



# ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



02 a 04  
de dezembro 2020

## Desenvolvimento de dispositivos de esterilização com luz UV-C para hospital de referência no tratamento de COVID-19

**Viviane Teleginski Mazur**

Coordenação de Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Guarapuava

**Maurício Marlon Mazur**

Coordenação de Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Guarapuava

**Maria Cristina Souza**

Departamento de Ciências Biológicas – Universidade Estadual do Centro Oeste

**Maico Taras da Cunha**

Departamento de Ciências Biológicas – Universidade Estadual do Centro Oeste

**Douglas Kais da Silva**

Departamento de Ciências Biológicas – Universidade Estadual do Centro Oeste

**Resumo:** Neste trabalho foram desenvolvidos dois equipamentos para sanitização, utilizando luz ultravioleta tipo C. O primeiro equipamento foi um Rodo de Esterilização para pisos e o segundo uma Cabine de Desinfecção de EPIs, tais como máscaras e jalecos. Além do desenvolvimento dos equipamentos, realizou-se o estudo de eficiência microbiológica para diferentes tempos de exposição à luz para Coliformes totais e bactéria *Escherichia coli*. Para a Cabine, em 60 minutos de exposição houve eliminação dos microrganismos em cartões contaminados inseridos em diferentes posições na cabine e no interior do bolso de um jaleco. Para o Rodo, a exposição durante 24 segundos promoveu eliminação dos microrganismos. Com posse dos parâmetros para utilização dos equipamentos, sua doação foi realizada para o Hospital Beneficente São Vicente de Paula, referência na cidade de Guarapuava para o tratamento de pessoas com COVID-19.

**Palavras-chave:** Irradiação, sanitização, bactérias, UTI.

## Development of UV-C light sterilization devices for a reference hospital in COVID-19 treatment

**Abstract:** In this work, two sanitization equipments were developed, using UV-C light. The first equipment was a Sterilization Squeegee for floors and the second was a PPE Disinfection Booth, such as masks and lab coats. In addition to the development of the equipment, an efficiency study was carried out for different times of exposure to light in total coliforms and *Escherichia coli* bacteria. It was found that for disinfection with the cabin in 60 minutes of exposure, microorganisms were eliminated in contaminated cards inserted in different positions in the cabin and inside the pocket of a lab coat. For Rodo, exposure for 24 seconds promoted the elimination of microorganisms. With the parameters for using the equipment, his donation was made to the Hospital Beneficente São Vicente de Paula, a reference in the city of Guarapuava for the treatment of people with COVID-19.

**Keywords:** Irradiation, sanitization, bacteria, ICU.

## 1. Introdução

O Brasil contabiliza mais de 4 milhões, 732 mil casos de Covid-19 (vírus SARS-CoV-2) confirmados, mais de 141 mil óbitos, sendo a taxa de letalidade de 3,0% (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020). Para conter a disseminação da doença medidas de isolamento social, higiene pessoal e uso de equipamento de proteção individual têm sido adotadas pela população. Apesar do desenvolvimento de muitos métodos tecnológicos, lavar com água e sabão ou esfregar com álcool ainda é o meio mais importante de prevenção contra a Covid-19 e demais doenças infectocontagiosas, sejam elas causadas por vírus, bactérias ou fungos (HAQUE *et al.*, 2018, p. 2328). Irelli e seus colaboradores (2020) relataram que um aumento extraordinário no uso de EPI foi implementado pelas equipes médico-hospitalares e também em pacientes hospitalizados desde que foi decretado estado de pandemia. Além da higiene pessoal, a desinfecção rigorosa de equipamentos médicos e o distanciamento entre leitos com no mínimo 1,5 metros também têm sido medidas importantes de profilaxia.

Pacientes internados com suspeita ou com confirmação de Covid-19 estão susceptíveis tanto às complicações da própria doença como a infecções adquiridas em hospitais (IRAS). As IRAS representam uma complicação frequente e grave em pacientes hospitalizados, podendo resultar em aumento das taxas de morbidade e mortalidade (HAQUE *et al.*, 2018, p. 2321). Garcia-Vidal e colaboradores apontaram em artigo recente que 7,2% dos pacientes internados no Hospital das Clínicas de Barcelona com Covid-19 tinham outras infecções bacterianas, fúngicas ou virais confirmadas microbiologicamente (Garcia-Vidal, *et al.*, 2020, *in press*). De forma similar, no estudo realizado por Hughes e colaboradores em dois hospitais de Londres, a hemocultura positiva foi identificada em 7,1% dos pacientes (HUGHES *et al.*, 2020, p. 1395). Já no estudo retrospectivo com 257 pacientes COVID-19 confirmados em laboratório na província de Jiangsu, China, foram encontrados 24 patógenos respiratórios entre os pacientes e 94,2% deles estavam coinfectados com um ou mais patógenos (ZHU, *et al.*, 2020, p. 2). Nos três estudos, as bactérias encontradas incluem *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* e *Klebsiella pneumoniae*. Infecções causadas por estes patógenos, que estão presentes no ambiente hospitalar, podem levar a complicações sérias, não apenas nos pacientes da COVID-19, mas também em pacientes neurológicos hospitalizados, especialmente entre aqueles que sofrem de acidente vascular cerebral ou outras condições com deficiência e disfagia (IRELLI *et al.*, 2020, p.1).

