

# CÂMARA UV-C PARA DESCONTAMINAÇÃO ODONTOLÓGICA

Liciane Pereira da Silva  
Graduanda em Sistemas Biomédicos pela Fatec Bauru  
liciane.silva@fatec.sp.gov.br

Marco Aurélio Sampaio da Silva  
Graduando em Sistemas Biomédicos pela Fatec Bauru  
marco.silva76@fatec.sp.gov.br

Orientador: Rogério Thomazella  
rogerio.thomazella@fatec.sp.gov.br

## RESUMO

A descontaminação de artigos odontológicos constitui etapa crítica na cadeia de biossegurança, sendo fundamental para prevenir a ocorrência de infecções cruzadas em ambientes clínicos. Métodos convencionais, como a autoclavagem e a desinfecção química, são amplamente utilizados, porém apresentam limitações como elevado consumo de energia, custo operacional e necessidade de infraestrutura complexa. Neste contexto, a radiação ultravioleta do tipo C (UV-C) surge como tecnologia alternativa e complementar, devido à sua capacidade germicida comprovada, atuando por meio de danos ao material genético microbiano. Este trabalho descreve o processo de concepção, desenvolvimento, construção e validação microbiológica de um protótipo de câmara portátil para descontaminação de materiais odontológicos. O equipamento foi fabricado em filamento Polietileno Tereftalato Glicolado (PETG) por impressão 3D, equipada com LED emissor de radiação UV-C e controlado por microcontrolador Arduino Nano. Os testes microbiológicos, realizados com cepas de *Streptococcus pyogenes* e *Escherichia coli*, demonstraram eficácia de esterilização dos ciclos propostos, reduzindo a carga inicial de  $2,3 \times 10^3$  UFC/placa e  $1,1 \times 10^3$  UFC/placa, respectivamente, para níveis não detectáveis. O projeto também incluiu a implementação de dispositivos de segurança, como chaves de corte para interrupção da emissão luminosa quando a tampa é aberta, e design interno com material refletivo para otimizar a distribuição da radiação. A concepção buscou atender a critérios de baixo custo, portabilidade e facilidade de uso, visando beneficiar clínicas odontológicas de pequeno porte e instituições de ensino.

**Palavras-chave:** biossegurança; radiação UV-C; odontologia; descontaminação; prototipagem.

# 1 INTRODUÇÃO

A prevenção de infecções cruzadas em odontologia depende de um conjunto integrado de medidas de biossegurança, que inclui desde o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) até protocolos rigorosos de limpeza, desinfecção e esterilização de materiais e utensílios. A descontaminação correta é indispensável para proteger pacientes e profissionais contra patógenos como bactérias, vírus e fungos potencialmente patogênicos (Lopes *et al.*, 2019).

As tecnologias de desinfecção por UVC, em comparação às térmicas, não necessitam de fornos ou câmaras. De forma geral, exigem menor investimento e apresentam grande variedade de equipamentos, que vão desde modelos portáteis até sistemas robóticos semiautomatizados, contribuindo para reduzir o tempo de utilização durante o processo. A potência da radiação UV escolhida determina sua forma de aplicação, sendo necessário posicionar a luz próxima à superfície por um tempo fixo para garantir a esterilização. (Casine *et al.*, 2019).

A radiação ultravioleta do tipo C (UV-C) apresenta-se como alternativa promissora, sobretudo para desinfecção de superfícies e artigos não autoclaváveis. Seu mecanismo germicida atua por meio da indução de alterações fotoquímicas no DNA e no RNA dos microrganismos, inativando-os e impedindo sua replicação (Santos *et al.*, 2023).

Neste trabalho, propõe-se o desenvolvimento de uma câmara portátil de descontaminação com tecnologia UV-C, combinando baixo custo, portabilidade, eficiência energética e facilidade de operação. O objetivo geral é desenvolver um protótipo de câmara de descontaminação com tecnologia UV-C e validar sua eficácia microbiológica em materiais de higiene oral que complementem os métodos tradicionais, ampliando a capacidade de biossegurança em consultórios odontológicos e instituições de ensino.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Microbiologia aplicada à odontologia

A microbiologia odontológica estuda a diversidade, estrutura e patogenicidade dos microrganismos presentes na cavidade oral. A partir do século XVII, com as observações pioneiras de Antonie van Leeuwenhoek, e posteriormente com os estudos de Louis Pasteur e Robert Koch no século XIX, consolidou-se a compreensão de que microrganismos são agentes etiológicos de diversas doenças.

Em odontologia, além das doenças diretamente relacionadas à cavidade oral, como cáries e periodontites, há o risco de disseminação de patógenos respiratórios e sistêmicos por meio de materiais contaminados.

