



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

# Desenvolvimento de Dispositivos para Desinfecção de Equipamentos e de Ambientes Hospitalares

## RESUMO

Com o agravamento da pandemia de COVID-19 no Brasil e baseado em experiências de outros países, é necessária a ampliação da proteção da população. Em locais como salas de hospitais, ambulâncias ou ambientes fechados com pouca ventilação, a presença de um indivíduo suspeito ou confirmado com COVID-19 contamina todo o ambiente. A radiação UVC pode ser utilizada para desinfetar áreas e, de acordo com estudos publicados, essa radiação pode ser utilizada para combater bactérias, vírus ou outros patógenos, incluindo variações do coronavírus. O presente projeto visa desenvolver dispositivos para a aplicação UV-C em ambientes e em utensílios de maneira segura, na forma de esteiras de esterilização, robôs móveis controlados remotamente e robôs autônomos.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o agravamento da pandemia de COVID-19 no Brasil e baseado em experiências de outros países, é necessária a ampliação da proteção da população. Em locais como salas de hospitais, ambulâncias ou ambientes fechados com pouca ventilação, a presença de um indivíduo suspeito ou confirmado com COVID-19 contamina todo o ambiente. Assim é necessário realizar a desinfecção para minimizar a contágio a outras pessoas. A limpeza desses ambientes é complexa, pois precisa garantir que todos os locais estejam corretamente limpos, além de expor os funcionários a riscos de contaminação.

Uma alternativa para realizar a desinfecção é a utilização de radiação ultravioleta. Segundo Vecchia *et al.* (2007), a radiação ultravioleta (UV) é a radiação eletromagnética ou os raios ultravioleta com um comprimento de onda menor que a da luz visível e maior que a dos raios X, de 380nm a 1nm. Classifica-se como UVA (400 - 320nm, também chamada de luz negra ou onda longa), UVB (320-280nm, também chamada de onda média) e UVC (280 - 100nm, também chamada de UV curta ou "germicida").

Na área de saúde, a radiação UVC pode ser utilizada para desinfetar áreas e, de acordo com estudos publicados, essa radiação pode ser utilizada para combater bactérias, vírus ou outros patógenos (Meyers *et al.*, 2017;



INSTITUTO FEDERAL  
Sergipe



Columbia University Medical Center, 2018;), incluindo variações do coronavírus (Darnell *et al.*, 2004; Darnel & Taylor, 2006).

No entanto, a radiação UV-C pode ser prejudicial ao corpo humano (Schwarz & Luger, 1989; Moan & Peak, 1989), ou seja, para realizar uma aplicação utilizando radiação UVC, o operador precisa de equipamentos de proteção específicos. Desse modo, é importante desenvolver uma solução para aplicação da radiação UV-C que possa esterilizar um ambiente sem colocar em riscos os operadores.

Assim, o presente projeto visa desenvolver dispositivos para a aplicação UV-C em ambientes e em utensílios de maneira segura tanto para aquele que vai operar os dispositivos quanto para outras pessoas.

### **1.1. Justificativa**

Uma das principais formas de contato do coronavírus e outros patógenos é o contato com superfícies ou objetos contaminados. Efetuar a limpeza do ambiente se maneira segura e rápida é de fundamental importância para conter a disseminação do vírus.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral:**

- Desenvolver dispositivos que visam promover a desinfecção de ambientes e de equipamentos utilizados, utilizando emissão de radiação Ultra Violeta tipo C.
- Contempla o item 2.1.d do edital: “desenvolvimento de soluções inovadoras com Equipamentos de Proteção Individual - EPI / Equipamentos de Proteção Coletiva – EPC.”

### **2.2 Específicos:**

- Realizar levantamento bibliográfico sobre a radiação UV-C
- Desenvolver dispositivo de esterilização estático baseado em Luz UV-C;
- Desenvolver dispositivo estático portátil baseado em Luz UV-C, com sensores de detecção de movimento, bem como sinalização sonora e visual.
- Desenvolver dispositivo de esterilização, baseado em Luz UV-C, para veículos de Emergência (Ambulância/Bombeiros);
- Desenvolver esteira de desinfecção de equipamentos, baseado em Luz UV-C.





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

- Desenvolver robô móvel de esterilização controlado à distância, totalmente sem fio.
- Desenvolver robô autônomo de esterilização.

### 3. PROPOSTA

#### 3.1. Metodologia

Para o desenvolvimento do projeto e com objetivo de realizar entregas de dispositivos que possam ser replicados, o projeto está dividido em 6 estágios, com complexidade de desenvolvimento incremental, sendo o estágio 1 o mais simples e o estágio 6, o mais complexo.

O Estágio 1 compreende o desenvolvimento de uma estrutura estática para a utilização das lâmpadas UV-C, semelhante à Figura 1. Nesse estágio o propósito é analisar os diferentes tipos de lâmpadas e a disposição delas na estrutura, de modo maximizar a área de cobertura, bem como a estabilidade da estrutura.

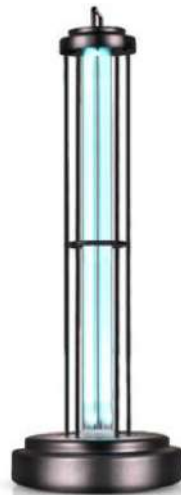


Figura 1: Modelo de estrutura a ser entregue no Estágio 1

O Estágio 2 é uma evolução direta do estágio 1. Nessa etapa, o modelo se tornará portátil, com a utilização de rodas, e serão incluídos dispositivos de segurança para garantir que os operadores utilizem o dispositivo sem riscos. Por exemplo, sensores de detecção de movimento garantirão que as luzes não funcionem na presença de pessoas, além de sinais sonoros e visuais para indicar o estágio de operação.

O Estágio 3 utiliza as tecnologias de segurança desenvolvidas no Estágio 2 e as aplica em veículos de Emergência. Ambulâncias e Bombeiros podem



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica**

transportar pacientes com COVID-19 ou outras patologias e a desinfecção desses veículos é complexa. A radiação UVC, quando aplicada nesses veículos, auxilia na desinfecção e traz um conforto àqueles que utilizam o veículo, ao trazer um outro método para realizar a limpeza. Nessa etapa também está previsto a utilização de dispositivos mecânicos/eletrônicos na forma de uma extensão telescópica para que a radiação UVC atinja mais espaços.



Figura 2: Inspiração para o dispositivo de esterilização, instalado em tetos de veículos de emergência

A inspiração para o Estágio 4 é um Forno de Esteira (Figura 3), neste dispositivo, os produtos a serem esterilizados, como máscaras ou outros instrumentos, percorrerão uma câmara fechada onde serão banhados por radiação UV em todas as direções. A velocidade da esteira será determinada pelo tempo de exposição necessário para a desinfecção e poderá ser ajustada por meio de botões. Também será necessário desenvolver um sistema para contabilizar a exposição.



Figura 3: Inspiração para a Esteira UV - Forno de Esteira

A Figura 3 apresenta um robô para limpeza que utiliza lâmpadas UV. É importante ressaltar que o custo desse equipamento é estimado em US\$ 67.000,00 (aproximadamente R\$ 370.000,00). E serve de inspiração para o desenvolvimento dos robôs nos Estágios 5 e 6, cuja proposta é custar uma fração do preço.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica



Figura 3: Modelo de Robô com Lâmpadas UV-C que serve de inspiração. (Fonte: Neoradar, 2020)

O estágio 5 que visa a construção de um robô para limpeza de ambientes. Nesse estágio o robô é controlado à distância por um operador. O robô será equipado com os itens de segurança desenvolvidos no estágio 2, além de contar com câmeras e outros sensores, de modo que o operador tenha controle do ambiente e possa navegar com segurança no local. Nesse estágio, a proposta inicial é construir um robô tanque, que se move com esteiras (como as do robô mostrado na Figura 4). A esteira será desenvolvida e impressa em 3D, utilizando um filamento flexível. Percorrendo os ambientes para realizar a limpeza, controlado remotamente.



Figura 4: Robô tanque (ideia base da locomoção)



O estágio 6 objetiva a construção de um robô autônomo, ou seja, um robô que se movimenta sem a necessidade de um operador, realizando a limpeza do ambiente sem interferência externa. Esse robô irá fazer a limpeza do ambiente buscando irradiar todas as áreas do ambiente. Em resumo, o robô é colocado no ambiente e ligado, em seguida ele iniciará o procedimento de limpeza. A estrutura inicial é baseada no *TurtleBot3 Waffle Pi* (Figura 5. Robotis, 2020), pois já dispõem de uma boa estrutura com controladores de motor eficientes, e usa a tecnologia SLAM (Manipulação e Navegação Simultâneas). Ao utilizar a base do Turtlebot, será possível reduzir o tempo de desenvolvimento da tecnologia, o que permitirá construir o robô autônomo no tempo do projeto.

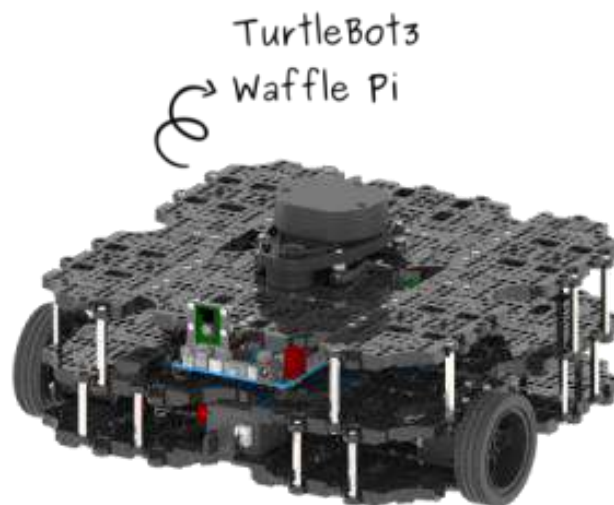


Figura 5: Turtlebot3 Waffle – Base para a construção do robô autônomo (Fonte: Robotis, 2020)

### 3.2. Produtos a Serem Entregues

Em cada um dos estágios do projeto, um produto será entregue. São eles:

- Estágio 1:
  - Dispositivo de Esterilização Estático baseado em Luz UV-C;
- Estágio 2:
  - Dispositivo estático portátil baseado em Luz UV-C, com sensores de detecção de movimento, bem como sinalização sonora e visual.
- Estágio 3:
  - Dispositivo de Esterilização, baseado em Luz UV-C, para veículos de Emergência (Ambulância/Bombeiros);



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

- Estágio 4:
  - Esteira de desinfecção de equipamentos, baseado em Luz UV-C.
- Estágio 5:
  - Robô móvel de esterilização controlado à distância, totalmente sem fio.
- Estágio 6:
  - Robô autônomo de esterilização.

