo. Micro-organismos esporulados são mais resistentes à desinfecção química e/ou física e, talvez, doses mais altas de UVC sejam necessárias para sua eliminação (ABDELRAHMAN *et al.*, 2018; LI *et al.*, 2010).

Na avaliação do total das placas das três UMSs foi possível notar uma importante diminuição da contaminação após os procedimentos de higienização, especialmente após a exposição à radiação UVC.

Por ser um primeiro trabalho visando um protocolo, identificamos limitações como avaliar se o local utilizado para a lâmpada pode ser otimizado e se a irradiação poderia ser uniformizada no interior da UMS como um todo. Além disso o tempo adotado de 15 minutos pode não ter sido o ideal para todos os pontos, portanto utilizar um radiômetro em cada um dos pontos coletados, a fim de poder quantificar a dose recebida e correlacionar com o resultado obtido nas amostras para avaliar se seria possível minimizar a discrepância dos resultados em relação ao presente estudo, acrescentaria informações importantes ao resultado. Devido à indisposição orçamentária, foi utilizado o meio Stuart para acondicionar as amostras, impossibilitando que as mesmas fossem semeadas nos meios de cultura através de diluição seriada. Assim, utilizar um frasco para cultivo de células do tipo Falcon, com solução tampão, também poderia favorecer a semeadura das amostras nos meios de cultura. Além disso, aconteceram artefatos de técnica, em consequência de não ter havido padronização da área amostrada nos pontos, variando a quantidade de material coletado. Um estudo no qual seja identificado o perfil de micro-organismos que são encontrados nas UMSs também poderá ser de grande importância para o desenvolvimento de um protocolo padronizado para uma descontaminação mais efetiva e regular das UMSs.

## **CONCLUSÃO**

Com base nos resultados apresentados, é possível concluir que a luz UVC funciona como um bom método adjuvante à higienização terminal, possibilitando que a limpeza terminal priorize a remoção de sujidades visíveis, deixando a cargo da UVC a descontaminação microbiológica da UMS, tornando o processo de higienização mais ágil. Ao contrário da limpeza terminal, que é realizada uma vez por semana em contexto normal, a irradiação permite que a UMS possa passar pelo processo de descontaminação a cada atendimento, garantindo maior segurança para pacientes e trabalhadores.

Devido à inconsistência dos resultados obtidos, não foi possível desenvolver um protocolo de desinfecção para UMSs, uma vez que um protocolo efetivo demanda resultados uniformes. Assim, são necessários mais estudos a fim de elaborar um protocolo eficaz de desinfecção que possa ser aplicado no futuro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELRAHMAN, *Eet al.* Fungicidal Effects of Ultraviolet Light (254 nm) Irradiation on Contaminated Museum Packing and Storing Materials. **Biocontrol Science**, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 177-186, 2018. The Society for Antibacterial and Antifungal Agents, Japan. <http://dx.doi.org/10.4265/bio.23.177>

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **RDC N° 35**: Resolução da Diretoria Colegiada. [S. L.]: DOU, 2010;

ALVES, I. A. **Radiação Ultravioleta Aplicada à Desinfecção de Águas Superficiais Urbanas**. 2021. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Christus, Fortaleza, 2021.

ANAIS BRASILEIROS DE DERMATOLOGIA, 2011, São Paulo. **Proteção à radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade em fotoproteção**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Dermatologia, 2011.

BAGNATO, V. S.; KURACHI, C.; MENEZES, P. F. C. de; CHIANFRONE, D. J.; PIRES, L. **Dispositivo para Desinfecção de Superfícies**. Titular: Universidade de São Paulo. BR n. BR 202014006540-2. Depósito: 31 maio 2016. Concessão: 26 nov. 2019.

BALL, D.W. **The electromagnetic spectrum: a history**. *Spectroscopy*, v. 3, n. 22, p.14-17, 2007.

BARQUIN, A.V., PENA, S.B., PALOMINO, S.L., et al. **Detection and characterization of surface microbial contamination in emergency ambulances**. *Am. J. Infect. Control*, v.45, n.1, p.69-71, 2017.

