



# ULTRACIF



# Relatório 1

## Julho/2020

Apresentação  
& Especificações Técnicas

PATROCÍNIO INSTITUTO EDP



# Sobre Institucional

No cenário de adversidades e imprevisibilidades em que o mundo se encontra, tem se tornado uma constante a busca por soluções inovadoras para os problemas correntes. É isso que norteia a Equipe ULTRACIF, formada por pessoas que acreditam no papel central da ciência e da tecnologia na geração de benefícios concretos para a sociedade.

A equipe foi formada a partir de uma parceria entre o Instituto Federal de São Paulo (IFSP) e a Bright Photomedicine. Dessa união, surge o ULTRACIF, um equipamento inovador de desinfecção UV open-source, desenvolvido para amparar profissionais de saúde que têm lidado com a falta de equipamentos de proteção individual (EPI's) na luta contra a pandemia do COVID-19.



## Instituto Federal de São Paulo

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia São Paulo (IFSP) é uma instituição pública federal especializada na oferta de educação científica, tecnológica e profissionalizante nas diferentes modalidades de ensino - técnico, superior e de pós-graduação. Fundada em 1909, como Escola de Aprendizizes Artífices, é reconhecida tanto por sua excelência no ensino público gratuito de qualidade quanto pelo seu envolvimento em projetos capazes de promover benefícios e melhorias para a sociedade.

## Tergos / Bright Photomedicine

A Bright Photomedicine é uma healthtech que combina big data, machine learning e inteligência artificial com a física e a medicina para criar o primeiro remédio digital do mundo. É afiliada da Tergos, empresa dedicada à pesquisa e ensino na mesma linha. Sua missão é propiciar aos pacientes alívio e cura da dor, de maneira eficaz, acessível, previsível e sem efeitos colaterais através da energia luminosa.



# Nosso Time



**ALEXANDRE CAMPO**

---

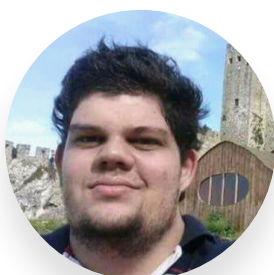
Professor Titular do Instituto Federal  
de São Paulo – campus São Paulo  
Doutor em Engenharia Elétrica  
POLI-USP



**MARCELO SOUSA**

---

Físico com doutorado em Low Level  
Light Therapy - Harvard Medical School  
CSO da empresa Bright Photomedicine



**CADU PALMIERI**

---

Engenheiro Eletrônico - IFSP  
Mestrando em  
Engenharia Elétrica USP - EESC



**RAFAEL FEITOZA**

---

Graduando em Eng. de Controle e  
Automação  
IFSP – campus São Paulo



**LUÍSA YAMAUCHI**

---

Graduanda em Engenharia Naval -  
POLI-USP e Vice-Presidente do Centro  
Acadêmico de Engenharia Naval (CEN).

# Índice

I. O Projeto	05
II. Contexto / Justificativa	07
III. Projeto Dosimétrico	09
IV. Desenvolvimento / Modelos	10
V. Componentes	12
VI. Construção e Montagem	14

## O Projeto

Como proteger  
os profissionais  
de saúde na  
insuficiência de  
EPI's?