Além do risco ocupacional, a contaminação inadequadamente controlada pode resultar em infecções cruzadas entre pacientes. Superfícies de equipamentos odontológicos, refletores, cuspidoras e instrumentos reutilizáveis podem atuar como reservatórios microbianos quando os protocolos de limpeza e desinfecção são falhos ou incompletos. Estudos realizados em clínicas odontológicas brasileiras demonstraram crescimento bacteriano significativo em superfícies consideradas críticas, mesmo após procedimentos rotineiros de higienização,

evidenciando limitações nos métodos convencionais quando aplicados sem padronização ou validação microbiológica (Tonello et al., 2022).

As consequências da contaminação em ambientes odontológicos não se restringem apenas ao aumento do risco de infecção, mas também impactam a qualidade da assistência, os custos operacionais e a credibilidade dos serviços de saúde. Infecções associadas à assistência à saúde (IRAS) geram prolongamento de tratamentos, necessidade de uso adicional de antimicrobianos e maior demanda por acompanhamento clínico, além de potenciais implicações legais e éticas para os profissionais envolvidos (Brasil, 2012). Em instituições de ensino, onde há maior rotatividade de usuários e estudantes em treinamento, esses riscos podem ser ainda mais acentuados.

Diante desse cenário, a adoção de métodos eficazes de desinfecção e esterilização torna-se essencial. A autoclavação é considerada padrão-ouro para instrumentais críticos; entretanto, muitos artigos utilizados em odontologia são termossensíveis e não suportam altas temperaturas, como escovas dentais, dispositivos plásticos e determinados acessórios de higiene oral. Para esses materiais, métodos alternativos de desinfecção são necessários, desde que devidamente validados quanto à sua eficácia microbiológica (Brasil, 2012).

Nesse contexto, o desenvolvimento de dispositivos de baixo custo, portáteis e devidamente validados microbiologicamente pode contribuir para ampliar o acesso a tecnologias de descontaminação, especialmente em clínicas odontológicas de pequeno porte e instituições de ensino. A validação por meio de ensaios microbiológicos controlados, comparando cargas microbianas antes e após a exposição à radiação, é fundamental para assegurar que tais tecnologias atendam aos requisitos mínimos de segurança e eficácia exigidos para a prática em saúde.

## **2.2 Tecnologia UV-C e Aplicações na Saúde**

A radiação ultravioleta do tipo C (UV-C) tem sido estudada como tecnologia complementar para a descontaminação de superfícies e materiais não autoclaváveis. Seu efeito germicida ocorre por meio da indução de danos fotoquímicos ao DNA e RNA dos microrganismos, levando à inativação celular e impedindo a replicação (Santos et al., 2023). A faixa de comprimento de onda entre 260 e 265 nm é considerada a mais eficaz, embora dispositivos comerciais frequentemente utilizem emissores próximos a 254 nm devido à disponibilidade tecnológica (Barbosa, 2021).

Na área da saúde, dispositivos UV-C têm sido empregados para:

- a) Desinfecção de salas cirúrgicas e UTIs;
- b) Descontaminação de EPIs reutilizáveis, como respiradores N95;
- c) Tratamento de água e superfícies críticas em laboratórios (Mills et al., 2018).

## **2.3 Impressão 3D**

A impressão 3D, originalmente conhecida como prototipagem rápida ou fabricação aditiva, consiste em um conjunto de técnicas capazes de produzir objetos de forma ágil e econômica, por meio da deposição sucessiva de camadas de material. Essa abordagem inovadora de manufatura possibilita a

criação de estruturas exclusivas, destacando-se também a extrusão semissólida, que utiliza camadas de gel ou pasta para gerar peças de diferentes formas e dimensões (Fornasier, 2024).

## **2.4 Normas Técnicas e Regulamentação**

A RDC nº 15/2012 da ANVISA regulamenta o processamento de produtos para saúde, permitindo métodos alternativos de desinfecção para artigos termossensíveis (que não suportam calor), categoria na qual se enquadram diversas escovas e acessórios plásticos. Quanto à segurança do equipamento, a norma ISO 15858:2016 (*UV-C Devices — Safety information*) exige mecanismos de intertravamento para evitar exposição humana à radiação, requisito atendido neste projeto através do intertravamento com os switches desligando o LED. Adicionalmente, a Nota Técnica nº 82/2020 da ANVISA destaca que a eficiência germicida depende da dose (potência x tempo) e da incidência direta da luz, alertando para o risco de "zonas de sombra".

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

O desenvolvimento da câmara para descontaminação de materiais odontológicos foi conduzido em etapas sequenciais, integrando princípios de engenharia biomédica, microbiologia e segurança ocupacional. A metodologia foi dividida nas fases: projeto estrutural e modelagem 3D, sistema de iluminação UV-C, seleção de componentes eletrônicos, implementação de dispositivos de segurança e montagem e validação funcional.