Desta forma, a desinfecção do ambiente hospitalar deve ser uma constante premissa de preservação da vida. Uma das tecnologias acessíveis para construção de dispositivos de desinfecção são as lâmpadas de luz ultravioleta tipo C (UV-C) e dispositivos variados vêm sendo validados atualmente em hospitais e instalações de saúde (SABINO, *et al.*, 2020, *in press*). Estudos realizados com SARS-CoV-1 e outros tipos de coronavírus baseados em RNA indicam que a luz UV-C pode ser usada para inativar efetivamente patógenos presentes no ar e em líquidos (WALKER, KO, 2007, p. 5464). No entanto, é mandatório que a exposição à luz seja suficiente para promover níveis de eficácia germicida semelhantes aos promovidos por outros métodos, como uso de etanol. Por isso, Sabino e colaboradores (SABINO, *et al.*, 2020, *in press*.) enfatizam que o desenvolvimento de equipamentos envolvendo luz UV-C devem apresentar demonstrações experimentais de sua eficiência.

Dada a experiência internacional relatada, todas as complicações que a COVID-19 e as IRAS causam, bem como as limitações do sistema brasileiro de saúde, este projeto buscou desenvolver equipamentos de esterilização de baixo custo, capazes de reduzir a população microbiana, melhorando os níveis de sanitização dos ambientes e dos EPI's utilizados pelas equipes médicas. Neste artigo são apresentados estes equipamentos e os resultados dos testes de eliminação de agentes microbiológicos, possibilitando sua utilização e replicação por outras instituições ou empresas interessadas.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Design conceitual dos equipamentos

Conceitualmente, o objetivo foi desenvolver tecnologias para esterilização de ambientes e EPIs hospitalares relativamente acessíveis para que instituições ou empresas pudessem replicar os projetos na cidade de Guarapuava – PR, em meio a pandemia de Covid-19. O conceito de design da tecnologia do Rodo de esterilização e da Cabine de Desinfecção levaram em consideração os custos e os princípios teóricos da esterilização utilizando lâmpadas de luz ultravioleta tipo C (UV-C). Após avaliação cuidadosa e revisão da literatura sobre o uso das tecnologias (JORNAL DA USP, 2020; FERNANDES, 2020), algumas modificações nos projetos foram exploradas e adaptações foram desenvolvidas. Em relação ao rodo buscou-se incrementar a ergonomia, incluir indicações luminosas de acionamento, maior refrigeração da lâmpada e autoportabilidade do equipamento. Para a cabine, considerou-se a segurança de sua operação, garantindo o desligamento quando a porta não estivesse completamente fechada, inclusão indicadores luminosos de acionamento, gerar maior aproveitamento do espaço interno, facilitar a mobilidade do equipamento e incluir uma fechadura auto esterilizável.

A maior parte do custo destes equipamentos são as lâmpada UV-C, que necessitam ser adquirida em lojas especializadas no Brasil ou então importadas. Apenas uma lâmpada de 60 W custa cerca de 113 reais, conforme o levantamento que foi realizado para este projeto. A cabine empregou uma caixa de madeira utilizada para transporte de equipamentos, a qual foi revestida externamente com Eucatex branco. Esses materiais estavam disponíveis na UTFPR-GP e não foi incluído no custo da tecnologia. O valor da parte estrutural do rodo foi estimado em R\$100,00, em maio de 2020 (UFMS, 2020). Alguns dos principais materiais utilizados para construir esta estrutura consiste em canos de PVC, conexões também em PVC e roletes poliméricos. No caso deste projeto optou-se por utilizar um tubo de alumínio para fixação do sistema elétrico, o qual foi usinado em laboratório específico. O custo de fabricação não está incluso no custo da tecnologia.

Para os processos de furação foi utilizada furadeira de coluna DIPLOMAT, modelo 3001, com broca 5 mm. Para a usinagem de roscas foi utilizado um macho de 6 mm e um vira macho manual, com fluido de corte. Para usinagem do rasgo inferior utilizou-se fresadora DIPLOMAT, com fresa topo de 10 mm. A soldagem do tubo de encaixe à base do rodo foi realizada pelo processo de arco elétrico MIG (*Metal Inert Gas*), com equipamento da marca SUMIG, modelo TIGER 255, utilizando arame de alumínio ER4043 1/16.

### 2.2 Princípio de operação dos equipamentos

A tecnologia do rodo é um sistema portátil, conectado à rede de energia por cabos elétricos, projetado para se auto portar, ou seja, permanecer em posição de operação mesmo sem uma pessoa posicionada para segurar. A maneira de encaixe da lâmpada e o posicionamento do rasgo através do qual há a irradiação foram projetados para evitar exposição aos olhos de pessoas que eventualmente estivessem presentes no momento da utilização. Isso é necessário pois a luz UV-C pode ser prejudicial à saúde humana. Os principais componentes do sistema incluem a estrutura de cano de PVC e suas conexões, o sistema elétrico confeccionado com botão luminoso de acionamento, plug para tomada, cabo de alimentação e ventoinha para refrigeração e o sistema de movimentação auto portátil, composto por três rodízios de silicone e uma haste semiflexível. A ventoinha é acionada concomitantemente à lâmpada, sem necessidade de intervenção do operador. O suporte do reator da lâmpada foi confeccionado de forma a ficar na posição vertical, sendo que as tampas inferior e superior são perfuradas para uma melhor ventilação. Os

componentes são mostrados na Figura 2. O rodo já montado e operacional é mostrado na Figura 7. Para utilização, o operador deve caminhar vagarosamente pelo ambiente, mantendo o rodo na posição que ele se auto porta. Para definição do tempo necessário para a eliminação de agentes microbiológicos foram realizados os ensaios descritos no item 2.3. Ressalta-se porém, que a utilização do rodo não substitui, mas complementa métodos de limpeza já adotados nos hospitais.