**ULTRACIF: DESCONTAMINAÇÃO RÁPIDA E SEGURA DE MÁSCARAS.**

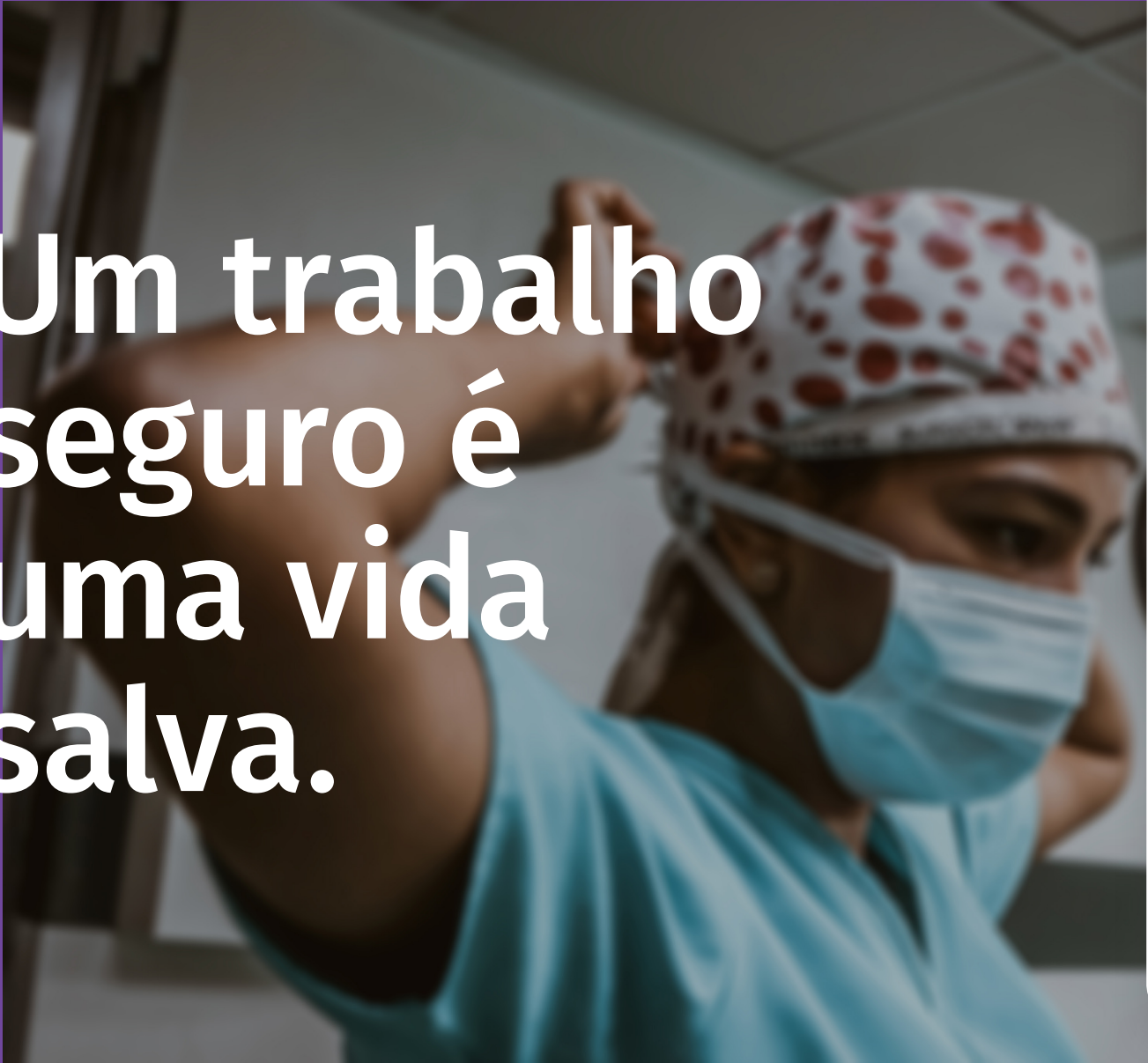
A pandemia da COVID-19 tem causado grande impacto na sociedade durante o ano de 2020, sobrecarregando o sistema de saúde e seus profissionais por todo o mundo.

Devido à carência de máscaras do tipo N95/PFF2-S, essenciais na proteção contra o vírus, surge a necessidade de se pensar em formas de atender a essa demanda, sendo uma delas o uso de dispositivos de descontaminação de equipamentos de proteção individual, possibilitando o reuso mais adequado destes.

Dentro deste contexto, tem-se como proposta de solução o desenvolvimento de um sistema de descontaminação de máscaras através de irradiação ultravioleta germicida (IUVG): o **ULTRACIF**.

O projeto envolve duas principais inovações que definem a originalidade do equipamento. A primeira está relacionada à garantia de *segurança* no uso, uma vez que a radiação ultravioleta do tipo C é nociva aos tecidos humanos. Esta proteção consiste em uma câmara de descontaminação confinada para

as máscaras, de modo que o usuário nunca fique exposto à UVC. A segunda trata do *sistema de alimentação contínua* das máscaras, permitindo que novas máscaras a serem descontaminadas sejam inseridas no processo sem a necessidade de interrupção do sistema. A velocidade de movimentação do sistema de transporte de máscaras garante a exposição à dosagem correta de irradiação ultravioleta germicida, além de expor a máscara a diferentes ângulos de incidência da radiação.



# Um trabalho seguro é uma vida salva.

## Pilares

- » **SIMPLICIDADE** - De fácil montagem e escalabilidade, o equipamento deve ser replicado com recursos comuns e de fácil acesso.
- » **SEGURANÇA** - Sistemas que evitam qualquer tipo de exposição do usuário ao UVC.
- » **CUSTO** - Baixo custo de construção, em torno de R\$600.



Nossos pilares são a chave para construção de uma solução com potencial de amplo alcance para todas as regiões do Brasil.