### **3.1 Projeto Estrutural e Modelagem 3D**

O gabinete foi projetado utilizando software CAD, permitindo a definição precisa das dimensões, disposição interna dos componentes e posicionamento otimizado dos emissores UV-C. O objetivo do design foi garantir uniformidade na exposição à radiação, maximizar a área útil e permitir fácil acesso aos instrumentos para posicionamento e retirada.

O material escolhido para a estrutura foi o filamento Polietileno Tereftalato Glicolado (PETG), fabricado por processo de impressão 3D (tecnologia FDM – Fused Deposition Modeling), devido às seguintes propriedades:

- a) Resistência mecânica suficiente para suportar o manuseio frequente;
- b) Estabilidade dimensional frente a pequenas variações térmicas;
- c) Resistência química a agentes de limpeza comuns em ambientes odontológicos;
- d) Custo acessível e ampla disponibilidade no mercado.

A impressão foi realizada com resolução de 0,2 mm e preenchimento interno de 20%, garantindo rigidez estrutural com peso reduzido (Figura 1).

Figura 1 – Modelo tridimensional da câmara para descontaminação



Fonte: Autores (2025)

### 3.2 Sistema de iluminação UV-C

A radiação germicida foi fornecida por LED UV-C de 254nm, potência nominal de 1 W e tensão de operação de 5V. Foram selecionados componentes de fabricantes reconhecidos (Seoul Viosys, Nichia e Osram), que fornecem certificação de comprimento de onda e curva espectral.

O posicionamento do LED foi planejado para permitir cobertura uniforme das superfícies, com instalação no centro do teto. Folhas revestidas de material refletivo cromado, foram fixados internamente para refletir a radiação, reduzindo zonas de sombra (Figura 2).

Figura 2 – Distribuição interna do LED e Paredes Refletivas



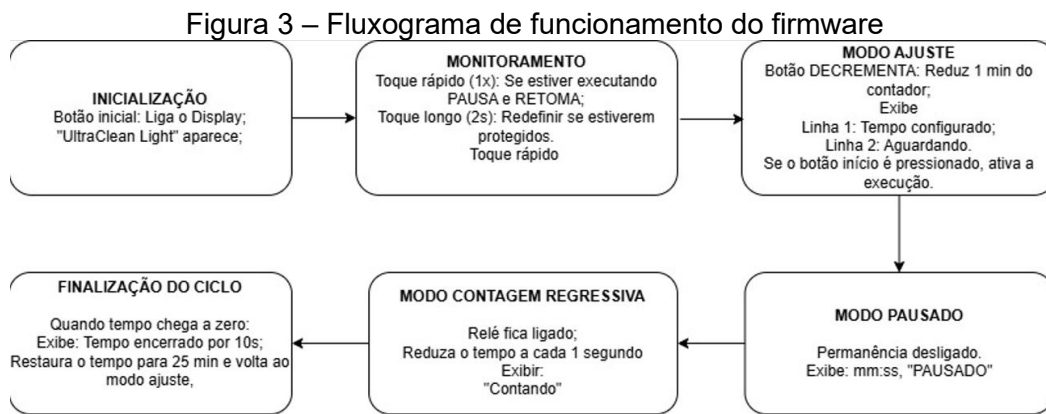
Fonte: Autores (2025)

### 3.3 Seleção de componentes eletrônicos

O sistema eletrônico é gerenciado por um Arduino Nano, responsável pela interface com o usuário e pelo acionamento do LED UV-C. O circuito integrado incluiu os seguintes componentes:

- a) Fonte de alimentação: 5V/1A para operação direta em rede elétrica;
- b) LED UV-C: 5V/1W com comprimento de onda de 254nm para desinfecção;
- c) Display LCD 16x2: Interface visual para seleção e monitoramento do tempo de ciclo;
- d) Botões de comando: Para início de ciclo, pausa, reset e configuração do tempo de desinfecção;
- e) Chaves de corte: Atuam como sensores de fim de curso para acionamento do LED e cancelamento imediato do ciclo em caso de abertura da tampa (intertravamento de segurança);
- f) Relés: Para o chaveamento elétrico isolado e seguro dos LED.

Para coordenar estes componentes, foi desenvolvida uma lógica de controle que opera em ciclo contínuo (*loop*), apresentando a navegação entre os menus de ajuste e operação conforme a Figura 3.



Fonte: Autores (2025)

Para a implementação da lógica descrita no fluxograma, o firmware foi estruturado em blocos funcionais. A Listagem 1 demonstra o modo de configuração, onde o usuário define o tempo de exposição antes do início do ciclo, garantindo que o sistema só armazene tempos válidos.

