

# ROBÔ MÓVEL PARA DESINFECÇÃO DE AMBIENTES HOSPITALARES

**PEREIRA FILHO, J. C. B.**

jcbpf.teo@gmail.com

**MOREIRA, Anderson Luiz Souza**

anderson.moreira@recife.ifpe.edu.br

---

## RESUMO

As infecções hospitalares são eventos adversos que ocorrem em todo mundo e colocam em risco a saúde dos pacientes. Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) na Europa ocorrem 4 milhões de casos por ano, desses 37 mil são levados a óbito de forma direta e 110 mil de forma indireta. No Brasil o número de casos que chegam a morte corresponde a 14% das internações [1][2].

As instituições hospitalares também são afetadas, pois aumentam os custos do tratamento com: Internações prolongadas, maior tempo de uso de antibióticos, realização de uma nova cirurgia para pacientes pós cirúrgicos e casos de reinternação para aqueles que já tinham recebido alta.

O Centro Europeu de Controle e Prevenção de Doenças (ECDC sigla em inglês) listou os seguintes casos como sendo os mais comuns de infecção Hospitalar: Pneumonia; Outras infecções relacionadas ao trato respiratório; De ossos ou articulações; De trato urinário; De sistema cardiovascular; De sepse clínica; Gastrointestinal; Pós-cirúrgica; De corrente sanguínea; De olhos, orelhas, nariz, garganta ou boca; De pele e de sistema reprodutivo [2].

Para prevenir a ocorrência de novos casos, as unidades hospitalares utilizam da Comissão de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH) que realiza medidas para controlar a ação dos colaboradores com o intuito de minimizar os casos de infecção. Essas medidas podem ser: higienização das mãos, regras para visitas, normas de limpeza e uso correto de antibióticos. E segundo a ECDC essas medidas podem diminuir de 20% a 30% os casos [2].

Para auxiliar a CCIH esse projeto propõe a utilização de um robô para realizar a desinfecção de ambientes hospitalares utilizando luz UVC [3]. Com a utilização dessa tecnologia seria possível realizar a limpeza do ambiente de risco sem colocar em exposição o ser humano. Desta forma poderemos disponibilizar para os pacientes um ambiente mais seguro e retiraremos os profissionais da limpeza da zona de perigo.

Palavras-chave: robô; hospital; infecção.

## ABSTRACT

Hospital infections are adverse events that occur worldwide and put patients' health at risk. According to data from the World Health Organization (WHO) in Europe there are 4 million cases per year, of which 37 thousand are directly killed and 110 thousand indirectly. In Brazil, the number of cases that reach death corresponds to 14% of hospitalizations [1] [2].

Hospital institutions are also affected, as they increase the costs of treatment with: Longer hospitalizations, longer use of antibiotics, new surgery for post-surgical patients and cases of rehospitalization for those who had already been discharged.

The European Center for Disease Control and Prevention (ECDC) has listed the following cases as the most common of nosocomial infections: Pneumonia; Other infections related to the respiratory tract; Of bones or joints; Urinary tract; From cardiovascular system; Clinical sepsis; Gastrointestinal; Post-surgical; Bloodstream; Eyes, ears, nose, throat or mouth; Skin and reproductive system [2].

To prevent the occurrence of new cases, hospital units use the Hospital Infection Control Commission (CCIH), which carries out measures to control the action of employees in order to minimize cases of infection. These measures can be: hand hygiene, rules for visits, cleaning rules and correct use of antibiotics. According to ECDC, these measures can reduce cases by 20% to 30% [2].

To assist CCIH this project proposes the use of a robot to perform the disinfection of hospital environments using UVC light [3]. With the use of this technology, it would be possible to clean the risk environment without exposing the human being. In this way we will be able to provide patients with a safer environment and remove professionals from cleaning the danger zone.

Keywords: robot; hospital; infection.

## 1 INTRODUÇÃO

A luz é uma onda eletromagnética, cujo o sol é uma fonte natural. Graças às características da luz ela pode se propagar no vácuo. E dessa forma ela pode surgir no sol e percorrer o caminho até a terra. O comprimento de onda da luz produzida pelo sol pode variar desde valores menores que 100 nm, seriam os raios x até os superiores a 780 nm que seriam os raios infravermelhos.