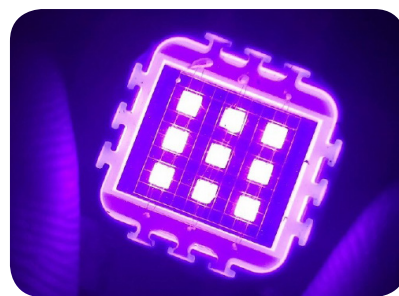
# Contexto / Justificativa

**O fornecimento adequado de máscaras para os trabalhadores da saúde durante a pandemia global é um problema urgente de saúde pública.**

O uso de máscaras N95 é recomendado como um dos principais meios de proteção dos profissionais de saúde (Mills et al., 2018)<sup>1</sup>. Considerando que a pandemia do vírus SARS-CoV-2 tem seu principal canal de transmissão através das vias respiratórias, a disponibilidade deste EPI passa a ser um fator crítico. A alta demanda por este tipo de equipamento tem provocado sua falta em diversas localidades, tendo sido destacadas orientações para seu reuso de acordo com a <sup>2</sup>NOTA TÉCNICA GVIMS/GGTES/ANVISA Nº 04/2020:

*“O tempo de uso da máscara N95/PFF2 ou equivalente, em relação ao período de filtração contínua do dispositivo, deve considerar as orientações do fabricante. O número de reutilizações da máscara, pelo mesmo profissional, deve considerar as rotinas orientadas pelas CCIHs do serviço de saúde e constar no Protocolo.”*

***Uma alternativa ao reuso de máscaras consiste na utilização de métodos de descontaminação***



Segundo o boletim técnico de um fabricante de máscaras N95 (Decontamination Methods for 3M Filtering, Revisão 7)<sup>3</sup>, o processo de descontaminação deve atender aos seguintes requisitos: inativar o organismo alvo, tal como o vírus que causa COVID-19; não danificar a propriedade filtrante do dispositivo; não afetar a forma do dispositivo, impedindo seu correto uso; e ser um procedimento que garanta a segurança do usuário do respirador.

Um dos métodos apontados como efetivos para este processo é através do uso de **irradiação ultravioleta germicida (IUVG)**. Segundo (Dai et al., 2012)<sup>4</sup>, a irradiação ultravioleta germicida é uma irradiação eletromagnética com um comprimento de onda compreendido na faixa entre 100 nm e 400 nm, sendo mais curto que a luz visível e mais longo que o raio-X.

<sup>1</sup>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, jul. 2018.

<sup>2</sup>Nota técnica GVIMS/GGTES/ANVISA nº 04/2020 orientações para serviços de saúde: medidas de prevenção e controle que devem ser adotadas durante a assistência aos casos suspeitos ou confirmados de infecção pelo novo coronavírus (SARS-CoV2).

<sup>3</sup>Decontamination Methods for 3M Filtering Facepiece Respirators such as N95 Respirators. Technical Bulletin, Junho de 2020. Revisão 7

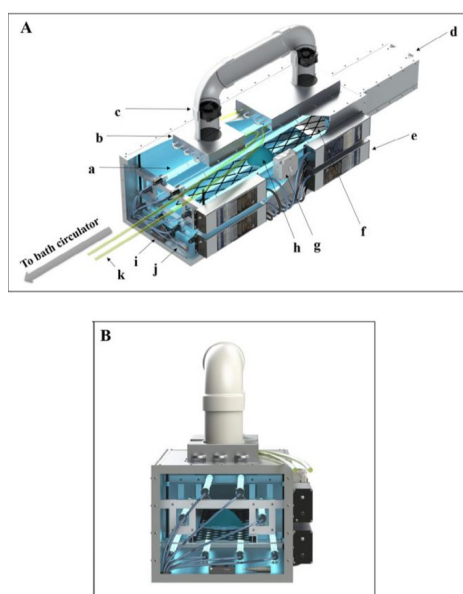
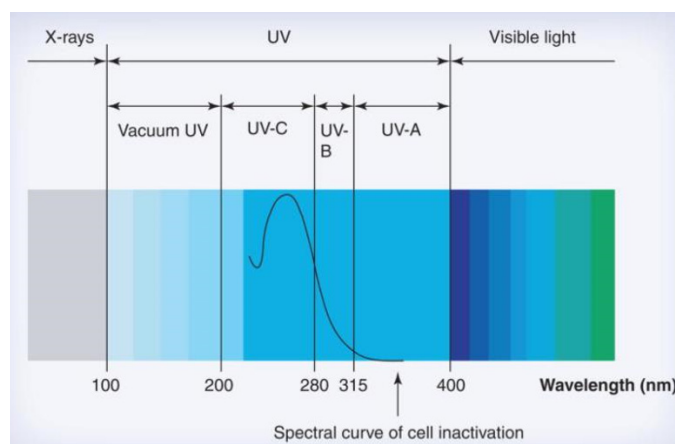
<sup>4</sup>DAI, T. et al. Ultraviolet C irradiation: an alternative antimicrobial approach to localized infections? Expert review of anti-infective therapy, v. 10, n. 2, p. 185–195, fev. 2012.