#### Listagem 1 – Lógica de configuração do tempo (Modo de Espera)

```

// Se o botão DECREMENTA for pressionado e o tempo for maior que
1 min
if (estadoMenos == HIGH && tempoRestante > 60 * 1000UL)
{
tempoRestante -= 60 * 1000UL; // Reduz 1 minuto
delay(250); // Debounce simples
}
// Atualiza o Display com o tempo configurado
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Tempo: ");
lcd.print(formatarTempo(tempoRestante));
  
```

Fonte: Autores (2025)

Uma vez iniciado o ciclo, o microcontrolador assume o controle da carga (LED UV-C) através do acionamento do relé. A Listagem 2 apresenta o núcleo da lógica de contagem regressiva, que mantém o LED ligado enquanto subtrai o tempo restante a cada segundo.

#### Listagem 2 – Controle de execução e acionamento do Relé

```
// Ativa o Relé (Liga a luz UV-C)
digitalWrite(RELE, HIGH);
unsigned long decorrido = millis() - tempoInicio;

// Lógica de contagem de 1 segundo (1000ms)
if (decorrido >= 1000) {
    tempoInicio = millis();
    if (tempoRestante >= 1000)
        tempoRestante -= 1000; // Decrementa o tempo total
}
```

Fonte: Autores (2025)

Por fim, para garantir uma interface amigável e segura, foi implementada uma função específica para monitorar o botão principal, capaz de distinguir entre um toque rápido (pausa) e um toque longo (reinicialização do sistema), conforme a Listagem 3.

#### Listagem 3 – Diferenciação de comandos do usuário

```
// Detecta borda de descida (soltou o botão)
if (estado == LOW && ultimoEstado == HIGH) {
    unsigned long duracao = millis() - inicioPress;
    if (duracao >= 2000) {
        // Toque longo (> 2s): Reseta o sistema
        emExecucao = false;
        tempoRestante = 20 * 60 * 1000UL; digitalWrite(RELE, LOW); }
    else {
        // Toque rápido: Alterna entre Pausa e Execução if
        (emExecucao) {
            pausado = !pausado;}}}
```

Fonte: Autores (2025)

O algoritmo de controle divide-se em quatro etapas principais:

1. Inicialização: O sistema inicia com a carga desligada e define o tempo padrão.
2. Ajuste (Modo de Espera): Permite ao operador configurar o tempo desejado através dos botões de seleção.
3. Execução: Ao receber o comando de início, o sistema aciona o relé (ligando a luz UV-C) e inicia a contagem regressiva. O algoritmo monitora constantemente o botão de pausa para permitir interrupções momentâneas.
4. Encerramento: Ao final do temporizador ou em caso de interrupção, o sistema desliga o LED e emite alerta de tempo encerrado no display (fim de ciclo).

### 3.4 Implementação de Dispositivo de Segurança

Devido ao risco de lesão ocular e cutânea por exposição direta à radiação UV-C, foram adicionadas chaves de corte conectada em série ao circuito de alimentação do LED. Ao abrir a tampa, a alimentação é interrompida instantaneamente, prevenindo a emissão luminosa (Figura 4).

Figura 4 – Dispositivo de segurança instalado na Câmara



Fonte: Autores (2025)

### 3.5 Montagem final e validação funcional

Após a fabricação das peças impressas em 3D e aquisição dos componentes, foi realizada a montagem seguindo esquema elétrico previamente validado em simulação. A fase final incluiu:

- a) Fixação mecânica do LED e revestimento refletivo;
- b) Passagem e soldagem de cabos;
- c) Instalação das chaves de corte;
- d) Instalação do Arduino e programação dos tempos de exposição decrescentes a 20 min);
- e) Teste de funcionamento da chave de corte.

### 3.6 Protocolo de Validação Microbiológica

Para a validação da eficácia germicida do protótipo, foi realizado um ensaio microbiológico controlado utilizando cepas de *Streptococcus pyogenes* (*S.pyogenes*) e *Escherichia coli* (*E.coli*), cedidas pelo Instituto Lauro de Souza Lima. A escolha destes microrganismos deve-se à sua relevância clínica, representando, respectivamente, bactérias Gram-positivas e Gram-negativas frequentemente encontradas no ambiente de saúde.