#### 4. EQUIPE

A equipe do projeto tem experiência no desenvolvimento de sistemas computacionais, bem como sistemas robóticos. A formação acadêmica dos envolvidos serve como base para o desenvolvimento do projeto, abrangendo áreas como a computação, eletrônica, engenharia elétrica e a engenharia mecatrônica. Todos os membros do projeto já atuaram em diversos projetos de pesquisa e inovação.

##### 4.1. Coordenador do Projeto

- José Augusto Andrade Filho
  - <http://lattes.cnpq.br/5167675629028279>
  - Doutor em Ciência da Computação – Universidade de São Paulo / São Carlos – ICMC/USP
  - Pós-Doutor em Ciências da Propriedade Intelectual – Universidade Federal de Sergipe
  - Docente Instituto Federal de Sergipe – Campus Socorro

##### 4.2. Equipe de Pesquisadores

- Roberto da Silva Macena
  - <http://lattes.cnpq.br/8767870129183250>
  - Mestre em Eng. Elétrica – Universidade Federal de Campina Grande
  - Docente do Instituto Federal de Sergipe – Campus Estância
- Stephanie Kamarry Alves de Sousa
  - <http://lattes.cnpq.br/7143571029793493>
  - Mestre em Eng. Elétrica – Universidade Federal de Sergipe
  - Doutoranda em Eng. Elétrica – Universidade Federal de Campina Grande
  - Docente do Instituto Federal de Sergipe – Campus Lagarto





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

- Phillipe Cardoso Santos
  - <http://lattes.cnpq.br/0991318831047143>
  - Mestre em Eng. Elétrica – Universidade Federal de Sergipe
  - Doutorando em Eng. Elétrica – Universidade Federal de Campina Grande
  - Docente do Instituto Federal de Sergipe – Campus Estância
- Mateus Costa Teles
  - <http://lattes.cnpq.br/4835851630857825>
  - Egresso do Curso Técnico em Eletrônica – Instituto Federal de Sergipe
  - Graduando em Eletrônica – Universidade Federal de Sergipe
  - Bolsista do Inov@IFS Lab
- Fabrícia Karollyne Santos Resende
  - <http://lattes.cnpq.br/3075113239055606>
  - Egressa do Curso Técnico de Redes de Computadores – Instituto Federal de Sergipe
  - Graduada em Engenharia Mecatrônica – Universidade Tiradentes/SE
  - Graduanda em Matemática Computacional e Aplicada – Universidade Federal de Sergipe
  - Bolsista do Inov@IFS Lab

### 4.3. Parcerias

O presente conta com três parceiros para o desenvolvimento, são eles:

- Corpo de Bombeiros do Estado de Sergipe
- Hospital de Olhos de Sergipe
- Inovector 3D

O Corpo de Bombeiro e o Hospital de Olhos auxiliarão nos testes e validação dos protótipos. A Inovector 3D é uma empresa que auxilia na construção e impressão de modelos 3D que venham a ser usados no projeto.

## 5. IDENTIFICAÇÃO DA INSTITUIÇÃO E CAMPUS

Instituto Federal de Sergipe

Reitora: Ruth Sales Gama de Andrade

Local de Desenvolvimento do Projeto:

- Inov@IFS Lab / Diretoria de Inovação e Empreendedorismo.





Campus Envolvidos:

- Estância
- Lagarto
- Socorro

## 6. ORÇAMENTO DETALHADO

- Capital: R\$ 31.000,00 (24,8% do total)
- Custeio
  - Bolsas: R\$ 6.400,00 (5.2% do total)
  - Materiais Diversos: R\$ R\$ 87.600,00 (70% do total)

Total do Projeto (Custeio + Capital) = **R\$ 125.000,00**

Quando possível, os materiais aqui listados serão comprados em lojas do estado para auxiliar os comerciantes locais, que tiveram quedas nas vendas em virtude da pandemia.

### 6.1. Capital

Descrição	Qtd	Val. Uni (R\$)	Total (R\$)
Router CNC para metal	1	31.000,00	31.000,00
Valor Total			R\$ 31.000,00

### 6.2. Custeio

#### 6.2.1. Bolsas

Descrição	Qtd	Val. Uni (R\$)	Total (R\$)
Bolsa Aluno (8 meses de duração)	2	400,00	6.400,00
Valor Total			R\$ 6.400,00

#### 6.2.2. Materiais Diversos

Como se trata de um processo de desenvolvimento de novos produtos, não é possível indicar especificações ou quantitativos precisos, pois, modelos de lâmpadas, motores, baterias e todos os itens nesta categoria dependem do andamento do projeto. No entanto, aqui foi especificado as categorias macro dos materiais necessários para o desenvolvimento, bem como exemplos de itens na categoria ou a finalidade.

Descrição	Exemplos/Utilidade	Valor Total (R\$)
Lâmpadas UVC - Germicida	Utilizadas para realizar a desinfecção, modelos e tamanhos dependem da aplicação e do desenho dos produtos	15.000,00





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

Confeção de Placas de Circuito	Utilizadas para dar maior robustez aos dispositivos criados, por serem fabricadas profissionalmente	5.000,00
Motores	Utilizados para a movimentação da esteira e do robô, especificação dependem de características do projeto	15.000,00
Baterias	Automotivas e/ou LiPo – permitir o funcionamento sem fio do robô	7.000,00
Conjunto de Fresas para CNC	Peças utilizadas na CNC para realizar os cortes em metal e MDF, especificação depende do tipo de corte	8.000,00
Placas de MDF/Metal	Construção da Estrutura da esteira e do robô. Placas a serem usinadas no Router CNC	5.000,00
Peças de Reposição	Reparo de equipamentos do laboratório e dos produtos comprados	10.000,00
Material Elétrico/Eletrônico	* Protoboards * Sensores, Atuadores, LEDs * Arduino, Raspberry (Pi 3 e Pi 4) * Laser (Reconhecimento de ambiente – navegação autônoma) * Câmeras (Raspberry – visualização do ambiente) * Correias	14.000,00
Equipamentos de Proteção	* óculos de proteção anti-UVC * luvas anti-estática * protetores auriculares * óculos de proteção * máscaras	3.600,00
Insumos para Impressão 3D	* Filamento PLA * Filamento ABS * Resina	5.000,00
Valor Total		R\$ 87.600,00



## 7. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

- Considerando Início do projeto em 15 de maio

Atividade	Mai	Jun		Jul		Ago		Set		Out		Nov		Dez	
	2Qz	1Qz	2Qz	1Qz	2Qz	1Qz	2Qz	1Qz	2Qz	1Qz	2Qz	1Qz	2Qz	1Qz	2Qz
Revisão Bibliográfica	x	x	x	x											
Compra de Material	x	x													
Estágio 1 – Dispositivo de Esterilização Estático	x	x													
Estágio 2 – Dispositivo estático portátil com itens de segurança		x	x	x											
Estágio 3 – Dispositivo de esterilização para veículos				x	x	x									
Estágio 4 – Esteira de esterilização					x	x	x								
Estágio 5 – Robô controlado à distância						x	x	x	x	x	x				
Estágio 6 – Robô Autônomo										x	x	x	x	x	
Relatório Final															x

Onde:

x Ocorrerá entrega e disponibilização dos produtos e dos projetos.



## 8. RESULTADOS E IMPACTOS ESPERADOS

Os seis produtos gerados poderão ser utilizados não apenas em hospitais como em outros locais, tais como salas de aula, shoppings etc. Procura-se desenvolver produtos com o mínimo de custo para aumentar a inserção deles na sociedade e atingir um maior quantitativo de pessoas.

### 8.1. Tipo de Público e Quantitativo

- Utilização em hospitais e serviços de emergência
  - Profissionais de saúde
  - Bombeiros
  - Funcionários de limpeza
- Utilização em salas de aula
  - Alunos e professores

A presente proposta tem o potencial de atingir todos os profissionais de saúde do estado, bem como alunos e professores da rede federal.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Vecchia, Paolo; Hietanen, Maila; Stuck, Bruce E.; Deventer, Emilie van; Niu, Shengli. **Protecting Workers from Ultraviolet Radiation Protection**. ICNIRP:14/2007. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, 2007.

Meyers, Craig & Milici, Janice & Robison, Richard. **UVC radiation as an effective disinfectant method to inactivate human papillomaviruses**. PLOS ONE. 12. 2017.

Columbia University Medical Center. **Can ultraviolet light fight the spread of influenza? Safe for human exposure, far-UVC light may offer low-cost solution to eradicating airborne viruses in indoor public spaces**. ScienceDaily. ScienceDaily, 9 February 2018.

Darnell, Miriam & Subbarao, Kanta & Feinstone, Stephen & Taylor, Deborah. **Inactivation of the coronavirus that induces severe acute respiratory syndrome, SARS-CoV**. Journal of virological methods. 121. 85-91. 10.1016/j.jviromet.2004.06.006. 2004.

Schwarz, T.; Luger, T. A. **Effect of UV irradiation on epidermal cell cytokine production**. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. Volume 4, Issue 1, October 1989.





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

Moan, Johan; Peak, Meyrick J. **Effects of UV radiation on cells.** Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. Volume 4, Issue 1, October 1989.

Neoradar. **Robôs utilizam luz UV para limpar hospitais.** Disponível em: <https://neoradar.uai.com.br/robos-limpeza-hospitais/>. Publicado em 30 de março de 2020. Acessado em 23 de abril de 2020.

Robotis. **Turtlebot 3 Waffle Pi.** 2020. Disponível em: <http://emmanual.robotis.com/docs/en/platform/turtlebot3/overview/>.

## **1. TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA:**

**UTILIZAÇÃO DE SISTEMA ROBOTIZADO MÓVEL DE BAIXO CUSTO EQUIPADO COM EMISSOR DE LUZ ULTRAVIOLETA PARA COMBATE AO COVID-19 E OUTROS AGENTES PATOGÊNICOS.**

## **2. RESUMO:**

Com o surgimento e agravamento da pandemia do Covid-19, uma força tarefa vem trabalhando para minorar os efeitos da mesma. Diversas ações vem sendo tomadas para o cuidado da saúde física e mental da população, onde estão fazendo parte diversos setores, públicos e privados.

Neste sentido o projeto aqui proposto visa a construção de um sistema robotizado móvel emissor de radiação ultravioleta para mitigar a presença do Covid-19 em ambientes fechados, ou mesmo de outros agentes patogênicos através da utilização de componentes de baixo custo.

Com o sistema móvel implementado será possível a descontaminação viral de ambientes de maneira sustentável (sem utilização ou geração de produtos tóxicos) e sem a necessidade da modificação estrutural dos mesmos.

## **3. OBJETIVOS E METAS:**

Objetivo Principal

- Construir um sistema robotizado móvel de baixo custo equipado com emissor de luz ultravioleta para combate ao Covid-19 e outros agentes patogênicos.