O espectro do ultravioleta é dividido em quatro faixas, sendo que a faixa UVC é aquela compreendida entre 200 nm e 280 nm. Esta faixa de radiação tem a característica de ser absorvida com facilidade por ácidos nucleicos de organismos vivos, sendo uma faixa letal para estes.

O pico da ação germicida ocorre em 254 nm, sendo conhecida como espectro germicida, devendo ser utilizada com cuidados para evitar sua ação sobre tecidos humanos.

**Figura 1:** Espectro de radiação e curva de absorção e inativação de células virais.



**Figura 2:** Dispositivo para a descontaminação de máscaras do tipo N95 por irradiação ultravioleta germicida (IUVG).

A geração do IUVG pode ser feita através de lâmpadas de vapor de mercúrio de baixa pressão de baixo custo. Recentemente também foram desenvolvidos light emitting diodes (Leds) que emitem radiação germicida, possibilitando um uso mais amplo deste tipo de ação.

Mills et al. (2018)<sup>1</sup> apresenta um estudo em que máscaras N95 de diversos fabricantes foram contaminadas com vírus do tipo influenza (H1N1), tendo sido posteriormente submetidas a uma densidade de potência de 1 J/cm<sup>2</sup> por aproximadamente um minuto, sendo observada uma significativa redução, maior do que 3 log. No referido experimento foi construída uma câmara em que as máscaras foram inseridas para a execução do procedimento de descontaminação, conforme apresentado ao lado.

O trabalho apresenta a metodologia para a determinação da dosagem de radiação necessária para o processo de descontaminação, sendo apresentados os cálculos de acordo com a irradiância de uma lâmpada IUVG comercial:

$$Dosagem\ UV\left(\frac{J}{cm^2}\right) = Irradiância\left(\frac{W}{cm^2}\right) \cdot Tempo(s)$$



# Projeto Dosimétrico

A dosagem de irradiação ultravioleta germicida (IUVG) deve ser calculada corretamente para que possam ser eliminados os patógenos presentes no material a ser descontaminado. Os cálculos da dosagem de IUVG dependem da fonte de radiação utilizada. No caso do modelo de lâmpada adotado para o projeto (OSRAM UV-C Puritec-HNS), tem-se que há emissão de radiação principalmente no comprimento de onda classificado como UV-C, de 254 nm.

De acordo com o fabricante, cada lâmpada possui um gráfico específico que descreve a irradiância em função da distância da lâmpada, sendo que o decaimento exponencial desta grandeza implica no uso de dois gráficos diferentes para representar a queda da dimensão. Num primeiro gráfico, o fabricante descreve a irradiância em  $W/m^2$  em um raio de 0 a 0,5m de distância da superfície da lâmpada. Num segundo gráfico a irradiância é apresentada na faixa entre 0,5 m e 3 m de distância.

Para calcular a dosagem de IUVG na máscara, foi necessário determinar a função que melhor representa a irradiância em função da distância. Este cálculo foi desenvolvido para uma lâmpada OSRAM G13 através do programa MATLAB e é apresentado a seguir:

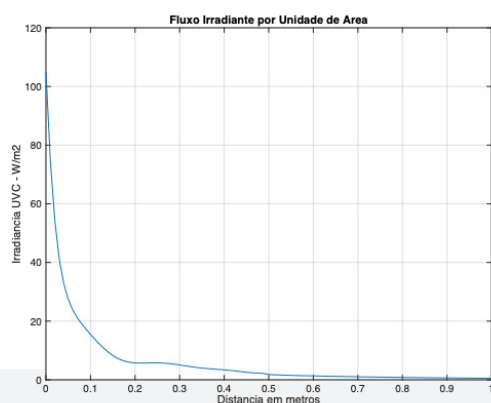


Figura 3 - Fluxo Irradiante por Unidade de área.

Considerando que a lâmpada tem 1,3 cm de raio e aproximadamente 43,8 cm de comprimento, com potência total de 4W na faixa UV-C, nota-se que a irradiância em sua superfície é de  $110 W/m^2$ .