#### 3.6.1 Metodologia e Preparo das Amostras

Inicialmente, testou-se a desinfecção em pinças de inox com exposição à radiação UV-C por 5 minutos e, diante dos resultados insatisfatórios, realizou-se um segundo ensaio com o tempo de exposição ampliado para 10 minutos, o qual também não apresentou eficácia satisfatória. Esses resultados foram atribuídos não apenas ao design complexo e às ranhuras das pinças, mas também à presença de zonas de sombra, que dificultam a incidência uniforme da radiação. Em razão desses achados, o foco da validação foi redirecionado para artigos de

higiene oral, especificamente escovas dentais. Tentou-se a esterilização por autoclavação a 121°C, no entanto, ao retirar as escovas da autoclave, notamos que as cerdas estavam deformadas e grudadas, inviabilizando o uso. Diante disso, adotou-se a esterilização química por imersão em ácido peracético a 0,08% por 20 minutos, seguido de duplo enxágue com água destilada estéril visando a total remoção do residual químico (Figuras 5 e 6) e, em seguida, inoculadas com 100 µL de suspensão bacteriana ajustada para a escala 0,5 de McFarland (aproximadamente  $1,5 \times 10^8$  UFC/mL).

Figura 5 – Esterilização por imersão em ácido peracético 0,08%



Fonte: Autores, 2025

Figura 6 – Eliminação de residual químico em enxágue



Fonte: Autores, 2025

Percorrido 10 minutos da inoculação, com o auxílio de swabs previamente umedecidos em água estéril, realizamos o estriamento nas placas correspondentes contendo Agar Nutrient e MacConkey para *Streptococcus pyogenes* e *E.coli* respectivamente, sendo mantidas incubadas a 37°C por 24-48hs.

Nos primeiros testes após a adequação do método de esterilização por meio químico, notou-se que devido ao baixo número de LED instalados na câmara, houve a necessidade de aumentar os tempos de exposição para 20 e 25 minutos, essa regra é explicada pela Lei da Reciprocidade em fotobiologia: a dose letal é produto da intensidade pela duração, ou seja, Dose = Intensidade x Tempo. Como o protótipo utiliza uma quantidade econômica de LED, a intensidade luminosa é menor, exigindo maior tempo de exposição para atingir a mesma eficácia germicida (Figura 7). Além disso, a falha nas pinças e o sucesso nas escovas corroboram a literatura (Nota Técnica ANVISA 82/2020), que alerta para a ineficácia da UV-C em zonas de sombra. O uso de ácido peracético no preparo das amostras provou ser uma alternativa viável para esterilizar o material termossensível antes do teste, contornando o problema do derretimento observado na autoclave.

Figura 7 – Desinfecção por radiação UV-C



Fonte: Autores (2025)

### 3.6.2 Grupos Experimentais

Os testes foram realizados em duplicata para cada microrganismo e divididos nos seguintes grupos, cujos tempos foram estendidos para compensar a distribuição do LED:

- a) **Grupo Controle (Esterilidade):** Escovas pós-ácido peracético, sem contaminação (validação do processo);
- b) **Grupo Pré-teste (Crescimento):** Escovas inoculadas, sem exposição UV (validação da cepa);
- c) **Grupo Teste 1 (GT1):** Exposição de 20 minutos na câmara;
- d) **Grupo Teste 2 (GT2):** Exposição de 25 minutos na câmara.

## 4 RESULTADOS

O protótipo final apresentou as seguintes características técnicas:

- a) Dimensões externas: 25 cm × 20 cm × 20 cm;
- b) Peso total: 1,2 kg;
- c) Material estrutural: PETG impresso em 3D;
- d) Fonte de energia: 5V/1A (adaptador AC/DC);
- e) LED UV-C: 5V/1W 254nm
- f) Tempo de ciclo programável: 1 - 20min;
- g) Custo total estimado: R\$ 185,00 (valores de 2025).

O equipamento após finalizado como mostra a (Figura 8), apresentou operação estável, acionamento preciso da chave de segurança e facilidade de uso. A leveza e a portabilidade tornam o protótipo adequado para transporte e uso em diferentes ambientes, como clínicas, laboratórios de ensino e unidades móveis.

Figura 8 – Equipamento finalizado



Fonte: Autores (2025)

#### 4.1 Resultados da Validação Microbiológica

Os ensaios microbiológicos realizados demonstraram de forma objetiva a eficácia germicida do protótipo de câmara UV-C desenvolvido. Após os ciclos de exposição de 20 e 25 minutos, observou-se a completa inativação das cepas de *Escherichia coli* e *Streptococcus pyogenes*, com redução da carga microbiana inicial, para níveis não detectáveis como mostrado na Tabela 1. Esses resultados confirmam que, nas condições testadas, o equipamento é capaz de promover descontaminação eficaz de artigos de higiene oral.