Objetivos Específicos

- Descontaminar ambientes com a presença do Covid-19 e/ou outros agentes patogênicos;
- Oferecer uma alternativa segura e sustentável ao combate contra o Covid-19 para a população;
- Reduzir custos com limpeza de diversos tipos de ambiente;
- Estimular o comércio local;
- Contribuir com as políticas públicas no intuito de ajudar o país no combate a pandemia;

## **4. JUSTIFICATIVA:**

O intuito da implementação desse projeto foi devido à necessidade de preservar a vida, somando esforços ao combate contra o Covid-19.

A tecnologia proposta é de fácil implementação, transporte, distribuição e utilização. Por ser um equipamento móvel, é adequado para esterilização de diversos tipos de ambiente, não sendo necessária a readequação do espaço físico para seu funcionamento e, paralelamente, reduzirá custos com (importação de) materiais ou equipamentos para este fim, como esterilizantes que podem vir a causar danos ao meio ambiente, como químicos.

Este projeto está no escopo de políticas públicas importantes que visam a redução de agentes tóxicos na natureza, promovendo ainda o dinamismo das economias locais.

## 5. PRODUTO A SER ENTREGUE:

Equipamento robótico de fácil operação, equipado com sistema emissor de raios ultra violeta, devidamente calibrado, projetado para ser operado a distância por controle remoto.

## 6. COORDENADOR DO PROJETO E EQUIPE:

Coordenação:

Sandro Andrade Monteiro Menezes

Equipe:

Sandro Andrade Monteiro Menezes

Denilson Pereira Gonçalves

Luiz Otávio Santos de Andrade

Iraí Tadeu Ferreira de Resende

Edivaldo Góis dos Santos Júnior

Leonardo Henrique da Silva Bomfim

## 7. IDENTIFICAÇÃO DA INSTITUIÇÃO E DOS CAMPI EM QUE O PROJETO SERÁ DESENVOLVIDO:

INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE – CAMPI: PROPRIÁ, LAGARTO e SOCORRO.

## 8. ORÇAMENTO DETALHADO (CUSTEIO E CAPITAL):

<b>CAPITAL (DESCRIÇÃO)</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>VALOR R\$</b>
Computador portátil, tablet, etc.	Programação do sistema e aquisição de dados	12.000,00
Motores elétricos	Mobilidade do sistema	4.000,00
Máquina de solda	Confecção da estrutura metálica	2.000,00
Fresadora	Confecção de placas de circuito e derivados	5.000,00
Emissores de radiação ultravioleta	Emissão de radiação ultravioleta	4.000,00
Livros	Pesquisa bibliográfica e referencial teórico	1.000,00
Estufa de Esterilização e secagem	Acondicionamento de materiais	1.500,00
Aquecedor de reagentes com agitação magnética	Preparo de amostras	1.750,00
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 31.250,00</b>
<b>CUSTEIO (DESCRIÇÃO)</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>VALOR R\$</b>
Ferrágens e perfilados	Extrutura física do protótipo	12.000,00
Sensores e dispositivos Eletrônicos	Confecção do sistema eletrônico	20.000,00
Bolsa para estudantes	Remuneração de bolsistas	10.000,00



Equipamentos de TI (Roteador, Modem, Antena, Hubs, etc)	Confecção do sistema eletrônico de comunicação	10.000,00
Fresa, brocas, filamentos, eletrôdos	Insumos de construção metálica	8.000,00
Fios, parafusos, porcas, arruelas, conectores, etc	Insumos de construção da estrutura	2.500,00
Chapas de acrílico e inox	Confecção da estrutura	7.500,00
Rodas, engrenagens, polias, correias, correntes, etc	Confecção do sistema de movimentação	5.500,00
Display, câmeras, relés, lampadas, botoeiras, botões, etc	Confecção da interface homem máquina	5.000,00
Análises laboratoriais (físicas, químicas, biológicas, etc).	Certificação da eficácia do instrumento mediante órgãos competentes.	2.500,00
Prestação de serviços diversos (Serviços de tornearia, suporte de infraestrutura de Tecnologia da Informação e Comunicação, etc.)	Apoio técnico necessário	7.000,00
Vidrarias e reagentes	Coleta e análise de amostras	2.250,00
Manual de operações do equipamento	Instruções de operação do equipamento	1.500,00
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 93.750,00</b>
<b>TOTAL GERAL (PERMANENTE + CONSUMO)</b>		<b>R\$ 125.000,00</b>

## 9. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO:

OBJETIVO	ATIVIDADES (atividades que serão realizadas para alcançar os objetivos)	LOCAL DE EXECUÇÃO	DURAÇÃO PREVISTA		RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO
			INÍCIO mês/ano	TÉRMINO mês/ano	
Pesquisa Bibliográfica sobre os componentes e estrutura do equipamento	Levantamento Bibliográfico	IFS	05/2020	09/2020	Coordenador do Projeto
Dimensionamento do Sistema robótico	Levantamento Bibliográfico	IFS	06/2020	07/2020	Coordenador do Projeto
Design e estudo estrutural	Levantamento Bibliográfico	IFS	06/2020	08/2020	Coordenador do Projeto
Dimensionamento dos componentes mecânicos	Levantamento Bibliográfico	IFS	08/2020	09/2020	Coordenador do Projeto
Montagem dos sistemas eletro-eletrônicos e de controle, juntamente com o emissor de radiação ultravioleta.	Uso dos equipamentos para montagem do veículo	IFS	08/2020	09/2020	Coordenador do Projeto
Testes em laboratório para ajuste do sistema	Uso dos equipamentos para testes do veículo	IFS	09/2020	10/2020	Coordenador do Projeto
Testes <i>in loco</i> e aquisição de dados para análise.	Uso dos equipamentos para testes do veículo	Ambiente Fechado (hospital, sala de aula, etc)	09/2020	11/2020	Coordenador do Projeto
Entrega do Relatório Final	Entrega do Relatório Final	IFS	12/2020	12/2020	Coordenador do Projeto

## 10. RESULTADOS E IMPACTOS ESPERADOS, INFORMANDO O PÚBLICO QUE SERÁ IMPACTADO (TIPO DE PÚBLICO E QUANTITATIVO):

Espera-se ao final da conclusão deste projeto, a confecção de um equipamento confiável, que possa ser utilizado no combate ao Covid-19, de baixo custo, fácil manuseio e operação e disponibilidade no mercado.

O equipamento beneficiará qualquer pessoa que precise utilizar um determinado ambiente esterilizado, seja em casa, empresas dos mais diversos tipos ou em hospitais. Por ser um equipamento com uma abrangente possibilidade de utilização, a quantidade de pessoas que possam vir a se beneficiar com o mesmo é incalculável.

## 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS: (segundo normas da ABNT)

ABSHIRE, R. Ultraviolet Radiation: A Method of Sterilization in the Pharmaceutical Industry. *Ozone: Science & Engineering: The Journal of the International Ozone Association*, v., 25-38, 1988.

BOYCE, J. M.; HAVILL, N. L.; MOORE, B. A. Terminal Decontamination of Patient Rooms Using an Automated Mobile UV Light Unit. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, v. 32, 737-742, 2011.

CATROXO, M. H. B.; MIRANDA, L. B.; LAVORENTI, A.; PETRELLA, S.; MELO, N. A.; A. M. C. P. R. F, MARTINS. Detection of Coronavirus in Capybaras (*Hydrochoeris hydrochaeris*) by Transmission Electron Microscopy in São Paulo, Brazil. *International Journal of Morphology*, v. 28, 549-555, 2010.

DARNELL, M. E. R.; SUBBARAO, K.; FEINSTONE, S. M.; TAYLOR, D. R. Inactivation of the coronavirus that induces severe acute respiratory syndrome, SARS-CoV. *Journal of Virological Methods*, v. 121, 85-91, 2004.

FLEMING, M.; PATRICK, A.; GRYSKEVICZ, M.; MASROOR, N.; HASSMER, L.; SHIMP, K.; COOPER, K.; DOLL, M.; STEVENS, M.; BEARMAN, G. Deployment of a touchless ultraviolet light robot for terminal room disinfection: The importance of audit and feedback, *American Journal of Infection Control*, v. x, 1-3, 2017.

GÓES, LGB, ZERBINATI, RM, TATENO, AF, et al. Typical epidemiology of respiratory virus infections in a Brazilian slum. *Journal of Med. Virol.* 2019; 1– 6.

LEVIN, J.; RILEY, L. S.; PARRISH, C.; ENGLISH, D.; SEHOON, A. The effect of portable pulsed xenon ultraviolet light after terminal cleaning on hospital-associated *Clostridium difficile* infection in a community hospital. *American Journal of Infection Control*, v. 41, 746-748, 2013.

OLIVEIRA, M. M. F. Radiação ultravioleta/ índice ultravioleta e câncer de pele no brasil: condições ambientais e vulnerabilidades sociais. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.13, 60-73, 2013.

RUTALA, W. A.; GERGEN, M. F.; WEBER, D. J. Room Decontamination with UV Radiation. *Infection Control and Hospital Epidemiology*. v. 31, 1-6, 2010.

TROI, M. and QUINTILIO, W. Coronavírus: lições anti-negacionistas e o futuro do planeta [online]. SciELO em Perspectiva, 2020 [viewed 11 April 2020]. Available from: <https://blog.scielo.org/blog/2020/03/31/coronavirus-licoes-anti-negacionistas-e-o-futuro-do-planeta/>.

UEKI, S. Y. M.; GEREMIAS, A. L. MONIZ, L. L.; LATRILHA, F. O.; BRITO, A. C.; GIAMPAGLIA, C. M. S.; SIMEÃO, F. C. S., TELLES, M. A. S. Biological safety cabinet: ultraviolet radiation effect on mycobacteria. Revista Instituto Adolfo Lutz, v. 65, 222 - 224, 2006.

VAN DOREMALEN, N., BUSHMAKER, T., MORRIS, D. H. et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. The New England Journal of Medicine, 2020. Disponível em: <<https://www.doi.org/10.1056/NEJMc2004973>>.

VIROLOGY: Coronaviruses. Nature 220, 650 (1968).

WELCH, D.; BUONANNO, M.; GRILJ, V.; SHURYAK, I.; CRICKMORE, C.; BIGELOW, A. W.; PEHRSON, G. R.; JOHNSON, G. W.; BRENNER, D. Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases. Nature, v. 8, 1-7, 2018.

XU, H., ZHONG, L., DENG, J. et al. High expression of ACE2 receptor of 2019-nCoV on the epithelial cells of oral mucosa. International Journal of Oral Science, v. 12, 1-5, 2020.