A cabine de desinfecção é bastante simples, contendo em seu interior um suporte de cabides e na porta foram instalados ganchos para acomodação de EPIs de pequeno tamanho, como máscaras NR95, por exemplo. Internamente foi colado um revestimento de folhas de papel alumínio de 0,1 mm de espessura e protetores para as lâmpadas UV-C foram fabricados a partir de uma tela de aço galvanizado, cortada em conformidade com o tamanho das lâmpadas. Uma prateleira de vidro foi colocada no fundo para permitir esterilização de calçados. Os componentes são mostrados na Figura 2 e a cabine finalizada e operacional é mostrada na Figura 6. De forma similar, para a definição do tempo necessário para a esterilização foram realizados os ensaios de eliminação microbiológica e o sistema deve ser complementar aos métodos de limpeza já adotados nos hospitais.

## **2.3 Ensaios microbiológicos**

### **2.3.1 Água contaminada**

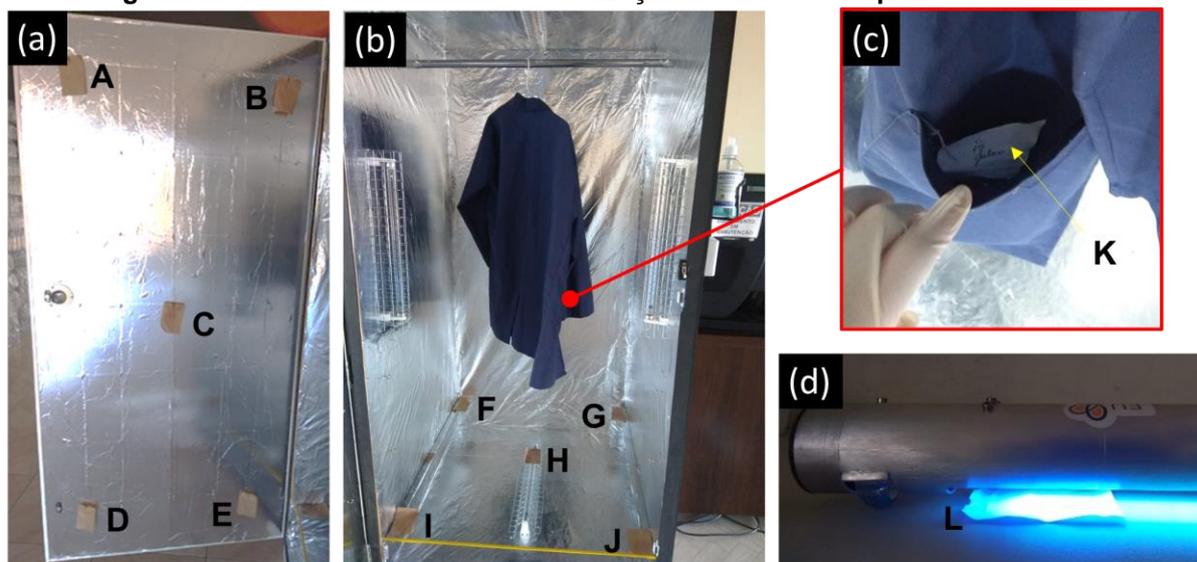
Para o teste de eliminação de microrganismos, buscou-se detectar a eliminação de bactérias que compõe o grupo denominado coliformes totais e também bactérias pertencentes ao grupo *Escherichia coli* (*E. coli*). Utilizou-se amostras de água contaminada coletada nas margens/superfície de um lago do Campus CEDETEG da UNICENTRO, como fonte segura da presença destes microrganismos. As análises referentes a presença ou ausência dos microrganismos nos diferentes intervalos de tempo de exposição à luz UV-C dos equipamentos desenvolvidos foram realizadas no laboratório de Águas/Microbiologia, ligado à Central de Análises da Agência de Inovação da UNICENTRO.

### **2.3.2 Preparo e posicionamento dos cartões contaminados**

Cartões de papel Kraft numerados, nas dimensões de 7,0 x 10,5 cm<sup>2</sup> foram expostos à luz UV durante dez minutos em uma câmara de fluxo laminar unidirecional Horizontal – Quimis, Q216F21H, para eliminar contaminações pré-existentes. Com um micropipetador automático de volume variável, foi inserido 1 mL de água contaminada sobre uma das faces de cada cartão, a qual foi espalhada uniformemente com o auxílio de uma alça de Drigalsky. Os cartões contaminados foram dispostos dentro de bandejas e colocados em uma estufa de secagem por 40 minutos a 25 (±1) °C. Esses cartões foram utilizados para exposição dentro da cabine em locais específicos e abaixo do rodo de esterilização, de forma a simular um piso contaminado, como mostra a Figura 1.