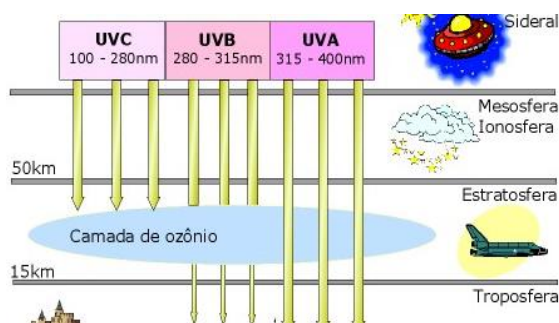
O olho humano consegue visualizar a faixa entre 400 nm a 780 nm. Essa variação do comprimento de onda faz com que possamos enxergar cores diferentes.

Para nosso estudo de desinfecção iremos analisar os efeitos dos raios de baixo comprimento de onda entre 200

nm e 400 nm. O sol também produz essa faixa de luz que, compreende a faixa de Ultravioleta, são classificados como os raios UVA(400 nm à 315 nm), UVB (315 nm à 280 nm) e UVC (280 nm a 200 nm).

Os raios UVC são totalmente bloqueados pela atmosfera, já os raios UVA e UVB, graças ao buraco da camada de ozônio, conseguem chegar até a superfície da terra.

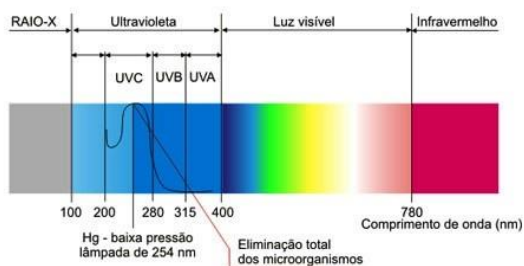
Figura 1– Atmosfera filtrando raios UVC



Fonte [4]

Segundo o estudo feito por [1] o melhor comprimento de onda para acabar com micro organismos é 254nm

Figura 2– Comprimento de onda dos diferentes tipos de luz.



Fonte [5]

## 2 Robôs Similares

Nesta etapa mostraremos alguns robôs que já atuam no mercado e que analisamos o funcionamento para elaborar nosso experimento.

### 2.1 LightStrike

O robô LightStrike, desenvolvido pela empresa americana Xenex. Realiza a desinfecção de hotéis, aeroportos, hospitais e transportes públicos realizando disparos de flash com luz UVC.

O sistema robótico consiste numa torre que possui rodas e locomove unicamente com a força do seu operador que arrasta e posiciona o robô em locais que ele acha adequado para realizar a desinfecção de maior parte do ambiente. O sistema também

necessita de uma tomada de energia próximo do local de aplicação.

O robô já foi utilizado em mais de 600 hospitais pelo mundo, com grande parte deles localizado nos Estados Unidos complementando com outros países como Reino Unido, Espanha, Itália, Japão, Coréia do Sul, África do Sul e Equador [6].

Figura 3 – Robô LightStrike.



Fonte [6]

### 2.2 UVD Robots

O sistema robótico desenvolvido pela dinamarquesa UVD Robots possui um sistema de controle semi-autônomo que se conecta com o operador através de um tablet. O robô possui um sistema de movimentação composto por motores elétricos e rodas livres que permite receber comandos dos movimentos do operador via tablet. Quando o robô está no ambiente que será desinfetado ele inicializa seu modo autônomo que juntos com um grupo de sensores permite que o robô emita raios UVC de forma contínua e ande pelo ambiente sem bater nas paredes. Quanto o robô percorre toda a extensão do ambiente ele envia um comando no tablet informando ao operador que o trabalho acabou e que agora ele pode entrar no ambiente, visto que o sistema de luzes já está desligado [7].

Figura 4 – Robô UVD Robots.