BIOLAMBDA. Disponível em: <https://loja.biolambda.com/uv-room>. Acesso em: 23 jun. 2022.

BIOLAMBDA. **Manual Técnico UV Room 40**. São Paulo: Biolambda, 2022.

CAMPOS, L. D.; SANTOS, G. C. do; ROBERTO, J. T. S. Redução no consumo de energia utilizando tecnologias LED. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, v. 1, n. 55, p. 1-25, 07 maio 2014.

CASTRO, R. R. de; FAUSTINO, U. da S.; RIBEIRO, D. M. Caracterização das ocorrências do serviço de Atendimento Móvel de Urgência – SAMU. **Revista Eletrônica Acervo Enfermagem**, Anápolis, v. 7, p. 1-7, 26 dez. 2020. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*. <http://dx.doi.org/10.25248/reaenf.e5625.2020>.

CAZU, D. C. *et al.* Sistema SODIS para desinfecção da água / SODIS system for water disinfection. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 8, n. 3, p. 21479-21492, 29 mar. 2022. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv8n3-381>.

CHANG, J.C.H., OSSOFF, S.F., LOBE, D.C., DORFMAN, M.H., DUMAIS, C.M., QUALLS, R.G., AND JOHNSON, J.D., **UV Inactivation of Pathogenic and Indicator**

**Microorganisms.** Applied and environmental microbiology, June 1985, p. 1361-1365. v.49, n.6.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL. **Elaboração de Procedimento Operacional Padrão sobre Limpeza, desinfecção e gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.** Campo Grande: Secretaria de Justiça e Segurança Pública, 2014.

GUARULHOS. SECRETARIA DE SAÚDE. **BIBLIOTECA DE SAÚDE.** 2019. Disponível em: <https://www.guarulhos.sp.gov.br/article/samu-192-guarulhos-recebe-quatro-ambulancias-do-ministerio-da-saude>. Acesso em: 21 ago. 2022.

GUERRERO-BELTRÁN, J.A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. **Review: advantages and limitations on processing foods by UV light.** Food Science and Technology International, v.3, n. 10, p.137-147, 2004.

HADI, J. *et al.* Control Measures for SARS-CoV-2: a review on light-based inactivation of single-stranded rna viruses. **Pathogens**, Basileia, v. 9, n. 9, p. 737, 8 set. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/pathogens9090737>.

HOCKBERGER, P. E.. A History of Ultraviolet Photobiology for Humans, Animals and Microorganisms. **Photochemistry And Photobiology**, Chicago, v. 6, n. 76, p. 561-579, set. 2002.

JELDEN, K.C., GIBBS, S.G., SMITH, P.W., *et al.* **Comparison of hospital room surface disinfection using a novel ultraviolet germicidal irradiation (UVGI) generator.** J. Occup. Environ. Hyg., San Diego, v.13, n.9, p. 690-698, 2016.

KIERAT, W., AUGUSTYN, W., KOPER, P., *et al.* **The Use of UVC Irradiation to Sterilize Filtering Facepiece Masks Limiting Airborne Cross-Infection.** Int. J. Environ. Res. Public Health, v.17, e-7396, 2020.

LI, J. *et al.* Use of UV-C Treatment to Inhibit the Microbial Growth and Maintain the Quality of Yali Pear. **Journal Of Food Science**, [S.L.], v. 75, n. 7, p. 503507, set. 2010. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01776.x>.

LINDSLEY, W.G., MCCLELLAND, T.L., NEUC, D.T., *et al.* **Ambulance Disinfection using Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI): Effects of Fixture Location and Surface Reflectivity.** J. Occup. Environ. Hyg, Cincinatti, v.1, n.15, p.1-12, 2019.

MARQUIS, R.E.; BALDECK, J.D. **Sporicidal interactions of ultraviolet irradiation and hydrogen peroxide related to aseptic technology.** Chemical Engineering and Processing, v. 46, n. 6, p. 547-553, 2007.