Os cartões foram posicionados na porta, no piso interno da cabine e também dentro dos bolsos de um jaleco de poliéster pendurado em um cabide no suporte. Foram utilizados tempo de 10, 20, 30, 40, 45, 50 e 60 minutos de exposição à luz UV-C. A Figura mostra os cartões posicionados. Previamente aos ensaios, foi realizada a higienização com álcool 70% da superfície de um piso cerâmico que foi utilizado como apoio para os cartões. Os cartões foram colocados rentes ao piso e o rodo foi posicionado em cima, de forma a irradiar a superfície completamente. Foram utilizados tempos entre 2 e 24 segundos, com incrementos de 2 segundos.

Figura 1 – Resultado do teste de esterilização nos diferentes pontos da Cabine



Fonte: autoria própria (2020)

### 2.3.3 Análise qualitativa e quantitativa de coliformes totais e *Escherichia coli*

Após o tempo de exposição à luz UV-C, os cartões foram colocados dentro de frascos estéreis com 100 ml de água destilada para se realizar o método do substrato cromogênico de detecção de coliformes totais e *Escherichia coli*, Colilert<sup>®</sup>. O mesmo método foi empregado em diferentes preparações como mostra a Tabela 1. Esses ensaios de controle foram realizados para confirmar a presença dos microrganismos e verificar se houve interferência de alguma etapa dos procedimentos empregados.

Tabela 1 – Nomenclatura e procedimentos dos ensaios microbiológicos de controle

Nome	Especificação	Inoculação
Água do lago	100% de água do lago	Inoculadas diretamente segundo o método empregado (Colilert), sem uso de papel e sem passar pelo processo de exposição UV na câmara.
Água destilada	100% de água destilada	Retirada diretamente do purificador, inoculada de acordo com o método empregado (Colilert)
Branco	100 mL de água destilada e um cartão controle	Cartão somente esterilizado na luz UV da câmara de fluxo laminar
Controle 1	100 mL de água destilada e um cartão controle	Cartão contaminado somente com secagem natural por 1 hora
Controle 2	100 mL de água destilada e um cartão controle	Cartão contaminado somente seco na estufa por 40 minutos a 25 (±1) °C.

Fonte: Autoria própria (2020)

Utilizou-se flaconetes para introdução nos frascos de substrato cromogênico Colilert com indicadores nutrientes ONPG e MUG, que são as principais fontes de carbono e podem ser metabolizados por enzimas específicas dos coliformes totais e da *E. coli* (IDEXX, 2020). Após a adição do Colilert, os frascos foram agitados manualmente para dissolução e foram colocados em estufa bacteriológica por 24 horas a 36 (±1)°C.

A análise qualitativa que indica a presença ou ausência de coliformes totais e da *E. coli* é realizada após o período na estufa pela visualização da coloração do conteúdo dos frascos. Se o conteúdo das cavidades permaneceu incolor, o resultado é negativo para coliformes

totais e *E. coli*. Se o conteúdo da cavidade apresentar coloração amarelada, o resultado é positivo para coliformes totais. As cartelas com conteúdo amarelado são posicionadas sob uma lâmpada UV, de modo que se houver fluorescência, o resultado foi positivo para *E. coli*, caso contrário, o resultado foi positivo apenas para coliformes totais, mas negativo para *E. coli*.

Adicionalmente, a água contaminada foi analisada quantitativamente para coliformes totais e *E. coli*. Para isso, antes de ser colocado em estufa, o conteúdo do frasco foi transferido para cartelas Quanti-Tray, que foram inseridas em uma seladora que distribuiu o líquido nas cavidades das cartelas uniformemente, selando seu conteúdo. As cartelas seladas foram colocadas em estufa bacteriológica por 24 horas a 36 ( $\pm 1$ )°C. Após o tempo de permanência na estufa, realiza-se a contagem do número de cavidades grandes e pequenas que se apresentam amareladas/ fluorescentes. Utilizando uma tabela de conversão NMP é possível quantificar coliformes totais e *E. coli* presentes. Todos os ensaios foram realizados em triplicata e nos resultados é mostrada a média e desvio padrão das medidas quantitativas.

### 3. Resultados

#### 3.1 Custos construtivos

A Figura 2 mostra diversas fotografias dos componentes do Rodo de esterilização e as indicações numéricas se referem a ordem da Tabela 2. Operações de corte, furação e soldagem do alumínio foram realizadas, como indicado. O corte e furação dos materiais de PVC também estão indicadas.



Fonte: Autoria própria (2020)

Na Tabela 2 estão descritos todos os componentes e materiais que foram utilizados para a fabricação do dispositivo. O custo total foi de R\$ 404,84.