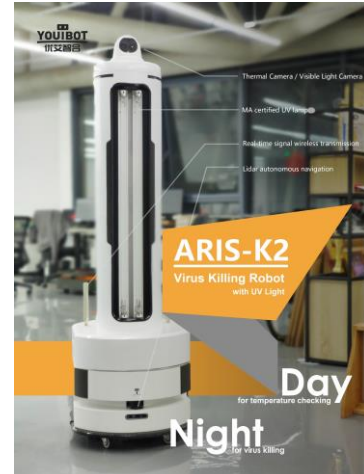


Fonte [7]

### 2.3 Youibot

A empresa Chinesa Youibot possui várias soluções robóticas para a área de logística com robôs móveis para carga leve e pesada e também robôs manipuladores, que são denominados robôs fixos. Também desenvolveu uma alternativa para desinfetar ambientes com robôs. A solução se chama ARIS-K2. O Robô é autônomo e com a utilização de sensores consegue criar o mapa do ambiente em que está inserido e marca onde já passou com seu sistema de luzes UVC emitidas em 360°. Seu sistema de locomoção utilizado contém rodas convencionais que limitam seu deslocamento pelos ambientes. O robô também possui um sistema com câmera térmica que pode identificar se indivíduos que estejam circulando pelos corredores possam estar com a temperatura do corpo anormal [8].

Figura 5 – Robô DISK2.



Fonte [8]

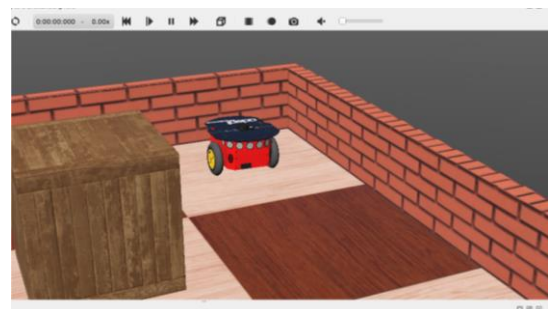
## 3 Metodologia

Esta seção contém os materiais e métodos utilizados para desenvolver o ambiente de simulação do robô de desinfecção de ambientes.

### 3.1 Materiais e software

Para desenvolver o ambiente de simulação utilizamos um computador notebook com processador i5 e memória de 8GB. Os softwares utilizados foram o sistema operacional usado no experimento foi o Linux versão Ubuntu 20.4 LTS, simulador de robôs Webots, IDE Pycharm e interpretador Python 3.5. Todo o código desenvolvido na simulação foi feito com a linguagem python.

Figura 6 – Robô Pioneer no ambiente de Simulação.



O simulador Webots tem várias opções de modelos robóticos reais. Neste trabalho foi escolhido o robô da Adept Pioneer 3DX que será mais detalhado nas próximas seções. [9]

### 3.2 Sistema de representação e posição

Utilizamos no ambiente de simulação um espaço de 6m x 6m que é dividido em partes unitárias com dimensões de 1m x 1m que representa o ambiente real a ser desinfectado. Na memória do robô utilizamos uma matriz bidimensional de 8 x 8 para que seja possível determinar a posição das paredes laterais.

Para localização no espaço foi utilizado dois sistemas de referência, um para referenciar o ambiente e outro para o robô. Dessa forma uma posição pode ser representada da seguinte forma:

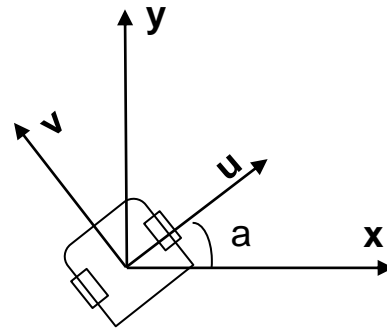
Ambiente:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_r \\ y_r \end{bmatrix}$$

Robô:

$$\begin{bmatrix} x_r \\ y_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_{r0} \\ y_{r0} \end{bmatrix}$$

Figura 7 – Sistemas de coordenadas do ambiente e do robô.



A relação existente entre os dois sistemas é a matriz de rotação que pode ser obtida da seguinte maneira:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}$$

onde R é igual a:

Figura 8 – Matriz de rotação.