A irradiância da lâmpada tubular se espalha ao redor da mesma de acordo com a função acima representada. Dessa forma, pode-se calcular a irradiância numa superfície perpendicular à lâmpada G13, de acordo com a figura a seguir:

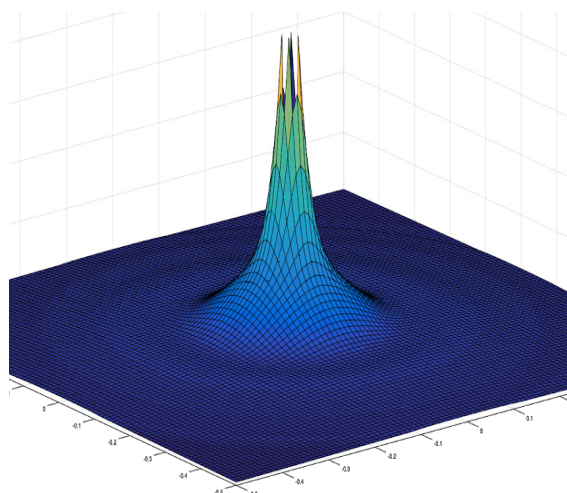


Figura 4 - Irradiância da Lâmpada UVC 15W OSRAM HNS

Deste modo é possível, definir a velocidade que o sistema de transporte das máscaras deverá ter para que estas recebam a dosagem de IUVG desejada.

No momento atual, o valor da dosagem calculada para um objeto movendo-se a 5 cm/s diante da lâmpada G13 chega a  $70 Ws/m^2$ . O projeto deverá se desenvolver para definir a velocidade de movimentação que garante a descontaminação da máscara, considerando o patógeno Sars-CoV2.

# Desenvolvimento Modelos

Para o desenvolvimento dos modelos iniciais, buscou-se atingir os seguintes pontos principais: alta disponibilidade dos materiais no mercado, facilidade de montagem e manutenção e simplicidade no funcionamento do dispositivo.

O princípio de funcionamento dos modelos ULTRACIF é sempre garantir a segurança quanto à exposição à radiação ultravioleta, enquanto mantém o equipamento

funcionando ininterruptamente para que os profissionais de saúde possam descontaminar seus EPI's em poucos segundos, sem a necessidade de tocar em nada além de suas próprias máscaras. Isso é obtido através de um projeto eletroeletrônico e mecânico, que agrega, além da estrutura-base, sistemas que conversam entre si para garantir o funcionamento do equipamento de forma segura.

## SISTEMA DE TRANSPORTE

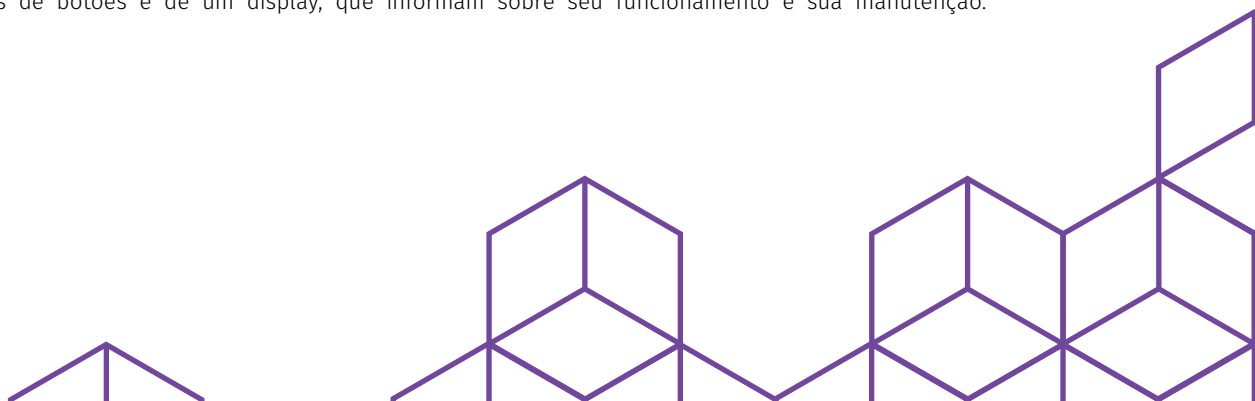
Este mecanismo realiza o percurso que transporta a máscara contaminada do ponto de entrega ao ponto onde a exposição à luz ultravioleta ocorre, realizando assim o efeito germicida. É composto por um motor do tipo "passo", que realiza a movimentação de um sistema de engrenagens e de uma correia de transporte.

## DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA E AUTOTESTE

Pensando na segurança, alguns itens estão sendo implementados para garantir a proteção do usuário e a eficiência do equipamento. Foram colocados sensores UVC, que alertam o usuário se a radiação está sendo emitida e informam em caso de possíveis falhas, como "lâmpadas queimadas", para que a manutenção seja feita, sensores de contagem de pulso para medir a velocidade do sistema de rotação das máscaras, e sensores de abertura, que desativam o sistema caso a estrutura seja aberta durante o funcionamento.

## SISTEMA DE CONTROLE

O sistema de controle garante o funcionamento do dispositivo realizando os acionamentos das lâmpadas, rotação do mecanismo de transporte por meio do motor e a verificação dos dispositivos de segurança. Ele é composto de um microcontrolador, que executa o código de controle. A interação do usuário com o equipamento acontece através de botões e de um display, que informam sobre seu funcionamento e sua manutenção.