**Tabela 2 – Descrição e custos dos componentes do Rodo de Esterilização**

<b>N.</b>	<b>Item</b>	<b>Descrição do uso</b>	<b>Qty.</b>	<b>Custo total R\$</b>
1	Condulete branco adaptador PVC 1"	Encaixe do tubo principal nos pegadores e na caixa de luz	3	2,00
2	Condulete branco eletroduto PVC 1"	Tubo principal e pegadores	m**	15,00
3	Condulete branco, caixa com 4 entradas de 1"	Caixa de suporte para o botão liga-desliga padrão elétrico.	1	7,50
4	Sinaleiro olho de boi com rabicho azul	Sinalizador visual de acionamento da luz UV-C	1	2,24
5	Placa cega redonda 4x4	Tampa de fechamento e acabamento do sinalizador olho de boi azul	1	3,60
6	Tampa para cano PVC 1" preta	Acabamento dos pegadores	2	0,50
7	Módulo interruptor simples	Sistema com botão liga-desliga padrão elétrico.	1	4,05
8	Cabo PP 3x1	Cabo elétrico para ligação do rodo à tomada	5 m	34,00
9	Pino macho 10 A 3P	Conector do cabo	1	4,00
10	Tampa PVC 100 mm	Acabamento do tubo suporte	2	5,00
11	Cano PVC 100 mm	Suporte para reator e fonte 12V do ventilador da lâmpada	1 m	5,00
12	Alumínio tubo 2.1/2" x 2 mm	Utilizado para conector do cabo do rodo de luz ultravioleta.	m**	9,00
13	Alumínio tubo 1.1/8"	Utilizado para a base do rodo de luz ultravioleta.	m**	37,00
14	Tampa plástica para tubo interna 1. 1/8" preta	Acabamento das laterais da base de rodo	2	5,00
15	rodízio de silicone 50 mm	Rodinhas para movimentação	3	43,50
15	- Parafuso máquina 1/8x1 - Porca zincada 1/8	Para fixação dos componentes	8	2,00
16	Ventilador CPU 12 V 50x50x10 mm	Ventilador para resfriamento da lâmpada UV-C	1	20,00
17	Fonte plástica 12 V 1A plug P4	Fonte de alimentação para ventilador	1	15,00
18	Reator eletrônico para lâmpada UV 1 x 60 W bivolt	Sistema de alimentação da lâmpada UV-C	1	66,60
19	Lâmpada UV 60W G11 base	Lâmpada UV-C	1	113,85
20	Soquete para lâmpada dlux	Suporte da lâmpada	1	12,00
<b>TOTAL</b>				<b>404,84</b>

valores referentes a compras realizadas entre os meses de março a maio de 2020  
mínimo vendido

**Fonte: Autoria própria (2020)**

A Figura 3 mostra diversas fotografias dos componentes da Cabine de desinfecção e as indicações numéricas se referem a ordem da Tabela 3.

**Figura 2 – Componentes da Cabine de desinfecção**



Fonte: Autoria própria (2020)

Na Tabela 3 estão descritos os componentes e materiais que foram utilizados para a fabricação do dispositivo, com exceção da caixa de madeira e revestimento de Eucatex. O custo total da cabine foi de R\$ 575,14.

**Tabela 3 – Custos da tecnologia Cabine de desinfecção**

N.	Item	Descrição de uso	Qty.	Custo*
1	Reator eletrônico 2 x 16 W B:	Sistema de alimentação das lâmpadas UV-C	2	96,60
2	Fecho magnético	Sistema de fechamento	2	4,00
3	Chapa acetato cristal	Sistema para esterilização da fechadura - interno	un**	25,00
4	Gancho aberto 16 x 30	Suporte para EPIs na porta	40	7,20
5	Soquete para lâmpada 001-EM	Suporte das lâmpadas	8	16,00
6	Lâmpada UV 15 W, G13 – T8	Lâmpada UV-C	4	165,60
7	Vidro 6 mm	Prateleira para EPI	1	50,00
8	Rolo papel alumínio 45 cm x 7,5 m	Revestimento interno	4	21,80
9	Fita espuma vedação 48 x 5 m E-106	Vedação da porta	1	26,50
10	Chave micro ruptor haste flex R old	Chave fim de curso	1	26,00
11	Puxador de embutir 45 mm	Para abertura da porta	1	3,00
12	Suporte de garrafa metálico preto	Suporte para álcool gel	1	8,00
	Módulo interruptor simples luz	Para montagem do acionamento elétrico	1	4,05
	Sinaleiro olho de boi com rabicho verde	Sinalizador visual para energização	1	2,24
13	Sinaleiro olho de boi com rabicho vermelho	Sinalizador visual de acionamento das lâmpadas	1	2,41
	Tampo cego luz	Acabamento do interruptor	1	0,49
14	Cabo PP 500/750 V X 1 mm	Cabo elétrico para ligação da cabine à tomada	7 m	17,00
	Pino junção macho 2P+TR	Conector do cabo	1	4,00
15	Tubo oblongo CR 3 m	Suporte para cabides	1	16,00
	Suporte cortina leve 6x8	Suporte para o tubo	2	4,00
	Tela galvanizada	Proteção para lâmpadas	1 m	15,00
16	- Parafuso Philips 3 x 16 chata - Arruela lisa 1/8 zb	Fixação da proteção	26	1,25
17	Puxador alça 120 mm branco	Para realizar a movimentação da cabine	2	10,00
18	Cantoneira rígida PCV 25x25 mm 6m	Para acabamento externo	1	25,00
19	Rodízio nylon 2" fixo	Para movimentação da cabine	2	24,00

Preços referentes a compras realizadas entre os meses de março a junho de 2020  
mínimo vendido

Fonte: Autoria própria (2020)

O total de custos dos equipamentos desenvolvidos foi de R\$ 979,98, excluindo-se custos com mão de obra, equipamentos de fabricação e suas ferramentas.