MILAT, R. S. S. *et al.* **Esterilização por UV-C.** 2021. 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Centro Universitário Fei, São Bernardo do Campo, 2021.

- MONDARDO, A. A. **Estudo dos efeitos da luz ultravioleta para redução microbiológica em amido de mandioca**. 2015. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2015.
- MOREIRA, P. M. *et al.* **Estufa com LED ultravioleta para desinfecção**. 2021. 21 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Una, Pouso Alegre, 2021.
- NARVAEZ, J. L. C. **Control y prevención de infecciones en ambulancias**. Rev. Latin, Infect. Pediatr., v.32, n.1, p.3-6, 2019.
- O'DWYER, G. *et al.* O processo de implantação do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência no Brasil: estratégias de ação e dimensões estruturais. **Cadernos de Saúde Pública**, [S.L.], v. 33, n. 7, p. 1-14, 7 ago. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00043716>.
- Okuno, E.; Vilela, M. A. C. Radiação Ultravioleta: Características e efeitos. **Temas atuais de Física/SBF**, editora livraria da física, 1a. Edição, 2005.
- OLIVEIRA, B. P. **Desenvolvimento de um sistema para inativação microbiológica em vegetais frescos por ação física através de líquidos circulantes**. 2021. 117 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.
- PHILIPS. Ultraviolet purification application information. P. 1-30, 2006. Disponível em: <[http://www.lighting.philips.com/b-dam/b2b-li/en\\_AA/products/special-lighting/uv-purification/downloads/Philips%20UV%20Technology%20brochure.pdf](http://www.lighting.philips.com/b-dam/b2b-li/en_AA/products/special-lighting/uv-purification/downloads/Philips%20UV%20Technology%20brochure.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2022.
- PRATA, R.A., SIMÃO, E.P.C., CHADIL, P.F. et al. Vigil. Sant. Debate, Campo Grande, v.2, n.4, p.51-55, 2016.
- PROGENIX LAB. Disponível em: <https://www.progenixlab.com.br/swab-haste-plastica-com-ponta-de-rayon-e-meio-stuart-100unid.html>. Acesso em: 27 jun. 2022.
- SANTOS, M.. **Desenvolvimento de Sistemas Industriais: desinfecção UVC e robótica industrial - estágio na Streak**. 2017. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2017.
- SÃO PAULO. SECRETARIA DE SAÚDE. **BIBLIOTECA DE SAÚDE**. 2020. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/saude/noticias/?p=306148>. Acesso em: 21 ago. 2022.
- SOZZI, J.S.R., MIGUEL, Y. C. de S., MORAIS, L. de O., et al. **Pesquisa de bactérias patogênicas em superfícies e equipamentos de ambulâncias**. Rev. Med. Minas Gerais. Juiz de Fora, v.29, e-2036, 2019.

VERONESE, A. M.; OLIVEIRA, D. L. L. C. de; NAST, K. Risco de Vida e Natureza do SAMU: demanda não pertinente e implicações para a enfermagem. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, Porto Alegre, v. 33, n. 4, p. 142-148, dez. 2012.

WONG, T., WOZNOW, T., PETRIE, M., et al. **Postdischarge decontamination of MRSA, VRE, and *Clostridium difficile* isolation rooms using 2 commercially available automated ultraviolet-C-emitting devices**. Am. J. Infect. Control, v.4, n.44, p.416-420, 2016.

ZHAORIGETU, S. et al. **Inhibitory effects of silk protein, sericin on UVB-induced acute damage and tumor promotion by reducing oxidative stress in the skin of hairless mouse**. Journal of Photochemistry and Photobiology B: biology, v. 71, n. 1-3, p. 11-17, 2003.

---

---

**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES**  
Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Ensino  
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária CEP: 05508-000  
Fone (11) 2810-1570 ou (11) 2810-1572  
SÃO PAULO – São Paulo – Brasil  
<http://mprofissional.ipen.br>

**O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) é uma Autarquia vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Governo do Estado de São Paulo e gerida técnica e administrativamente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), órgão do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) do Governo Federal.**

---

---