## Estrutura

Foram desenvolvidos três modelos buscando averiguar o melhor sistema para a movimentação das máscaras no interior do dispositivo. Além disso, diversos materiais também serão analisados, com o objetivo de garantir o melhor desempenho estrutural e de resistência à radiação UV. Também procura-se obter o melhor custo-benefício do produto.

## Opções

Movimento circular e linear através de polias

Modelo 1  
600x350x400x3mm

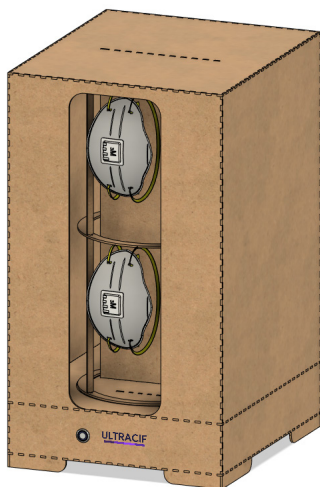
Modelo 2  
600x350x500x3mm

Modelo 3  
600x350x500x3mm

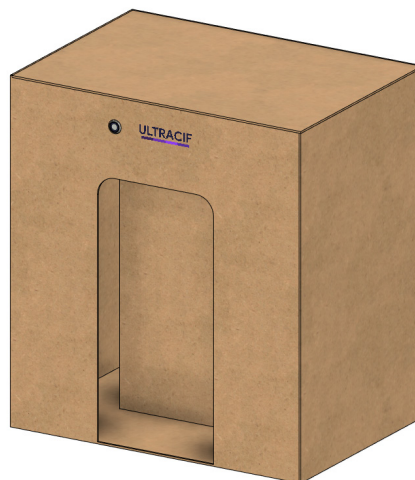
## MATERIAIS

PETG  
ABS  
Polipropileno  
MDF

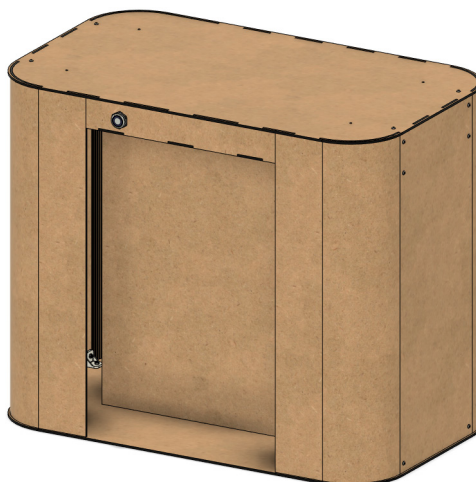
1



2



3



# Desenvolvimento

## Componentes



### Lâmpada UVC

osram hns puritech 15w

As lâmpadas germicidas emitem radiação ultravioleta do tipo C e são feitas em tudo de quartzo especial transparente que permite a transmissão da radiação UVC.



### Lâmpada UVC

2x15W Alto FP.

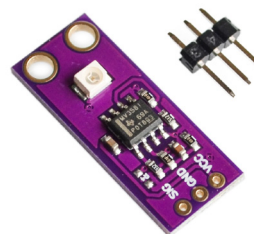
Produz um impulso elétrico de alta tensão, capaz de iniciar o processo de ionização. Com a lâmpada em operação, limita a corrente, permitindo seu funcionamento seguro.



### Motor de passo

12V 1.7A 4Kgf.cm

Um motor de passo é um tipo de motor elétrico usado quando algo tem que ser posicionado muito precisamente ou movimentado de um ângulo exato, permitindo alto controle de sua velocidade.



### Sensor UVC

composto de um foto diodo

Responde eletricamente à radiação no espectro UVC, gerando um sinal analógico proporcional à intensidade captada, a partir do qual é possível monitorar a radiação interna do equipamento.