### 3.2 Desempenho microbiológico

#### 3.2.1 Testes controle

Os resultados das análises microbiológicas para os materiais de controle são mostrados na Tabela 4. A água do lago apresentou resultado positivo para coliformes totais sendo todos os resultados >2419,6 que é o limite máximo de detecção do método. Resultado similar foi encontrado para *E.coli*, variando entre 16,0 e 39,3, o que significa que todos os cartões foram contaminados com o conteúdo da água do lago. A água destilada utilizada e o cartão inicialmente preparado (Branco) não apresentaram os microrganismos, indicando que não houve nenhuma contaminação externa na água destilada e nem nos cartões de papel Kraft utilizados nos testes. Independentemente do método de secagem, seja naturalmente (Controle 1) ou em estufa (Controle 2), há presença dos microrganismos, indicando que a secagem acelerada em estufa não acarretou em eliminação dos microrganismos previamente aos testes com os equipamentos desenvolvidos.

**Tabela 4 – Resultados das análises microbiológicas para os materiais de controle**

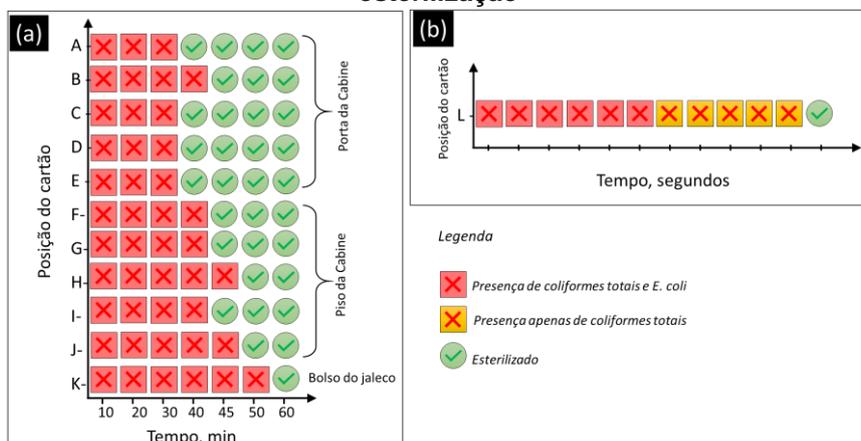
Nome	Coliformes Totais	<i>E. coli</i>
Água do lago	>2419,6 * (D.P. 0,0)	31,53* (D.P. 13,45)
Água destilada	Ausência	Ausência
Branco	Ausência	Ausência
Controle 1	Presença	Presença
Controle 2	Presença	Presença

\*NMP/100 ml

Autoria própria (2020)

Para os cartões posicionados na cabine os resultados qualitativos quanto à presença ou ausência de coliformes totais e *E. coli* são mostrados na Figura 4a.

**Figura 4 – Resultado do teste de esterilização para (a) Cabine de desinfecção e (b) Rodo de esterilização**



Fonte: Autoria própria (2020)

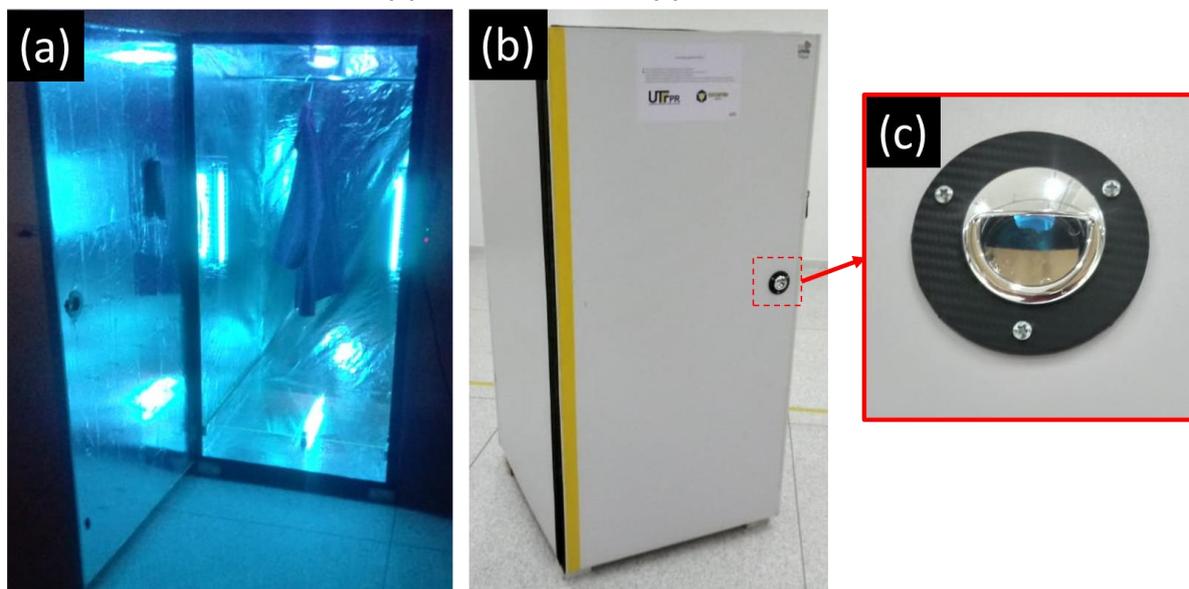
Para os cartões posicionados na porta, onde poderão ser colocados EPIs, como máscaras, por exemplo, a irradiação eliminou totalmente os microrganismos a partir de 45 minutos. Para os EPIs que poderão ser colocados na parte inferior da cabine, sob a prateleira de vidro, tais como calçados, a partir de 50 minutos há esterilização. Quanto aos cartões contaminados colocados no bolso do jaleco de poliéster, os resultados da análise indicam que a morte definitiva de todos os coliformes e *E. coli* ocorreu após uma hora de exposição à luz UV-C. Desta forma, recomenda-se que EPIs colocados no interior da cabine sejam irradiados no mínimo por 1 hora.

Para as análises realizadas com o Rodo mostradas na Figura 4b, verificou-se que a partir de 14 segundos de exposição houve eliminação de *E. coli*. Entretanto, ainda havia presença de coliformes totais. A esterilização completa dos microrganismos analisados ocorreu após 24 segundo de exposição à luz UV-C utilizando o Rodo. Desta forma, recomenda-se que o deslocamento do rodo durante a limpeza seja feita de maneira lenta, permanecendo por pelo menos 24 segundos em cada posição de irradiação.

### 3.3 Entrega dos equipamentos

Os equipamentos finalizados são mostrados na Figura 6. Na lateral da cabine foi instalado um suporte para álcool gel como pode ser visto na Fig. 6a, onde deliberadamente o fim de curso foi mantido acionado para efeitos de demonstração da irradiação da luz em seu interior. Durante o funcionamento normal, somente com a porta completamente fechada há acionamento das lâmpadas UV-C, como indica a Figura 6b. O detalhamento da fechadura auto esterilizável é mostrado na Figura 6c. A furação que foi adicionada na fechadura permite que a luz UV-C que irradia dentro da cabine promova a irradiação de sua parte interna, como uma medida complementar de sanitização.

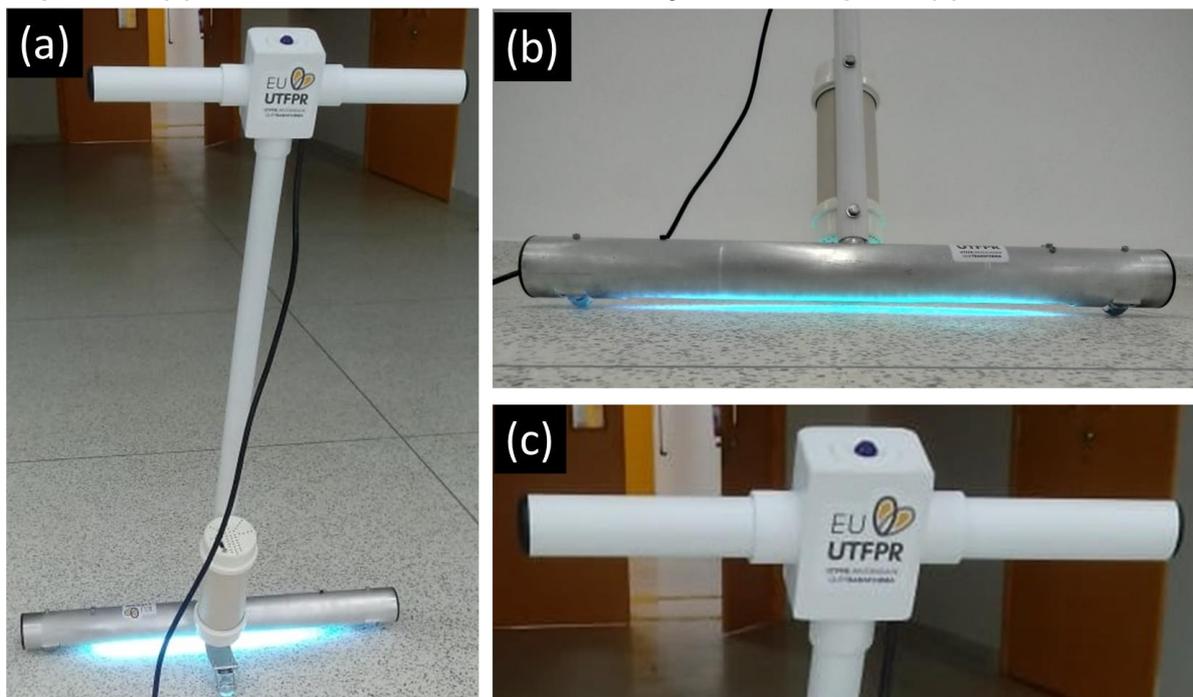
**Figura 6 – Cabine de desinfecção desenvolvida mostrando (a) a porta aberta com a luz acionada intencionalmente, (b) cabine fechada e (c) fechadura auto esterilizável**



Fonte: Aatoria própria (2020)

A Figura 7 mostra o rodo de esterilização em detalhes, onde a Figura 7a destaca sua possibilidade auto portátil e na Figura 7b mostra-se a direcionalidade da irradiação da luz no piso. O indicador luminoso de acionamento é mostrado na Figura 7c.

Figura 7 – Rodo de esterilização mostrando em (a) a sustentação com a haste traseira permitindo ser auto portátil, (b) detalhe da direcionalidade da irradiação da luz no piso e (c) indicador luminoso



Fonte: Autoria própria (2020)

A entrega dos equipamentos para o hospital de referência na cidade de Guarapuava, o Hospital Beneficente São Vicente de Paulo ocorreu no dia 17 de agosto de 2020. A cabine foi instalada próxima à UTI para uso da equipe e o rodo vem sendo utilizado para esterilização do piso da UTI.