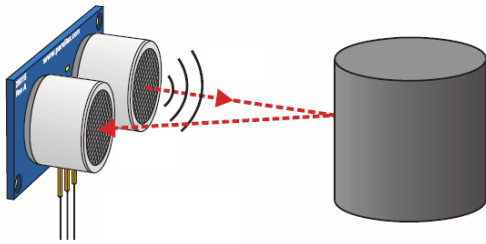
$$R = \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha \\ \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

### 3.3 Sensores

Para realizar a leitura do ambiente o robô Pioneer utiliza um grupo de sensores para realizar com precisão o posicionamento do robô no espaço. A seguir iremos explicar a funcionalidade de cada sensor no sistema.

#### 3.3.1 Ultrassônico

Figura 9 – Sensor Ultrassônico.



Fonte [10]

O Pioneer vem equipado com 16 sensores ultrassônicos 8 na parte frontal e mais 8 na parte traseira.

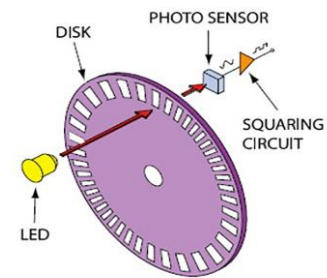
Os sensores realizam a leitura do ambiente no momento em que o robô está realizando deslocamento evitando assim que não ocorra colisão com os obstáculos.

No trecho de código seguinte podemos verificar que o robô quando se desloca para frente, ele só é interrompido se a distância dos 4 sensores centrais e frontais forem menor que a distância mínima definida pela variável `dm` no código ou quando o percurso acabar.

```
if estado == 0:# se movimentando para
frente
    s = robolight.frente(0.5, 1.09)
    d = robolight.getdistancia()
    dm = 950 #minima distancia da parede
    if (d[2] > dm or d[3] > dm or d[4] >
dm or d[5] > dm or s):
```

### 3.3.2 Encoder

Figura 10 – Sensor Ultrassônico.



Fonte [11]

O Pioneer possui 2 encoders instalados nas rodas dos robôs que são utilizados para fazer a contagem da distância percorrida pelas rodas e assim podemos fazer um sistema de desaceleração quando o robô está perto da distância pretendida.

```
self.encoderInicio = self.encoderRight

if self.encoderRight <
self.encoderInicio+distancia * 0.7:
    #seta velocidade 1
elif self.encoderRight <
self.encoderInicio+distancia * 0.8:
    #seta a velocidade 2

elif self.encoderRight <
self.encoderInicio+distancia * 0.9:
    #seta a velocidade 3
else:
    #seta a velocidade 4
```

### 3.3.3 Bússola

O sensor bússola nos ajuda a calcular todos os ângulos de rotação em relação ao norte da terra que na nossa simulação coincide com o norte do ambiente. Para simplificação dos cálculos o robô se move nos ângulos de 0, 90, 180 e 270.

No desenvolvimento do software setamos um vetor com esses valores fixo.

```
self.rotacao =[0, 90, 180, 270]
```



### 3.3.4 Lidar

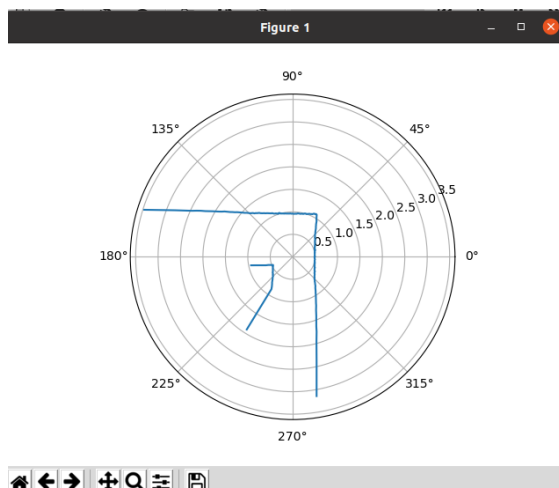
Figura 11 – Sensor LIDAR.



O sensor utilizado para o mapeamento de ambientes principalmente em sistemas de carros autônomos é o LIDAR (da sigla inglesa Light Detection And Ranging). Esse sensor foi utilizado para identificar os objetos colocados na cena e armazená-los em memória.

A imagem abaixo mostra o escaneamento feito em 360 graus e sendo exibida graficamente as distâncias das paredes e objetos em relação ao robô.

Figura 12 – Gráfico gerado pelos dados do sensor LIDAR.