## 1. Título do Projeto

### **Autoclave Solar e Caixa Sanitizante como Adjuvantes no Combater à COVID-19**

#### 2. Resumo:

Atualmente a humanidade se depara com uma situação ameaçadora, sem precedente na história do último século – a pandemia causada pelo novo coronavírus – por outro lado, a ciência tem envidado esforços no sentido de contribuir com a solução deste problema, o que se transformou no grande desafio do momento. O ato de descartar o lixo comum, material contaminado e misturá-lo com qualquer outro tipo de resíduo, expõe as pessoas à aquisição de enfermidades. Adicionalmente, a máscara de proteção respiratória individual modelo N95, ou similar, é um equipamento de proteção individual (EPI) indicado para utilização dos profissionais de saúde, dos pacientes e de população em geral, pois limita a propagação do coronavírus e doenças infecciosas transmitidas pelo ar com capacidade de filtração mínima de 95% de partículas de até  $0,3\mu$  (tipo N95, N99, N100, PFF2 ou PFF3). Devido ao surto do COVID-19, os EPIs estão escassos e a reutilização dessas máscaras passa a ser uma alternativa viável. Assim, este projeto tem como um de seus objetivos diminuir os riscos de contaminação, conter a proliferação do vírus e combater o COVID-19 dentro do ambiente escolar. Dessa forma, para suprir as demandas supracitadas esta pesquisa pretende construir um sistema solar híbrido para combater o SARS-CoV-2 com base em autoclave utilizando o conceito de concentrador solar automatizado em plataformas *single-board* microcontroller (Arduino™) e *single-board computer* (Raspberry Pi), envolvendo *hardwares* e *softwares*, que permitem elevar a temperatura e eliminar os microrganismos presentes no lixo como também construir um equipamento para sanitizar as máscaras com luz ultravioleta visando reutilização. Nesse viés, serão obtidos dados de incidência solar visando processá-los e obter maior aproveitamento heliotérmico, fotovoltaico, e termodinâmico relacionados ao concentrador solar. Além de possibilitar a desinfecção de paramentos de proteção como máscaras, lenços e luvas que fatalmente serão descartados no ambiente de lixo comum, o uso da autoclave associado à exposição do lixo ao espectro ultravioleta solar durante uma das fases do tratamento, poderá garantir a esterilização completa, inclusive das máscaras N95.





### 3. Objetivos e Metas

#### 3.1 Objetivo Geral:

Construir sistemas de combate ao COVID-19 com um projeto solar baseado em Autoclave que permita elevar a temperatura e utilizar o espectro eletromagnético ultravioleta para eliminar microrganismos presentes em resíduos sólidos e construir um equipamento para sanitização das máscaras respiratórias padrão N95 ou similar visando sua reutilização.

#### 3.2 Objetivos Específicos:

- Estudar os princípios termodinâmicos provenientes das energias heliotérmica, fotovoltaica, da biomassa (biogás), e, o espectro eletromagnético ultravioleta;
- Analisar a cadeia produtiva dos resíduos e aspectos biológicos, a fim de proporcionar os melhores indicadores na eliminação de microrganismos presentes nos resíduos sólidos gerados nos *campi*, em especial o vírus SARS-CoV-2;
- Viabilizar a análise de detecção do vírus SARS-CoV-2 por RT-qPCR, em colaboração com o Laboratório de Genética Molecular e Biotecnologia (GMBio) da Universidade Federal de Sergipe (UFS);
- Projetar e especificar detalhadamente os equipamentos a serem construídos;
- Construir um protótipo referente ao sistema de tratamento de resíduos sólidos utilizando o conceito de autoclavagem com concentrador solar associado à exposição aos raios UV-C como pré-tratamento;
- Construir um equipamento para sanitizar máscaras N95 (ou similar);
- Proporcionar parcerias com hospitais e escolas para a utilização dos equipamentos produzidos;
- Medir a eficiência do processo de esterilização realizado pela autoclave solar e sanitizador proposto no trabalho;
- Publicar os resultados desta pesquisa em anais de congresso e periódicos científicos.

#### 3.3 Metas:

- 1) Produção de fichamento de artigos científicos acerca da temática envolvida (30 fichamentos). **Indicador da meta:** 20 artigos nacionais e 10 internacionais até o final da pesquisa.





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

- 2) Acompanhamento da coleta de resíduos sólidos gerados no campus, levantando quantitativos diários, identificação de manejo e forma de destinação, procedendo coletas diárias de amostras para análise. **Indicador da meta:** 60 dias em período de plena atividade escolar.
- 3) Estabelecer contato com o Laboratório de Genética Molecular e Biotecnologia (GMBio) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) e viabilizar a recepção de amostras para serem analisadas. **Indicador da meta:** 1 exame/mês;
- 4) Elaboração de um plano de execução de coleta das amostras e capacitar a equipe para atender aos quesitos de biossegurança. **Indicador da meta:** 20 pessoas treinadas até o quarto mês da execução do projeto;
- 5) Execução das análises das amostras, em parceria com o GMBio. **Indicador da meta:** 20 exames até o final da pesquisa;
- 6) Confeccionar manuais de utilização dos equipamentos. **Indicador da meta:** 2 manuais confeccionados;
- 7) Contratação de uma empresa para executar o projeto e a construção mecânica e eletroeletrônica dos equipamentos pretendidos. **Indicador da meta:** 960 horas de trabalho distribuídos até o fim do projeto;
- 8) Emissão de relatório de acompanhamento das metas e resultados. **Indicador da meta:** emissão trimestral;
- 9) Publicação de artigo científico em periódico indexado. **Indicador da meta:** Qualis A ou B até 12 meses após o término da pesquisa.

#### 4. Justificativa

Em face da recente situação que se encontra a humanidade, mediante a pandemia causada pelo coronavírus, a comunidade científica tem envidado esforços no sentido de contribuir com a solução deste problema. Assim, este projeto tem como um de seus objetivos diminuir os riscos de contaminação, contendo a proliferação deste vírus e combatendo a COVID-19, por um viés alternativo ambiental.

Atualmente existe uma grande preocupação com medidas que possam barrar imediatamente esta doença, contudo, ações isoladas não são suficientes para mantê-la sob controle, considerando o futuro próximo. Após vencida a etapa do combate imediato à COVID-







MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

19, é imperativo que se invista no seu monitoramento e se tomem ações eficazes visando evitar o retorno epidemiológico.

Sabe-se que, realizar monitoramento com base em amostras individuais, sejam por testes rápidos ou convencionais (PCR), é oneroso, apesar de ser o método mais eficaz que atualmente a ciência dispõe. Nesse contexto, evitar que os resíduos gerados por pessoas infectadas sejam externalizados com grande potencial de contágio, impedindo que o novo coronavírus circule com maior intensidade, é uma solução plausível que se deve perseguir.

O ato de se descartar o lixo contaminado em locais comuns, misturando-o com qualquer outro tipo de resíduo, expõe as pessoas à aquisição de enfermidades. Desse modo, os primeiros prejudicados serão os agentes que o manejam em toda sua cadeia, tendendo a serem infectados, bem como toda sociedade, por consequência. Nesse viés, é notório que a existência de microrganismos (vírus e bactérias) presentes nos resíduos sólidos provenientes de uma nova realidade do cotidiano da população, que passará a usar paramentos de proteção, como máscaras, lenços e luvas, contribuirão ativamente com um cenário de proliferação do vírus SARS-CoV-2.

Entretanto, um dos ambientes mais vulneráveis, onde estes resíduos serão gerados e manipulados é o escolar. Dessa forma o propósito do projeto aqui proposto está intrinsecamente direcionado ao desenvolvimento de um equipamento que proporcione a esterilização do lixo por meio da utilização do conceito de concentração solar e ação ultravioleta, oferecendo segurança biológica desde o momento em que esse lixo é coletado pelo poder público, até sua disposição final. Vale ressaltar também que, em muitos casos, o lixo passa por processos de reciclagem e reaproveitamento, onde é manipulado por inúmeras pessoas.

Por outro lado, o fornecimento de máscaras N95, máscaras cirúrgicas, equipamentos de proteção individual (EPI) projetados para obter um ajuste facial próximo e proteção superior a 95% de partículas de teste muito pequenas (0,3 micron). O uso dessas máscaras é recomendado para cuidados de rotina de pacientes. Destacando ainda mais a importância das máscaras N95 na proteção dos profissionais de saúde durante a atual pandemia de COVID-19, um estudo recente das taxas de infecção por SARS-CoV2 entre a equipe médica do Hospital Zhongnan da Universidade de Wuhan mostrou que não houve contaminação na equipe (0 / 278) que usavam respiradores N95 e que lavagem das mãos durante o período de 2 a 22 de janeiro de 2020 em comparação com 4,7% (10/231) dos funcionários que não usavam máscaras, apesar do último grupo trabalhar em áreas de menor risco.





A reutilização de máscara é uma proposta mundial como uma solução para o problema de escassez de suprimentos de máscaras. Vários métodos de descontaminação foram demonstrados ter pouco impacto na penetração das partículas do respirador e pode reduzir a contaminação viral.

Em outros casos de doenças respiratórias, como o Influenza aviária, a utilização de calor, luzes ultravioletas se mostraram satisfatórios em relação a inativação do RNA do vírus. A COVID-19 possui características similares a este tipo de outros tipos de doenças respiratórias já conhecidas. Com isso a utilização de luzes ultravioletas pode auxiliar na reutilização de equipamentos que estão em falta no mercado, não só nacional bem como no internacional.

Esta esterilização irá permitir a reutilização das máscaras, aumentando o tempo e necessidade de reposição por parte da unidade de saúde. Com a necessária de novas pesquisa urgente para identificar novas soluções para esta crise emergente de recursos de saúde.

É imperativo dizer que a exposição de que trata as problemáticas dessas questões, aumenta sobremaneira o risco de contaminação, tanto no ambiente escolar, quanto no hospitalar como externaliza a possibilidade de contágio aos que participam da cadeia dos resíduos sólidos, que vai desde a coleta até sua disposição final. Apesar da Lei Nº 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, declarar que é de suma importância a ocorrência de um processo seguro durante as etapas do descarte de produtos, nota-se a vulnerabilidade gerada pela nova realidade provocada pela pandemia do novo coronavírus.

Por fim, pode-se dizer que além de utilizar uma fonte de energia limpa e renovável, esta solução apresenta-se como uma excelente alternativa por causar menor impacto ao meio ambiente. Adicionalmente, por promover uma facilitação envolvendo a reciclagem do lixo, esta pesquisa atende de forma direta o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas, que relaciona o consumo e produção responsáveis como meta a ser atingida. De mesmo modo esse problema que expõe a vida de diversas pessoas a doenças como a COVID-19, é algo que deve ser solucionado imediatamente.