## Eletroeletrônica

» Microcontrolador Arduino NANO

» Driver de motor

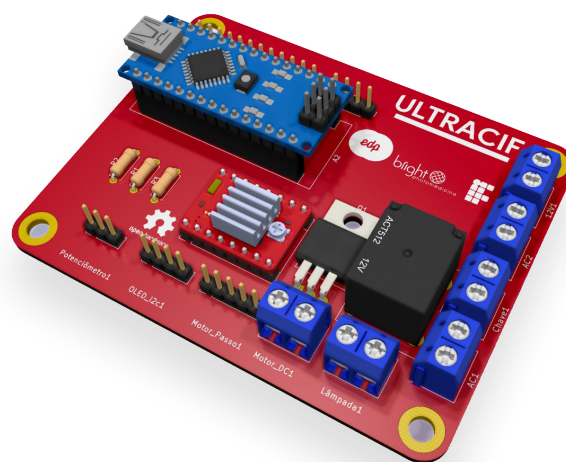
» Relé eletromagnético

» Suporte a display

» Sensor UVC

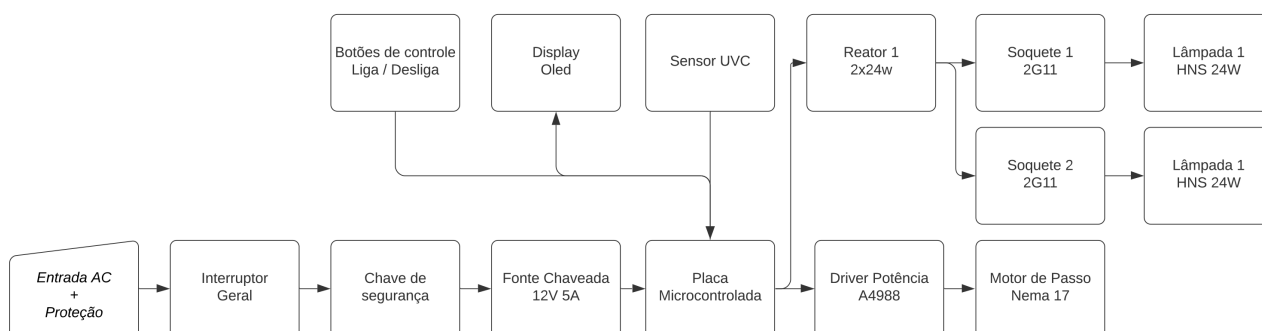
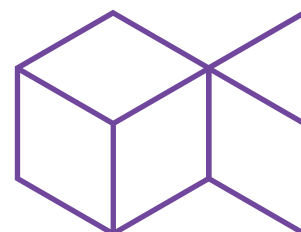
» Sensor de proximidade

» Fonte de alimentação



O sistema eletrônico consiste de uma placa microcontrolada contendo todos os periféricos para acionamento e leitura dos sensores. A placa de circuito impresso, mostrada na figura acima, agrega todos os componentes eletrônicos, permitindo assim os acionamentos e o sensoriamento.

A representação dos dispositivos e de sua arquitetura organizacional é ilustrada a seguir, no Diagrama de Blocos Eletrônico. Neste arranjo, é possível observar todos os elementos que compõem o sistema, e como eles interagem entre si.



# Construção & Montagem

## Descrição técnica



A fabricação será auxiliada por diversas ferramentas de prototipagem rápida e uso de espaços colaborativos.

À direita, foto da Garagem FabLab, espaço utilizado para a realização dos cortes das peças, que possibilitou o processo iterativo de testes e redesign, bem como a identificação e correção de erros *on-the-go*.



O sistema foi pensado de forma a ser replicado por pessoas com instinto *maker*, com componentes de construção acessíveis e intercambiáveis de acordo com a disponibilidade local. Basta uma máquina de corte a laser ou fresa para se reproduzir a estrutura do dispositivo.

**A montagem segue um manual que contempla 3 principais áreas do projeto:**

**ESTRUTURA:** feita em MDF, com encaixes para fácil montagem, propicia robustez e baixo custo.

**SISTEMA CARROSSEL:** em sua maior parte também em MDF com alguns suportes metálicos compõem o conjunto que realizará o traslado da máscara contaminada até o elemento germicida e trará a máscara esterilizada ao usuário.

**ELETRÔNICA:** O cérebro do equipamento contém um sistema microcontrolado que faz o controle dos elementos responsáveis pelo processo de descontaminação, aciona as lâmpadas germicidas, controla o movimento da mecânica de transporte e do sistema de segurança.

## Impressão em 3D

A impressão 3D, também chamada de fabricação aditiva, é uma família de processos que produz objetos ao adicionar material em camadas que correspondem a seções transversais sucessivas de um modelo 3D. Nossos modelos utilizarão esta tecnologia para fabricação rápida das peças que compõem o sistema carrossel de transporte das máscaras. As peças dos protótipos foram elaboradas no programa Fusion 360 e sua produção foi possível graças ao uso de uma máquina CNC de corte a laser, comum em espaços maker, de prototipagem e produção industrial em todo país.