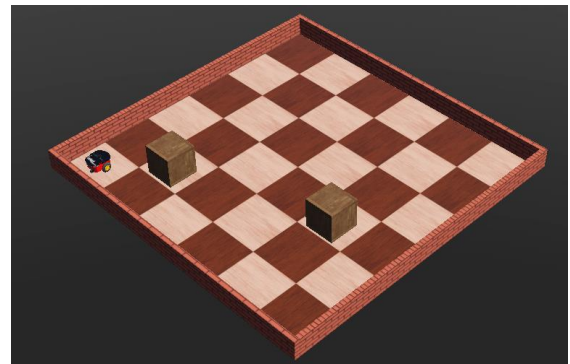


## 4 Resultado

Para averiguar a precisão da leitura do ambiente foi impresso uma matriz com os estados do ambiente a cada novo percurso feito.

Na primeira leitura do ambiente o robô exibe a seguinte matriz.

Figura 13 – Sensor Ultrassônico.



```

_ _ _ _ _
_ L _ _ _
O R O _ _
_ L _ _ _
_ _ _ _ _
_ _ _ _ _
_ _ _ _ _
_ _ _ _ _

```

Onde temos a seguinte legenda:

- O - Espaço Ocupado
- L - Espaço Livre e Limpo
- R - Localização do Robô
- \_ - Espaço Desconhecido

O robô seguindo o mesmo algoritmo e se deslocando até a posição (6,5) no sistema de coordenadas do ambiente

obtemos a seguinte matriz com os elementos da cena.

```

_ _ _ _ _
_ L _ _ _
O L O _ _
O L L _ _
O L L _ _
O L L O L L _
O L L L R L _
_ O O O O _

```

## 5 Conclusão

O robô utiliza de um agente inteligente reativo que se mostrou capaz de desinfetar o ambiente em cenários episódicos e estáticos. [12]

O simulador se mostrou uma boa ferramenta pois simula o sistema físico, permite integração com IDE externas e a criação dos próprios modelos 3D.

O sistema precisa ser implementado em um robô real para fazer uma melhor análise entre os sistemas físico e virtual.

Algoritmos utilizando técnicas de inteligência artificial podem ser implementados em trabalhos futuros para a geração de trajetória com menor custo.

## Referências

PORTAL BLOG DA SAÚDE. Medidas simples podem evitar infecção hospitalar. Disponível em <<https://bit.ly/3tiFZHk>>. Acesso em: 13/04/2021.

VOLKS DO BRASIL, Quais as principais causas de infecção hospitalar e como evitar a

contaminação?. Disponível em: <<https://bit.ly/2Rx5arQ>>. Acesso em: 13/04/2021.

[CARDOSO, C. F. Avaliação da esterilização de filme de polietileno com peróxido de hidrogênio e radiação ultravioleta. 2007, Campinas, 2007.

MORAIS, Isabela. A proteção exata que os olhos precisam. Revista Espaço Aberto. Disponível em:

<<http://www.usp.br/espacoaberto/?matéria=a-protecao-exata-que-os-olhos-precisam>> Acesso em: 10/05/2020.

LANZA, Juliana. Desinfecção de embalagem utilizando radiação ultravioleta – Parte 1. Disponível em: <<https://bit.ly/3uFrdeo>> Acesso em: 10/05/2020.

XENEX. Disponível em: <<https://www.xenex.com/>> Acesso em: 13/04/2021.

UVD. Robots. Disponível em: <<http://www.uvd-robots.com/>> Acesso em: 13/04/2021.

YOUIBOT. Disponível em: <<http://youibot.com/>> Acesso em: 13/04/2021.

WEBOTS. Webots User Guide. Disponível em: <<https://cyberbotics.com/doc/guide/pioneer-3dx>>. Acesso em: 13/04/2021.

VIDA DE SILICIO. Disponível em: <<https://bit.ly/3eAtz8T>>. Acesso em: 10/05/2021.



BILL, Schweber. Rotary encoder basics and applications, Part 1: Optical encoders. Disponível em: <<https://bit.ly/3bdJ703>>. Acesso em: 10/05/2021.

RUSSELL, Stuart; Norvig, Peter. **Inteligência Artificial**. 2<sup>o</sup> edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013