## 5. Produto a ser entregue

Serão desenvolvidos equipamentos para combate ao COVID-19: o primeiro equipamento alimentado por um sistema energeticamente híbrido, este permite elevar a temperatura e explorar o espectro eletromagnético ultravioleta, utilizando energia heliotérmica, fotovoltaica e da





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

biomassa (biogás), eliminando os microrganismos presentes no lixo coletado no ambiente escolar. A solução é baseada em fontes de energias limpas e renováveis. Entretanto, para otimizar o aproveitamento destas energias, o equipamento será automatizado e utilizará as plataformas *single-board microcontroller* (Arduino™) e *single-board computer* (Raspberry Pi).

Nesta mesma linha de raciocínio, o produto está direcionado ao desenvolvimento de um equipamento de baixo custo operacional que funcionará semelhante a uma autoclave convencional, garantindo biossegurança à massa de resíduos. O equipamento será denominado de autoclave solar sanitizadora e contribuirá na prevenção e combate à COVID-19, atuando na base do problema, popularizando o uso das energias renováveis e não impondo restrição de aquisição e uso. A autoclave auxilia no enfrentamento até mesmo de outros problemas de saúde pública.

Além disso, o equipamento a ser construído possui um princípio científico sólido e com alta eficiência quanto a análise de parâmetros sanitários, por ser usada em ambientes hospitalares e de laboratórios. Um ponto importante é o baixo custo, comparado às soluções do mercado e seu caráter inovador. Os benefícios para os usuários são:

- 1) Prevenção na contração de doenças como a COVID-19;
- 2) Não agride o meio ambiente e é energeticamente sustentável;
- 3) Utilização didática simplificada e intuitiva;
- 4) Eficiência de esterilização próximo de 99 %;
- 5) Baixo custo de aquisição e operação.

Já o equipamento para sanitização de máscaras modelo N95 em modelo de caixa de madeira, com luzes ultravioleta, utilizará um sistema microcontrolado com interface homem-máquina e sensores de aferição e segurança do equipamento e dos usuários.

Durante a construção a caixa de madeira será estudado a melhor maneira de disposição das máscaras, isto porque durante deve haver a preocupação de não contaminação na inserção das máscaras para esterilização.

Para a construção do produto a ser entregue toda a equipe do projeto irá seguir um conjunto de normas que indicam a possibilidade de utilização de luzes ultravioletas (UV-C). Essas normas podem ser encontradas em órgãos internacionais como a Environmental Protection





Agency (EPA). É de extrema importância que após a construção do produto seja realizada uma validação junto aos órgãos competentes locais para validar a esterilização das máscaras.

### 5.1 Construção do produto:

O desenvolvimento destes projetos deverão ser realizado em cinco fases distintas, são elas: a fase preliminar, onde será feita uma revisão bibliográfica abrangendo as áreas de concentração solar heliotérmica e fotovoltaica, princípios termodinâmicos, espectro eletromagnético e automação de processos, analisando o estado da arte nessa linha da pesquisa, abordando o uso de Arduino™ e Rapberry Pi, microcontrolador e microprocessador, respectivamente. Em sequência, se procederá a fase de projeto e construção do aparato experimental e integração dos módulos que fazem parte do sistema, conectando partes eletromecânicas, eletrônicas e o sistema de automação.

Em continuação, haverá o ajuste de funcionamento do hardware, onde a base da autoclave deve ser testada, a temperatura deve ser monitorada e as aferições devem ser realizadas em conformidade com as necessidades de disposição solar. Paralelamente, estará sendo desenvolvida a fase de desenvolvimento do software, quando serão construídos aplicativo e firmware (software embarcado), com a finalidade de gerenciar sensores e atuadores do sistema, ajustando o sistema, proporcionando o melhor desempenho possível.

Finalmente haverá a fase de instalação e testes, ajustes finais e suporte, visando predispor o equipamento ao início do funcionamento. Isso envolve condições reais de uso e reunirá os responsáveis pelos parâmetros de projeto, execução dos serviços mecânicos, elétricos e fornecedores, dentre outros.

- **Fase Introdutória.** A pesquisa enquadra-se nos estudos relacionados à sustentabilidade e inovação, buscando efetuar a eliminação de microrganismo presentes nos resíduos submetidos ao processo já citado. Nesta fase, serão definidos cálculos que determinarão a potência energética dos raios solares incidentes no refletor Sheffler, a ser construído, objetivando direcionar essa potência a um concentrador termodinâmico. Estes cálculos também deverão considerar a eficiência óptica e as perdas de calor, além disso será implementada a avaliação da ação do vento no desempenho térmico do concentrador solar conforme as equações descritas por MULLICK et al. (1991) e KUMAR et al. (1996). Outrossim a transformação da energia dos raios solares em eletricidade através de placas





fotovoltaicas, também será estudada, bem como a energia proveniente da biomassa (VILORIA, 2009; PETERSEIM, 2014). Outro ponto importante nessa fase é estudar como será realizada a automatização do sistema, abordando o uso de Arduino™ e Raspberry Pi.

- **Fase de Projeto e Construção do Aparato Experimental.** Para atender ao principal objetivo da pesquisa será necessário montar o aparato com base na estrutura do sistema e automatização de acompanhamento dos raios solares por uso da eletroeletrônica e eletromecânica. Nesse sentido, serão utilizadas as plataformas eletrônicas Arduino™ e Raspberry Pi, que consistem em hardwares apropriados para executar experimentos científicos e prototipagem em laboratórios conforme D'AUSILIO, 2012; UPTON & HALFACREE, 2013. Além destas plataformas, que serão responsáveis pelo controle lógico, o projeto contará com alguns equipamentos importantes para a alimentação do absorvedor de raios solares. Tendo isso em vista, também será necessário efetuar a construção de uma unidade refletora que vai possibilitar a captação dos raios solares e elevar a temperatura no interior da autoclave.

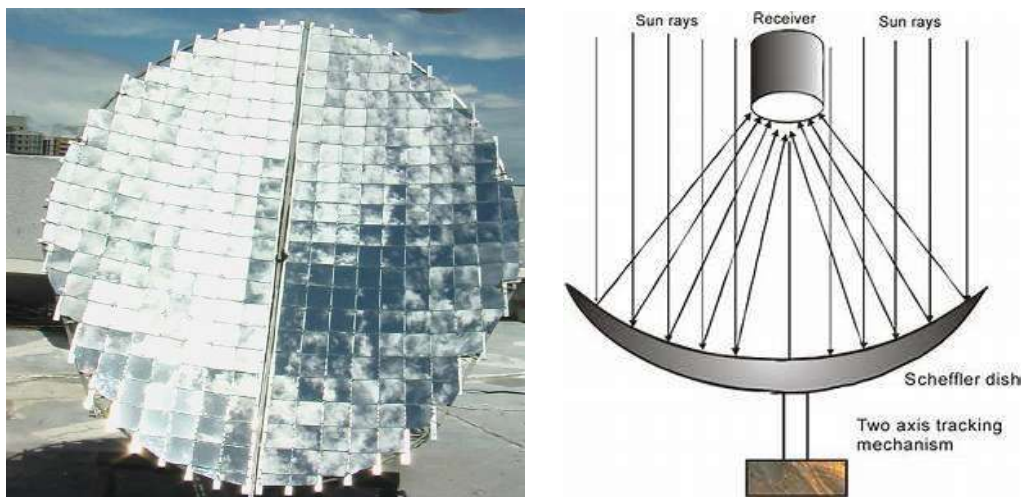


Figura 1: Refletor solar Sheffler (DIB, 2009)

Por outro lado, faz-se necessário definir e projetar o corpo da autoclave com todos os seus acessórios. A autoclave combina essencialmente calor, vapor e pressão, e, nesse projeto inclui-se a exposição à radiação ultravioleta. Por esse motivo, é necessário que o projeto contemple todos estes aspectos.





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

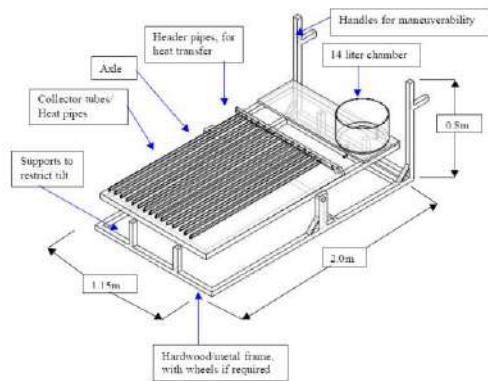


Figura 2: Base de um forno solar (DIB, 2009)

- **Fase de Funcionamento do *Hardware*.** Nessa etapa serão implementadas todas as conexões físicas, também serão feitas as aferições e calibrações da instrumentação e o equipamento será testado mecanicamente. Os sensores e atuadores serão posicionados adequadamente, os painéis em aço e vidro serão instalados, e, o sistema poderá ser testado de forma primária. Adicionalmente, nesta fase o sistema híbrido deve ser implantado, viabilizando o uso das energias heliotérmica (calor), fotovoltaica (eletricidade) e de biomassa (biogás). Ressalta-se também que, o sistema de fossas sépticas do campus, conjuntamente com um biodigestor anaeróbico, deverá reforçar o fornecimento de calor, auxiliando-o com a queima do gás metano ( $\text{CH}_4$ ) produzido.
- **Fase de Desenvolvimento do *Software*.** O sistema deverá ser controlado por *software*, baseado em microcontrolador Arduino™, programado em linguagem C e microprocessador Rapberry Pi. A programação será desenvolvida através de uma Integrated Development Environment (IDE), e consiste em um ambiente que reúne características e ferramentas de apoio ao desenvolvimento de software, tendo como objetivo agilizar a escrita do código, para o caso do Arduino™. Já no caso do Rapberry Pi, optou-se em desenvolver os aplicativos em linguagem Phytton.  
Desse modo, os dados de incidência solar, temperatura, pressão e massa, serão apropriados e armazenados, conferindo melhor condição de gerenciamento do sistema. Assim, a autoclave poderá funcionar melhor e ser acionada com precisão, possibilitando a eliminação de microrganismo nos materiais que forem inseridos no sistema.
- **Fase de Instalação e Testes.** Finalmente, nesta fase o sistema deverá estar totalmente montado, conectado e aferido, pronto para o funcionamento. Nesta fase o foco estará na





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

instalação e suporte. Todavia algumas ações são imperativas para certificar o bom funcionamento de todo sistema, são elas:

- Realizar testes de desempenho no que tange à sanitização da massa de resíduos;
- Testar em condições reais e de saturação operacional;
- Treinamento dos usuários.