12

Peças Impressas

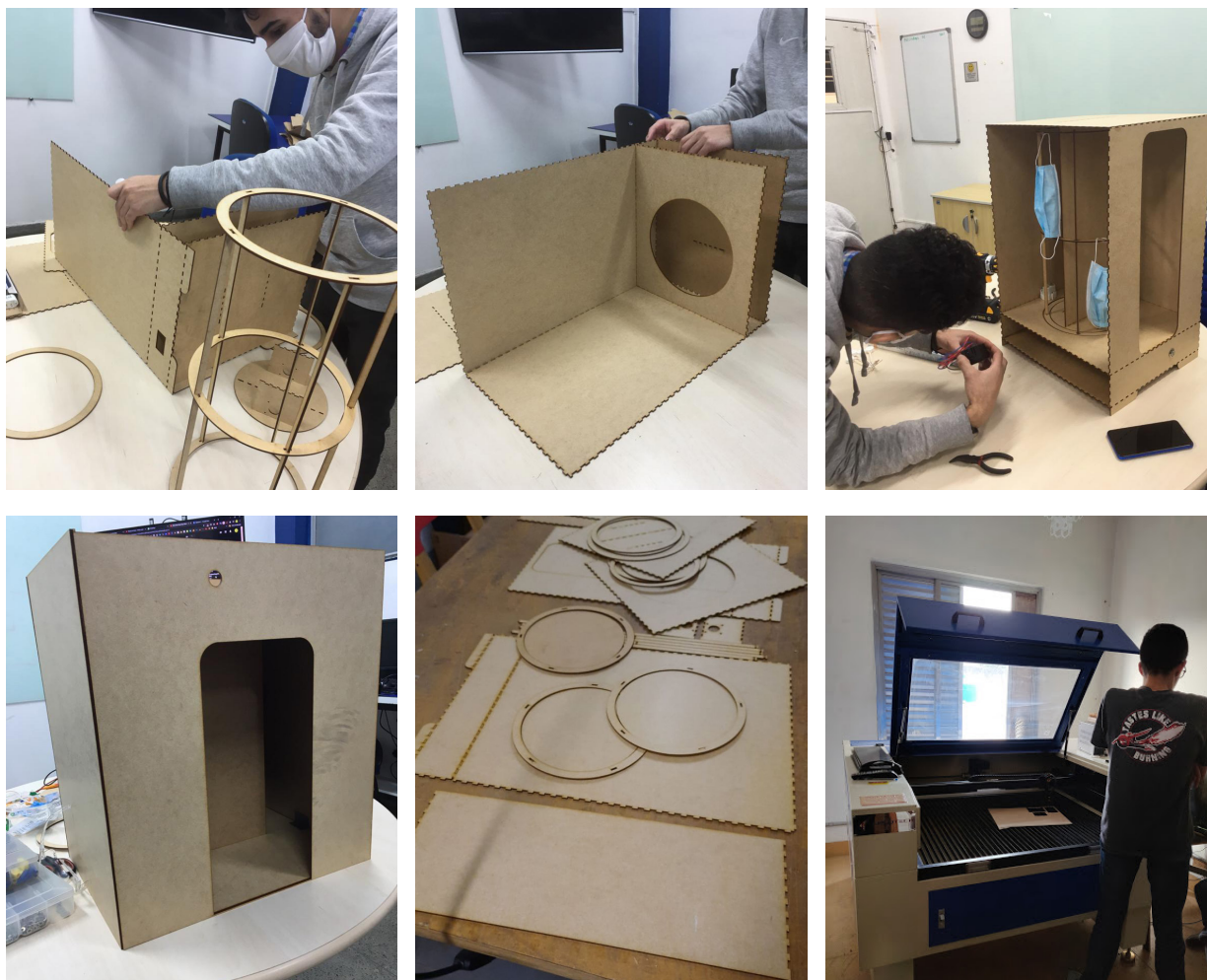
80g

PETG



# Construção & Montagem

## Prototipagem



O projeto dos protótipos foi idealizado para permitir sua rápida montagem, com o mínimo de ferramentas necessárias. Cada peça tem sua ordem e posição de montagem. Com todas as peças à mão, o equipamento fica pronto para esterilizar as máscaras.

Um segundo modelo, mostrado nas imagens, utiliza cantoneiras de 0,75mm para fixação de suas peças. Este tipo de montagem, permite um visual mais limpo e rígido, sem o uso de cola instantânea para fixação das partes.

A montagem dos dispositivos foi feita no Laboratório de Controle Aplicado do IFSP no bairro do Canindé (SP). Já o corte das peças dos protótipos foi feito em parceria com o Garagem FabLab no bairro da Barra Funda (SP). Um dos grandes desafios enfrentados foi em relação à logística. Com os diversos integrantes do grupo espalhados pela cidade e região metropolitana de São Paulo, foi preciso superar a distância e o risco da contaminação pelo transporte público, enquanto seguíamos os protocolos de saúde.



# ULTRACIF

## 2020

Relatório parcial de medição  
enviado ao Instituto EDP  
relativo ao EDITAL  
EDP SOLIDÁRIA COVID-19

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS