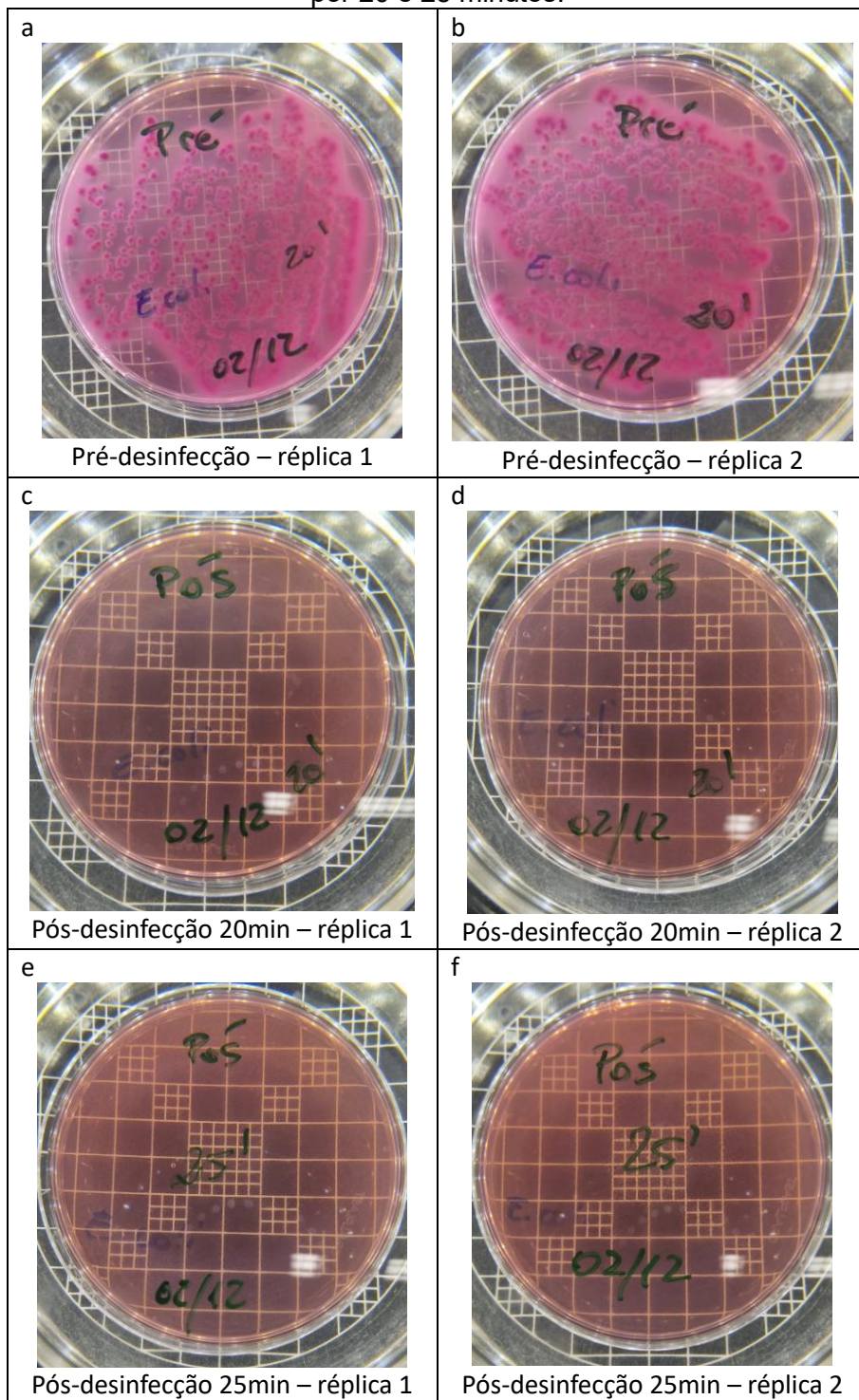
Tabela 1 – Resultados de UFC/placa pré e pós exposição à radiação UV-C

Microrganismo	Pré Desinfecção (UFC/placa)	Pós Desinfecção (UFC/placa) 20 e 25 min
<i>E.coli</i>	$1,1 \times 10^3$	Não detectado
<i>S. pyogenes</i>	$2,3 \times 10^3$	Não detectado

Fonte: Autores (2025)