## 5.2 Validação do processo:

O processo de funcionamento do sistema deve ser testado quanto a sua eficiência de sanitização. Para isso, serão coletadas amostras mensais e realizadas análises microbiológicas padronizadas para detectar a presença de Coliformes Termotolerantes, Escherichia coli e outros indicadores pertinentes ao caso, que, por sua vez deve ser realizado no Laboratório de Pesquisas em Hidráulica e Saneamento Ambiental (LPHSA), do IFS. Por outro lado, paralelamente, as amostras também devem ser encaminhadas para a Universidade Federal de Sergipe (UFS), Laboratório de Genética Molecular e Biotecnologia (GMBio) do departamento de Biologia, para detecção do vírus SARS-CoV-2, utilizando a técnica de qPCR (PINA et al.; CORMAN et al.)

De acordo com os resultados desses exames, a eficiência do sistema deverá ser medida, e, haverá um período de monitoramento que será de 6 meses, o que atribuirá para acreditação ao sistema.

## 6. Coordenador do projeto e equipe

Nome	Cargo/Função	Titulação
Diego Lopes Coriolano (coordenador do projeto)	Docente (Eng Eletricista)	Doutorado
Luciano de Melo	Docente (Eng. Civil)	Doutorado
Thiers Garretti Ramos Souza	Docente (Informática)	Mestrado
Igor Oliveira Vasconcelos	Docente (Informática)	Doutorado
Alessandro Viana Fontes	Docente (Eng Eletricista)	Mestrado
Roberto da Silva Macena	Docente (Eng Eletricista)	Mestrado
José Machado dos Santos	Téc. Administrativo (Informática)	Mestrado
Aluno 1		Graduando
Aluno 2		Graduando
Aluno 3		Graduando

Os discentes bolsistas são essenciais para o desenvolvimento do projeto, pois são alunos da região de Lagarto, local onde o projeto será executado, que verificar a necessidade de apoio à







MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

população. Outrossim, os bolsistas irão auxiliar na montagem e na logística com os sanitizadores desenvolvidos.

## 7. Identificação da instituição e do campus em que o projeto será desenvolvido

**Proponente:** Instituto Federal de Sergipe (IFS)

**Setor Responsável:** Curso técnico de nível médio em Automação Industrial e Coordenação do Bacharelado em Engenharia Civil

**Cidades:** Lagarto e Estância

**UF:** Sergipe

## 8. Orçamento detalhado (custeio e capital)

A compra dos produtos será feita prioritariamente em lojas de Sergipe, para apoiar o comércio local e estão listados na Tabela 1.

Tabela 1: Cronograma financeiro

MATERIAL PERMANENTE		
OBJETIVO	QUANTIDADE E DESCRIÇÃO	VALOR R\$
A aquisição desses materiais será necessária para concretizar o objeto da proposta, além de possibilitar a realização de melhor desempenho do próprio investimento, viabilizando a construção, testes e aferição do sistema.	1x Desktop	3.200,00
	1x Bomba de vácuo	3.500,00
	1x Autoclave convencional 20L	3.800,00
	1x Fonte regulável de bancada para tensão e corrente	1.500,00
	3x Fonte de alimentação chaveada full range	650,00
	2x Motor de passo de alto torque	5.200,00
	1x Sistema fotovoltaico	5.200,00
	1x Sistema biodigestor completo	3.700,00
	1x Impressora 3D	3.000,00
	1x Medidor Luz UV	1.500,00
	<b>SUBTOTAL</b>	





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

MATERIAL DE CONSUMO E SERVIÇOS		
OBJETIVO	DESCRIÇÃO	VALOR R\$
A aquisição desses materiais será para suprir a necessidade de construção e integração entre os módulos do sistema, tais como: sistema termodinâmico, sistema elétrico, parte mecânica, unidade de biomassa e unidades de segurança.	Suprimento de vidros e plásticos	1.800,00
	15x Filamento PLA (Kg)	1.800,00
	30x Lâmpadas UV	3.200,00
	10x Fontes de alimentação (9V, 12V, etc)	1.000,00
	Suprimento de componentes e placas com microcontroladores e microprocessadores	4.800,00
	Suprimento de componentes eletroeletrônicos em geral (Circuitos integrados, resistores, capacitores, transistores, diodo, botão, LED, ventoinha, etc)	5.000,00
	Suprimento de componentes eletromecânicos em geral (Peças em metal, retentores, chaves reguladoras, fim de curso, mancais, acopladores, parafusos, atuadores mecânicos, mangueiras, etc)	6.500,00
	Suprimento de sensores em geral (UV, pressão, temperatura, rotação, umidade, chave fim de curso, gás, etc)	6.500,00
	Suprimento de driver e Shield em geral (mini motor, LCD, buzzer, rele, etc)	4.500,00
A contratação desses serviços será para suprir a necessidade de mão de obra especializada, bem como uso de equipamentos peculiares à natureza dos projetos, saber: metalurgia, eletricidade, solda, tornearia, marcenaria etc.	Suprimento de materiais diversos (ferramentas em geral, cabos, parafusos, acrílico, válvulas, caixas, chapas, botões, placas, tomada, caixa de passagem etc)	5.500,00
	Serviços de terceiros	47.550,00
<b>SUBTOTAL</b>		<b>R\$ 88.150,00</b>
RECURSOS HUMANOS	QUANTIDADE E DSCRIÇÃO	VALOR R\$
Bolsa de Iniciação Científica	2x alunos por 7 meses	5.600,00
<b>GERAL</b>		<b>R\$ 125.000,00</b>





## 9. Cronograma de execução

Atividades:					
OBJETIVO	ATIVIDADES (atividades que serão realizadas para alcançar os objetivos)	LOCAL DE EXECUÇÃO	DURAÇÃO PREVISTA		RESPONSA. PELA EXECUÇÃO
			INÍCIO mês/ano	TÉRMINO mês/ano	
Exploração bibliográfica	Será feita uma exploração sobre a literatura nacional e internacional acerca da temática	Campi Estância e Lagarto	05/2020	10/2020	Equipe de pesquisadores e estudantes
Idealização	Nessa etapa os processos de confecção e desenvolvimento dos produtos serão planejados visando atingir as expectativas de forma que a equipe irá elaborar processos que demonstrem com clareza todos os recursos necessários, visando otimizar a aplicação dos recursos em cada etapa de execução do projeto.	Campi Estância e Lagarto	05/2020	07/2020	Equipe de pesquisadores e estudantes
Procura de fornecedores	Será feita uma procura das empresas com o melhor custo benefício que forneçam os equipamentos e serviços necessários para o desenvolvimento do projeto	Campi Estância e Lagarto	05/2020	07/2020	Equipe de pesquisadores e estudantes
Desenvolvimento do protótipo (hardware)	Através dos materiais adquiridos, dentro dos laboratórios do Instituto Federal de Sergipe, será modelado, primeiramente em <i>softwares</i> e depois fisicamente, todo sistema proposto. Em seguida, serão confeccionados os protótipos da autoclave, capaz de realizar a esterilização dos materiais através da vaporização e raios UV-C e sanitizador para as máscaras.	Campi Estância e Lagarto	06/2020	07/2020	Equipe de pesquisadores e estudantes
Implementar testes de funcionamento do hardware	Utilizando como padrão de teste, será implementado o protótipo no Campus de Estância e Lagarto (em desenvolvimento), para que seja	Campi Estância e Lagarto	08/2020	10/2021	Equipe de pesquisadores e estudantes





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

	possível visualizar o funcionamento do equipamento, em simulação, mesmo que primariamente, bem como, verificar seu desempenho quanto a outros equipamentos.				
Efetuar testes de funcionamento do software	Posteriormente aos testes de verificação do vínculo presente na comunicação entre hardware e software, será possibilitado realizar ajustes e adequações para sanar os problemas relacionados a esterilização dos materiais, e perfeito funcionamento dos equipamentos e sistema como todo.	Campi Estância e Lagarto	08/2021	12/2020	Equipe de pesquisadores e estudantes
Etapa de finalização do projeto	Esta etapa objetiva efetuar a implementação de ferramentas de controle e gerenciamento do sistema, colhendo dados, corrigindo “bugs” e otimizando resultados, visando sua validação e certificação, através dos registros de garantia do desempenho de qualidade.	Campi Estância e Lagarto	12/2020	12/2020	Equipe de pesquisadores e estudantes

## 10. Resultados e impactos esperados

Como resultado desse projeto será obtido um sistema solar híbrido para combater a COVID-19 com base em autoclave que permitirá elevar a temperatura e eliminar os microrganismos presentes no lixo, tendo como propósito ser uma ação preventiva à contaminação dos agentes humanos que o manipulam. Nesse viés serão obtidos dados de incidência solar, visando melhor e aproveitar a energia envolvida. Outrossim, o uso deste sistema contribuirá diretamente para minimizar o impacto ao meio ambiente e atende aos Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas. Além de diminuir sobremaneira os riscos de manipulação dos materiais recicláveis, em toda sua cadeia.

Como também, será obtido um sanitizador, pois a demanda por máscaras N95 já ultrapassou os suprimentos atuais e o sanitizador é uma opção disponíveis para os profissionais de saúde reutilizarem o EPI.

Durante a pandemia de H1N1 de 2009, foi relatado que a reutilização de máscaras é uma prática extremamente comum em hospitais em resposta à escassez.





Estudos mostram que a exposição à luz ultravioleta em altas doses demonstrou ter um impacto muito pequeno na penetração de partículas, no entanto, teve um efeito variável na integridade estrutural da máscara.

Em termos de usabilidade, após o tratamento com ultravioleta, os estudos mostraram também que foram mínimas as diferenças no ajuste, odor, desconforto ou maior dificuldade na colocação dos respiradores. Na ausência de equipamento de proteção a sanitização pode ser utilizada para minimizar os riscos de contaminação.

Sendo assim, outro resultado esperado é baseado na colaboração e participação dos alunos imersos no projeto, promovendo desenvolvimento intelectual e disseminando conhecimento transversalizado, de modo que durante a pesquisa a ciência será inserida e integrada ao cotidiano discentes. Através do contato com a construção dos equipamentos, os alunos desenvolverão capacidade de abstrair teorias e transformá-las em realidade concreta.

## Referências

ARDUINO. What is Arduino? - Arduino Board - Arduino Software. Disponível em: <<http://www.arduino.cc/>>. Acessado em: jan. de 2018.

CORMAN VICTOR M, LANDT OLFERT, KAISER MARCO, MOLENKAMP RICHARD, MEIJER ADAM, CHU DANIEL KW, BLEICKER TOBIAS, BRÜNINK SEBASTIAN, SCHNEIDER JULIA, SCHMIDT MARIE LUISA, MULDER DAPHNE GJC, HAAGMANS BART L, VAN DER VEER BAS, VAN DEN BRINK SHARON, WIJSMAN LISA, GODERSKI GABRIEL, ROMETTE JEAN-LOUIS, ELLIS JOANNA, ZAMBON MARIA, PEIRIS MALIK, GOOSSENS HERMAN, REUSKEN CHANTAL, KOOPMANS MARION PG, DROSTEN CHRISTIAN., 2020. Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR. *Euro Surveill.* 25 (3): pii=2000045. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.3.2000045>

D'AUSILIO, A. Arduino: a low-cost multipurpose lab equipment. *Behavior Research Methods*, v. 44, n. 2, p. 305–313, 2012.