#### 4. Conclusões

Este estudo forneceu dados referentes ao desenvolvimento e desempenho de equipamentos de esterilização microbiológica. A construção da cabine de desinfecção custou R\$ 575,14, e o rodo de esterilização R\$ 404,84, excluindo-se custos com mão de obra e equipamentos de fabricação, indicando que são opções viáveis a serem implementadas por outras instituições ou empresas. Os dispositivos desenvolvidos adicionam tecnologias potencialmente importantes para a sanitização de ambientes hospitalares, especialmente durante o período de pandemia. Além disso, seu uso poderá também reduzir as possibilidades de coinfeções hospitalares.

#### Agradecimentos

À UTFPR Câmpus Guarapuava pelo financiamento em complementação ao Edital 6/2020 PROREC/PROPPG.

#### Referências

FERNANDES. M. **Radiação ultravioleta, o futuro da desinfecção de superfícies: cinco minutos chegam para limpar 23 metros quadrados.** Disponível em: <<https://observador.pt/2020/04/29/radiacao-ultravioleta-o-futuro-da-desinfecao-de-superficies-cinco-minutos-chegam-para-limpar-23-metros-quadrados/%3e%20>> Acesso em: 30 mai. 2020.

GARCIA-VIDAL, C.; SANJUAN, G.; MORENO-GARCÍA, E.; PUERTA-ALCALDE, P.; GARCIA-POUTON, N.; CHUMBITA, M.; FERNANDEZ-PITTOL, M.; PITART, C.; INCIARTE, A.; BODRO, M.; MORATA, L.; AMBROSIONI, J.; GRAFIA, I.; MEIRA, F.; MACAYA, I.; CARDOZO, C.; CASALS, C.; TELLEZ, A.; CASTRO, P.; MARCO, F.; GARCÍA, F.; MENSA, J.; MARTÍNEZ, J. A.; SORIANO, A.. Incidence of co-infections and superinfections in hospitalized patients with COVID-19: a retrospective cohort study.

**Clinical Microbiology and Infection**, Artigo *in press*, 2020. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.jns.2020.117111> > Acesso em: 21. set. 2020.

HAQUE, M.; SARTELLI, M.; MCKIMM, J.; ABU-BAKAR, M. Health care-associated infections - an overview. **Infection and Drug Resistance**, v. 11, p. 2321-2333, 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.2147/IDR.S177247> > Acesso em: 21. set. 2020.

HUGHES, S.; TROISE, O.; DONALDSON, H.; MUGHAL, N.; MOORE, L. S. P. Bacterial and fungal coinfection among hospitalized patients with COVID-19: a retrospective cohort study in a UK secondary-care setting. **Clinical Microbiology and Infection**, v. 26, n. 10, p. 1395-1399, out. 2020. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.06.025> > Acesso em: 21. set. 2020.

IDEXX Brasil laboratórios Ltda. **Colilert**. Disponível em: < <https://www.idexx.com.br/pt-br/water/water-products-services/colilert/> > Acesso em: 18 set. 2020.

IRELLI, E. C.; ORLANDO, B.; COCCHI, E.; MORANO, A.; FATTAPPOSTA, F.; PIERO, V. D.; TONI, D.; CIARDI, M.R.; GIALLONARDO, A. T.; FABBRINI, G.; BERARDELLI, A.; BONAVENTURA, C. D. The potential impact of enhanced hygienic measures during the COVID-19 outbreak on hospital-acquired infections: A pragmatic study in neurological units. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 418, artigo 117111, 2020. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.jns.2020.117111> > Acesso em 21 set. 2020.

JORNAL DA USP. **USP entrega a hospital rodos com radiação ultravioleta para descontaminação**. 30 mar. 2020. Acesso em 05/04/2020. Disponível em: < <https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-exatas-e-da-terra/usp-entrega-a-hospital-rodos-com-radiacao-ultra-violeta-para-descontaminacao> >

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Painel Coronavírus**. Disponível em: < <https://covid.saude.gov.br/> >. Acesso em: 27 set. 2020.

SABINO, C. P.; BALL, A. R.; BAPTISTA, M. S.; DAI, T.; HAMBLIN, M. R.; RIBEIRO, M. S.; SANTOS, A. L.; SELLERA, F. P.; TEGOS, G. P.; WAINWRIGHT, M. Light-based technologies for management of COVID-19 pandemic crisis. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, artigo *in press*, 2020. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2020.111999> > Acesso em 21 set. 2020.

UFMS. UFSM integra projeto para construção de rodo com luz UV para limpeza hospitalar. Disponível em: < <https://www.ufsm.br/2020/05/04/ufsm-integra-projeto-para-construcao-de-rodo-com-luz-uv-para-limpeza-hospitalar/> >. Acesso em: 22 set. 2020.

ZHU, X.; GE, Y.; WU, T.; ZHAO, K.; CHEN, Y.; WU, B.; ZHU, F.; ZHU, B.; CUI, L. Co-infection with respiratory pathogens among COVID-2019 cases. **Virus Research**, v. 285, Artigo 198005, ago. 2020. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2020.198005> > Acesso em: 21. set. 2020.