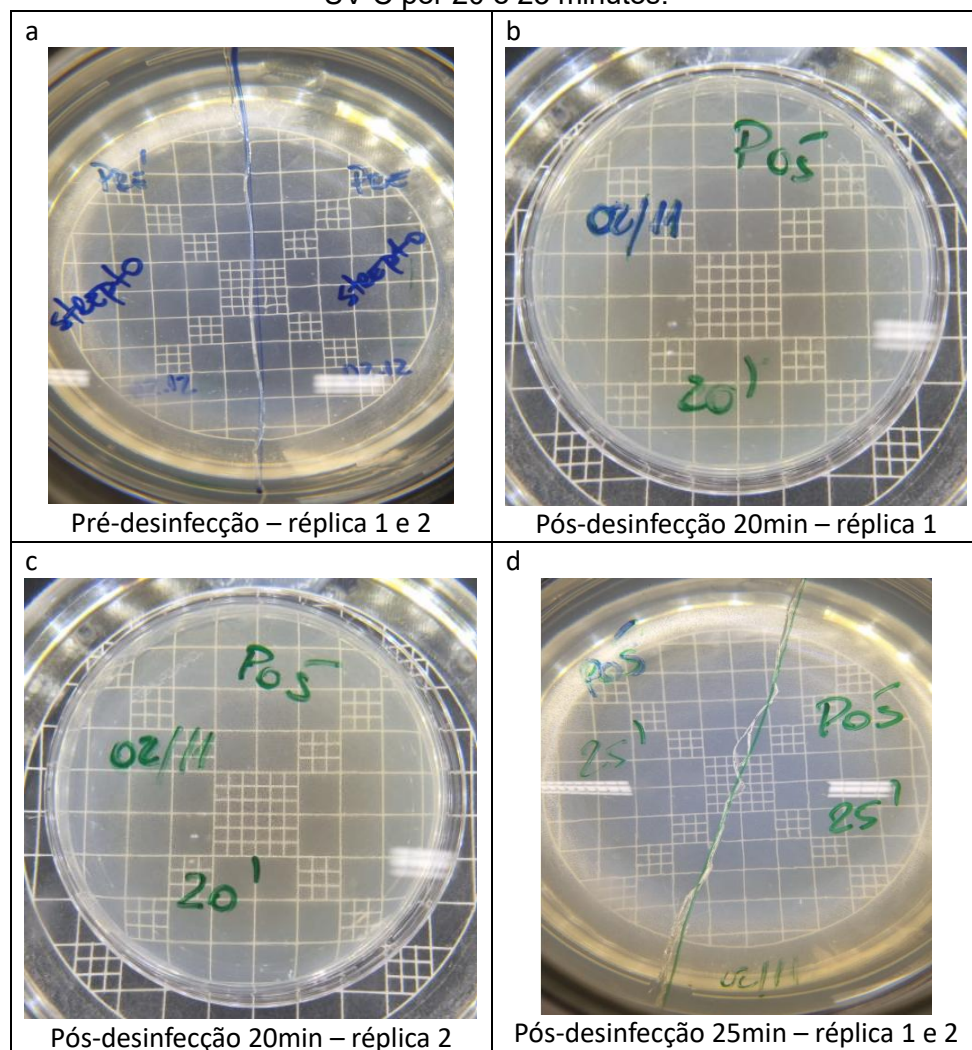
A ausência de crescimento microbiano nas placas referentes aos grupos GT1 e GT2 evidencia que a dose de radiação UV-C aplicada foi suficiente para atingir o limiar germicida necessário à inativação completa dos microrganismos testados, mesmo considerando a baixa potência do LED utilizado. A concordância entre os resultados obtidos para ambos os tempos de exposição reforça a reprodutibilidade do método empregado e são evidenciadas nas Figuras 9 e 10.

Figura 9 – Resultado do cultivo de E.coli pré e pós desinfecção com Luz UV-C por 20 e 25 minutos.



Fonte: Autores (2025)

Figura 10 – Resultado do cultivo de *S. pyogenes* pré e pós desinfecção com Luz UV-C por 20 e 25 minutos.



Fonte: Autores (2025)

## 5 DISCUSSÃO

A incorporação da radiação UV-C como método de descontaminação em ambientes odontológicos representa uma evolução significativa nas práticas de biossegurança. Estudos prévios demonstram que a faixa de comprimento de onda entre 260 e 265nm é a mais eficaz para a inativação de microrganismos (beck *et al.*, 2018). No presente projeto, optou-se por LED UV-C de 254 nm, cuja proximidade com este pico garante alta eficiência germicida, além de boa disponibilidade comercial e custo acessível.

A necessidade de aumentar os tempos de exposição para 20 e 25 minutos (em contraste com os 5 minutos originais) é explicada pela Lei da Reciprocidade em fotobiologia: a dose letal é produto da intensidade pela duração. Como o protótipo utiliza uma quantidade econômica de LED, a intensidade luminosa é menor, exigindo maior tempo de exposição para atingir a mesma eficácia germicida. Além disso, a falha nas pinças e o sucesso nas escovas corroboram a Nota Técnica ANVISA 82/2020, que alerta para a ineficácia da UV-C em zonas de sombra. O uso de ácido peracético no preparo das amostras provou ser uma

alternativa viável para esterilizar o material termossensível antes do teste, contornando o problema do derretimento observado na autoclave.