DIB, E. A. Projeto e construção de um concentrador solar de foco fixo utilizado para o aquecimento de um forno. Aracaju: UNIT, 2009. 166 p.

KUMAR S; KANDPAL, T C; MULLICK, S C; Experimental test procedure for determination of the optical efficiency factor of a paraboloid concentrator solar cooker, *Renewable Energy*, 7(2), p. 145 – 151, 1996.

MEIRELES, G. S. C. Desenvolvimento de Sistema de aquisição de dados visando monitoramento de células de produção. São Carlos, 2000. 97p. Dissertação (Mestrado). Escola de São Carlos, Universidade de São Paulo.





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

MULLICK, S C; KANDPAL, T C; KUMAR S; Thermal test procedure for a paraboloid concentrator solar cooker, *Solar Energy*, 46(3), p. 139 – 144, 1991.

NORTHROP, R. B., *Introduction to Instrumentation and Measurements*, 3rd ed., Florida: CRC Press, 2014.

ONU. Nações Unidas no Brasil. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em:  
<<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acessado em: 18 de abril, 2020.

PETERSEIM, J.H., TADROS, A., HELLWIG, U. and Whited, S. Increasing the Efficiency of Parabolic Trough Plants Using Thermal Oil through External Superheating with Biomass. *Energy Conversion and Management*, 77, 784-793, 2014.

PINA, S., JOFRE, J., EMERSON, S.U., PURCELL, R.H., GIRONES, R.. 1998. Characterization of a strain of infectious hepatitis E virus isolated from sewage in an area where hepatitis E is not endemic. *Appl. Environ. Microbiol.* 199864, 4485e4488.

POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. LEI Nº12.305. Disponível em:  
<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acessado em: 13 de janeiro, 2020.

UPTON, E.; HALFACREE, G. Raspberry Pi: Manual do Usuário. São Paulo: Novatec, 2013.

VILORIA, J. R., TOLEDANO, J. C. Estudios de viabilidad de instalaciones solares: Determinación Del potencial solar, Paraninfo, 2009.

ZEAITER, Joseph et al. Design of an automated solar concentrator for the pyrolysis of scrap rubber. *Energy Conversion and Management*, v. 101, p. 118-125, 2015.



## 1. TÍTULO

### RESPIRADOR MECÂNICO PULMONAR BASEADO EM EXCENTRICIDADE E ARQUITETURA ARM PARA FABRICAÇÃO DE BAIXO CUSTO

## 2. DADOS CADASTRAIS

Órgão/Entidade Proponente

Instituto Federal de Sergipe: GRUPO DE PESQUISA INOVA COVID-19

Coordenador do projeto:

Prof Dr Edson Barbosa Lisboa (IFS/Engenharia Elétrica - Campus Aracaju)

Autores:

Prof Dr Edson Barbosa Lisboa (IFS/Engenharia Elétrica - Campus Aracaju), Prof Msc Luam de Oliveira Santos (IFS/Engenharia Mecânica - Campus Lagarto), Prof Msc Luís Otávio Santos de Andrade (IFS/Ciência da Computação - Campus Socorro).

Colaboradores:

Prof Dr José Gilmar Nunes de Carvalho Filho (UFS/Engenharia Elétrica - Campus São Cristóvão), Profª Drª Larissa Andrade de Sá Feitosa (UFS/Fisioterapia - Campus Lagarto), Prof Virgildásio dos Santos Conceição (UFS/Medicina - Campus Lagarto).

Apoio:

ITP- Laboratório de Bioengenharia e Medicina (LABEM)

UFS - Universidade Federal de Sergipe

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

IFSC - Instituto Federal de Santa Catarina

UNIVASF - Universidade Federal do Vale do São Francisco

## 3. FINALIDADE

Desenvolver um protótipo escalável para um respirador artificial de baixo custo, com o propósito de oferecer uma alternativa viável e eficaz para unidades de saúde que estejam sobrecarregadas com pacientes em estado grave pelo COVID-19.

## 4. JUSTIFICATIVA

Há alguns meses uma família de vírus vem se alastrando pelo mundo e fazendo milhares de vítimas. O coronavírus (COVID-19) foi identificado inicialmente em WUHAN, na china, e em março a OMS declarou o surto uma pandemia[1], o que implica que o vírus estará presentes em todos os continente.

A curva exponencial de transmissão e contaminação do coronavírus, associada à falta de um tratamento específico, eficaz e eficiente para o novo vírus contribuem significativamente para o quadro de pandemia instalada atualmente que agora atinge o Brasil[2]. Os quadros apresentados pelos infectados variam de leves a graves, nesse caso, com internação e tratamento em terapia intensiva (UTI). Uma das principais áreas afetadas é o sistema respiratório, sendo a falta de ar um dos sintomas mais presentes em pessoas

infectadas. Uma forma de amenizar esse sintoma é através do uso de ventiladores mecânicos[3], que fornece ar aos pulmões através de um sistema minuciosamente projetado, são cruciais, em muitos casos, para a sobrevivência dos pacientes[4].

A rápida proliferação e o avanço exponencial do coronavírus, com um aumento vertiginoso de quadros graves fazem com que muitas pessoas precisem de atendimento em serviços hospitalares e UTIs, sobrecarregando o sistema público e privado de saúde e gerando o colapso do mesmo[5]. Um dos problemas no atendimento, no mundo inteiro, é a falta de ventiladores mecânicos, dentre outros materiais, tornando crítico e insustentável todo o esforço nos cuidados às pessoas com infecções graves e comprometendo o combate ao avanço do coronavírus (COVID-19). Nem mesmo o maior produtor mundial de ventiladores mecânicos, a Inglaterra, tem sido auto suficiente em estruturas hospitalares com quantidade de ventiladores mecânicos necessária diante da pandemia. Além disso, ventiladores mecânicos são caros e a própria indústria não tem atendido a demanda na conjuntura da pandemia[6].

Sendo assim, foi montada uma frente de trabalho, denominada “Inova COVID-19”, com pesquisadores de diferentes Instituições, lotados em diferentes regiões do país. Essa iniciativa vem trabalhando na análise das propostas de projetos abertos (domínio público) com a finalidade de observar a viabilidade de concepção destes, observando, principalmente, a economicidade dos projetos e a escalabilidade do produto.

Nas demais seções, os objetivos e requisitos essenciais do projeto, materiais, tecnologias, orçamento e cronograma necessários serão demonstrados, para a concretização do projeto.

## **5. OBJETIVO**

Desenvolver uma solução de respirador mecânico pulmonar de baixo custo e que atendam aos critérios de qualidade preconizados pela ANVISA, no emprego ao tratamento do coronavírus nas diferentes unidades de saúde públicas e privadas.

### **5.1 Objetivos específicos**

- Conceber as arquiteturas de projetos semelhantes em fase de homologação junto à ANVISA;
- Projetar a arquitetura de um respirador mecânico pulmonar de baixo custo;
- Construir um protótipo de respirador mecânico pulmonar;
- Avaliar o funcionamento do protótipo construído;
- Testar o funcionamento do protótipo;
- Analisar os resultados dos ensaios.

## **6. ARQUITETURA DO PROTÓTIPO**

Um ventilador mecânico pulmonar, também conhecido como respirador pulmonar artificial, é um equipamento essencial nas unidades de saúde, normalmente em Unidades de



Terapia Intensiva. Esse equipamento é responsável pela manutenção vital de enfermos que apresentam desconforto respiratório como, por exemplo, Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica e outras doenças do trato respiratório à insuficiência respiratória aguda. A escassez do referido equipamento, provocada pela atual situação de pandemia (COVID-19), desfavorece as classes mais carentes, resultando, inclusive, num colapso no sistema de saúde.

Os referidos equipamentos, utilizados nos grandes centros de saúde apresentam muitas funcionalidades e tecnologia sofisticada[7]. A aquisição destes requer investimento na ordem dos R\$ 60.000,00 e, em situações atuais, podem triplicar o seu valor, inviabilizando esta aquisição em países economicamente menos favorecidos.

Várias iniciativas no mundo vêm sendo realizadas na tentativa de produzir, em grande escala, respiradores artificiais com baixo custo de produção, objetivando diminuir o avanço da referida doença. Entre os vários projetos, essa proposta de trabalho avaliará as arquiteturas já em processo de validação como, por exemplo, o *Inspire* da Poli-USP, o Ventilador Pulmonar de Exceção para COVID-19 da COOPE/UFRJ, o ventilador pulmonar da INOVA-UFPB, o E-Vent do MIT/USA e o OxiGEN da Protogy/Barcelona.

## 6.1 Estado da Arte

Data-se de 1970 o ano em que o primeiro ventilador mecânico pulmonar de baixo custo, o *Bird Mark 7*, foi apresentado ao mercado. Seu criador, Dr Forrest Morton Bird, piloto, inventor e Engenheiro Biomédico, foi um dos pioneiros na produção em massa de respiradores artificiais de confiança, aplicados em casos de insuficiência respiratória aguda e crônica, reduzindo a mortalidade infantil[8].

A aplicação de suporte ventilatório possui duas vertentes: sistemas invasivos e sistemas não invasivos. Nas duas classificações, a ventilação artificial é adquirida aplicando-se pressão positiva por vias aéreas. As duas se diferenciam pela forma de liberação da referida pressão, na qual a invasiva usa prótese introduzida no via aérea, em virtude da dificuldade de respiração, enquanto a não invasiva usa máscara, por apresentar apenas desconforto, mas tendo respiração espontânea[9].

Para determinar que tipo de ventilação mecânica deve ser utilizada é necessário entender as modalidades de ventilação. O quadro a seguir apresenta, de forma sucinta, a dicotomia da ventilação mecânica e o tipo de sistema a ser aplicado.

Quadro 1. Modalidades ventilatórias.

Modalidade ventilatória	Característica	Invasiva	Não Invasiva
<b>Assistida</b>	O paciente desencadeia todos os movimentos ventilatórios e o ventilador auxilia insuflando volumes	Sim	Sim
<b>Assistida/Controlada</b>	O paciente desencadeia alguns movimentos ventilatórios e o ventilador inicia os restantes	Sim	Sim

<b>Controlada</b>	O ventilador assegura todos os movimentos ventilatórios	Sim	Sim
-------------------	---	-----	-----

Autor: Adaptado de [9].

Certamente, a modalidade de ventilação mecânica não é definidora à escolha do sistema a ser aplicado. Essa escolha, no entanto, é determinada pela observação técnica do profissional e requer indicações da situação do quadro do paciente como, por exemplo, parada cardio respiratória, hemorragia gastrointestinal grave, instabilidade hemodinâmica, incapacidade de drenagem de secreções traqueo-brônquicas, todas elas com indicação ao uso de sistema invasivo[10].

Esta arquitetura pretende representar uma das modalidades de ventilação mecânica pulmonar, a ventilação não invasiva, por se tratar de uma construção relativamente complexa e, conseqüentemente, de baixo custo. É indiscutível a comparação da aplicação desta arquitetura com equipamentos invasivos, principalmente se a gravidade do paciente se estender para uma insuficiência respiratória hipóxica[10].

Algumas características são importantes como proposta de trabalho para a definição da arquitetura do sistema em questão, os quais definimos como requisitos funcionais mecânicos, técnicos, econômicos, de interface do usuário e de repetibilidade[7]. A fim de ampliar o conhecimento sobre as arquiteturas escolhidas, apresentamos uma breve análise observando os requisitos supracitados.

Quadro 2. Quadro demonstrativo de requisitos de funcionalidade

Projeto	Instituição	Mecânica/P neumática	Técnico	Econômico	Interface	Repetibilidade
<i>Inspire</i>	Poli-USP	M	Sim	R\$ 2.000,00	Sim	Sim
Ventilador Pulmonar de Exceção para COVID-19	COOPE/UFRJ	P	Sim	R\$ 3.000,00	Sim	Sim
Ventilador pulmonar	INOVA-UFPB	P	Sim	R\$ 400,00	Sim	Sim
E-Vent	MIT/USA	M	Sim	R\$ 1.000,00	Sim	Sim
OxiGEN	Protogy/Barcelona	M	Sim	-	Sim	Sim

Fonte: Adaptado de [7].

## 7. EQUIPAMENTOS E MATERIAIS (ORÇAMENTO)

	Itens Capital	Quantidade	Valor Unitário	Preço
1	Computador	1	R\$ 6000,00	R\$ 6.000,00

2	Notebook	1	R\$ 4500,00	R\$ 4.500,00
3	Ambú Reanimador Adulto	10	R\$ 180,00	R\$ 1.800,00
4	Impressora 3D Creality Ender 3	1	R\$ 2500,00	R\$ 2.500,00
5	Impressora 3D SLA Resin One	1	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00
<b>Subtotal</b>				<b>R\$ 29.800,00</b>

	<b>Itens Custeio</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Preço</b>
1	Caixa Suporte Ambu(Acrylic)	2	R\$ 200,00	R\$ 400,00
2	Suporte Acionamento (SERVO-AMBU)	10	R\$ 60,00	R\$ 600,00
3	Motor de passo Nema 23 20 kgf.cm	4	R\$ 210,00	R\$ 840,00
3	Motor de passo Nema 34 (65 kgf.cm, 85 kgf.cm, 120 kgf.cm)	6	R\$ 590,00	R\$ 3.540,00
4	Arduino Due	2	R\$ 240,00	R\$ 480,00
5	Arduino Mega	2	R\$ 240,00	R\$ 480,00
6	Arduino Uno Wifi REV2	10	R\$ 290,00	R\$ 2900,00
7	ESP32 Display	5	R\$ 130,00	R\$ 650,00
8	Raspberry Pi 4B	2	R\$ 510,00	R\$ 1020,00
9	Componentes Eletrônicos Diversos	1000	R\$ 20,00	R\$ 20.000,00
10	Mangueiras Conexão (Circuito descartável)	20	R\$ 90,00	R\$ 1.800,00
11	Terminais de Conexão	80	R\$ 20,00	R\$ 1.600,00
12	Válvula Solenóide Pneumática	20	R\$ 70,00	R\$ 1.400,00
13	Válvula Sentido Único	10	R\$ 280,00	R\$ 2.800,00
14	Filtro HFMI	10	R\$ 70,00	R\$ 700,00
14	Câmara de Desinfecção 1 (Filtro HEPA)	10	R\$ 120,00	R\$ 1.200,00
15	Câmara de Desinfecção 2	10	R\$ 200,00	R\$ 2.000,00
16	Bomba Diafragma 100 PSI	20	R\$ 130,00	R\$ 2.600,00
17	Bomba Peristáltica 12V	40	R\$ 90,00	R\$ 3.600,00
18	Sensor Pressão (PSG010R)	30	R\$ 30,00	R\$ 900,00
19	Modulo HX711	50	R\$ 15,00	R\$ 750,00
20	Filamento PLA (Kg)	50	R\$ 150,00	R\$ 7.500,00
21	Filamento PLA Flexível (Kg)	50	R\$ 150,00	R\$ 7.500,00
22	Peças mecânicas diversas (chapas, perfis, parafusos, cremalheiras, engrenagens, presilhas, elementos de transmissão, etc)	3310	R\$ 3,00	R\$ 9.930,00

23	Bolsa para aluno (Técnico (3) e Graduação(2))	5,5 meses	R\$ 1800,00	R\$ 10.000,00
24	Serviço de criação do portal Web INOVA COVID-19 e outras prestações de serviço	3 meses	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00
<b>Subtotal</b>				<b>R\$ 95.190,00</b>
<b>Total Geral (Capital+Custeio)</b>				<b>R\$ 124.990,00</b>

## 9. CRONOGRAMA

OBJETIVO	ATIVIDADES (atividades que serão realizadas para alcançar os objetivos)	LOCAL DE EXECUÇÃO	DURAÇÃO PREVISTA		RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO
			INÍCIO m ês/ano	TÉRMINO mês/ano	
Definição do modelo de ventilador mecânico pulmonar.	Levantamento Bibliográfico; Estudo dos projetos das UFRJ, USP, UFPB, MIT e Profoty.	IFS; UFS; UFVASF; UNIT.	05/2020	05/2020	Coordenador/Docentes e Discentes
Dimensionamento do Sistema	Levantamento Bibliográfico e provas em laboratório	IFS	05/2020	05/2020	Coordenador/Docentes/Colaboradores e Discentes
Design e estudo estrutural	Levantamento Bibliográfico e provas em laboratório	IFS	06/2020	06/2020	Coordenador/Docentes e Discentes
Dimensionamento dos componentes mecânicos	Levantamento Bibliográfico e provas em laboratório	IFS	06/2020	06/2020	Coordenador/Docentes e Discentes
Dimensionamento dos componentes eletrônicos	Levantamento Bibliográfico e provas em laboratório	IFS	06/2020	06/2020	Coordenador/Docentes e Discentes

Montagem mecânica	Uso dos equipamentos e materiais	IFS	06/2020	07/2020	Coordenador/Docentes e Discentes
Montagem dos motores no encoder	Uso dos equipamentos e materiais	IFS	06/2020	07/2020	Coordenador/Docentes e Discentes
Montagem dos componentes eletrônicos	Uso dos equipamentos e materiais	IFS	07/2020	08/2020	Coordenador/Docentes e Discentes
Testes em laboratório para ajuste do sistema	Uso dos equipamentos, materiais e protótipo	IFS	08/2020	09/2020	Coordenador/Docentes e Discentes
Testes <i>in loco</i> e aquisição de dados para análise.	Uso dos equipamentos, materiais e protótipo	Ambiente Fechado (laboratório de ventilação pulmonar da UFS)	10/2020	11/2020	Coordenador/Docentes/Colaboradores e Discentes
Entrega do Relatório Final	Entrega do Relatório Final	IFS	12/2020	12/2020	Coordenador/Docentes e Discentes

## 10. PERSPECTIVAS

Espera-se, ao final da execução desse projeto, obter um protótipo executável, devidamente testado e calibrado, aplicável em hospitais e setores de saúde, e com capacidade de produção escalável e de operação contínua.

## 11. REFERÊNCIAS

1. P Zhou, X-L Yang, X-G Wang, *et al.* **Discovery of a novel coronavirus associated with the recent pneumonia outbreak in humans and its potential bat origin.** bioRxiv (2020). published online Jan 23. <DOI:10.1101/2020.01.22.914952>.
2. A.J. Rodriguez-Morales, V. Gallego, J.P. Escalera-Antezana, C.A. Mendez, L.I. Zambrano, C. Franco-Paredes, *et al.* **COVID-19 in Latin America: the implications of the first confirmed case in Brazil.** *Trav Med Infect Dis* (2020), Article 101613, Google Scholar.

3. B. P. Martinez, et al. **Intervenção na Insuficiência Respiratória Aguda.** Comunicação Oficial da ASSOBRAFIR (COVID-19). Disponível em: <[http://crefite7.gov.br/wp-content/uploads/2020/04/ASSOBRAFIR\\_COVID-19\\_VNI-1.pdf](http://crefite7.gov.br/wp-content/uploads/2020/04/ASSOBRAFIR_COVID-19_VNI-1.pdf)>. Acesso em 22/04/2020.
4. A. Chi; J. Dias. **Sistemas de Apoio à Decisão Utilizados em Ventilação Mecânica.** Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2005. Disponível em: <<http://www.sbis.org.br/cbis/arquivos/851.pdf>>. Acesso em 21/04/2020.
5. F. Lopez, et al. **Mapeamento dos Profissionais de Saúde no Brasil: Alguns Apontamentos em Vista da Crise Sanitária da Covid-19.** Brasília: Ipea, mar. 2020. (Nota Técnica Diest, n. 30).
6. R. D. Truog, C. Mitchell, G. Q. Daley. **The toughest triage: allocating ventilators in a pandemic.** N Engl J Med. Published online March 25, 2020. doi:10.1056/NEJMp2005689PubMedGoogle Scholar\_
7. A.I M. A. Hussein; et al. **Design and Prototyping of a Low-cost Portable Mechanical Ventilator.** Proceedings of the 2010 Design of Medical Devices Conference, 2010.
8. R. McFadden. **Dr. Forrest Bird, Inventor of Medical Respirators and Ventilators, Dies at 94.** *New York Times.* United States. Disponível em: <[https://www.nytimes.com/2015/08/04/us/dr-forrest-bird-inventor-of-medical-respirators-and-ventilators-dies-at-94.html?\\_r=0](https://www.nytimes.com/2015/08/04/us/dr-forrest-bird-inventor-of-medical-respirators-and-ventilators-dies-at-94.html?_r=0)>. Acesso em 22/04/2020.
9. C. R. Carvalho, C. Toufen Junior, S. A. Franca. **Ventilação mecânica: princípios, análise gráfica e modalidades ventilatórias.** J Bras Pneumol. 2007;33(Supl 2):54-70.
10. S. Ferreira, C. Nogueira, S. Conde, N. Taveira. **Ventilação não invasiva.** Rev Port Pneumol. 2009; 15: 655-67.