Ao comparar a radiação UV-C com métodos convencionais, como a autoclavação e a desinfecção química, observam-se vantagens e limitações bem definidas. Entre os principais benefícios da utilização da UV-C destacam-se o baixo consumo energético, a ausência de resíduos químicos após o processo e a portabilidade associada à simplicidade de operação, o que facilita sua aplicação em diferentes contextos. Por outro lado, essa tecnologia apresenta limitações importantes, como a eficácia restrita às superfícies diretamente expostas à radiação, a redução da eficiência quando aplicada a materiais opacos ou com geometrias complexas e a necessidade de adoção de protocolos complementares para garantir a descontaminação total dos materiais. Do ponto de vista de engenharia biomédica, o uso de impressão 3D com filamento PETG mostrou-se estratégico, pois permitiu a personalização do projeto, redução de custos e facilidade de reposição de peças. Além disso, a integração com o Arduino Nano amplia as possibilidades de atualização futura, como inclusão de sensores de presença, controle remoto e registro de ciclos de operação.

Outro ponto relevante é o custo estimado de R\$ 185,00, substancialmente inferior ao de câmaras comerciais disponíveis no mercado, que frequentemente ultrapassam R\$ 1.500,00. O equipamento desenvolvido apresenta vantagem econômica significativa, sem comprometer a eficácia germicida nas condições validadas.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O desenvolvimento da câmara para descontaminação de materiais odontológicos com tecnologia UV-C apresentou resultados promissores no que diz respeito à viabilidade técnica, portabilidade e custo acessível. A estrutura em PETG, a utilização de LED certificado e a implementação de dispositivos de segurança refletem um projeto pensado para uso real em ambientes clínicos e/ou estudantis.

A validação microbiológica confirmou que o protótipo é altamente eficaz para a descontaminação de artigos de higiene oral (escovas), eliminando *S. pyogenes* e *E. coli* em ciclos de 20 e 25 minutos. Identificou-se, contudo, limitação para instrumentais metálicos complexos devido a zonas de sombra. Recomenda-se o uso do equipamento para artigos termossensíveis e sugere-se, para versões futuras, o aumento da quantidade de LEDs ou a utilização de emissores de maior potência. Tal alteração permitiria reduzir o tempo de ciclo para a faixa de 3 a 5 minutos originalmente planejada, mantendo a dose letal necessária, o que otimizaria o fluxo de trabalho em caso de alta rotatividade de desinfecção.

Com os devidos ajustes e novas validações, este protótipo poderá se consolidar como uma solução prática e econômica para reforçar a biossegurança em odontologia, complementando métodos tradicionais e ampliando o acesso a tecnologias de descontaminação.

## 7 REFERÊNCIAS

BARBOSA, A. S. A. A. et al. **Avaliação da ação germicida da luz ultravioleta de cabine de segurança biológica frente às espécies bacterianas**. Medicina (Ribeirão Preto), Ribeirão Preto, Brasil, v. 54, n. 1, p. e166597, 2021.

Disponível em: <https://revistas.usp.br/rmrp/article/view/166597>. Acesso em: 25 set. 2025.

BECK, S. E. et al. Wavelength-dependent damage to adenoviral proteins across the germicidal UV spectrum. **Environmental Science & Technology**, v. 52, n. 1, p. 223–229, 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Nota Técnica nº 82/2020/SEI/COSAN/GHCOS/DIRE3/ANVISA**. Uso de luz ultravioleta (UV) para desinfecção de ambientes públicos e hospitalares. Brasília: Anvisa, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 15, de 15 de março de 2012**. Dispõe sobre requisitos de boas práticas para o processamento de produtos para a saúde. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 mar. 2012.

FORNASIER, M. O.; SILVA, F. V. **Perspectivas e possibilidades acerca da utilização da impressão 3D nos sistemas de saúde**. **Revista de Medicina e Direito – UNIFIEO**, [s.l.], [s.n.], [s.d.]. Disponível em:

<https://revistas.unifieo.br/rmd/article/download/1390/1246/4950>. Acesso em: 18 set. 2025.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 15858:2016**. UV-C Devices — Safety information — Permissible human exposure. Geneva: ISO, 2016.

LOPES, G. P. et al. Aplicações da radiação ultravioleta no controle microbiológico. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 54, p. 86–95, 2019.

MILLS, D. et al. Ultraviolet germicidal irradiation of influenza-contaminated N95 filtering facepiece respirators. **American Journal of Infection Control**, v. 46, n. 7, p. e49–e55, 2018.

SANTOS, A. P. et al. Avaliação da eficácia de dispositivos UV-C na desinfecção de superfícies em ambientes clínicos. **Revista de Biossegurança e controle de infecção**, v. 4, n. 2, p.30-37, 2023.

TONELLO, S. C. DE M. et al. Microbial contamination in dental equipment and disinfection potential of different antimicrobial agents. **RGO - Revista Gaúcha de Odontologia**, v. 70, p. e20220016, 2022.