

CABINE DE RADIAÇÃO UV-C PARA INTERVENÇÕES EM AULAS DE FÍSICA ENVOLVENDO RADIAÇÕES ULTRAVIOLETA

Luís César Cavalcanti Oliveira¹, Cícero Jailton de Moraes Souza², Ibson José Maciel Leite³, Mário Antonio Alves Monteiro⁴

¹Discente da graduação em Licenciatura em Física – IFPE e bolsista de Iniciação Científica do PIBITI. E-mail: lcco@discente.ifpe.edu.br; ²Membro do projeto de pesquisa. E-mail: cicero.souza@pesqueira.ifpe.edu.br; ³Membro do projeto de pesquisa. E-mail: ibson.leite@pesqueira.ifpe.edu.br; ⁴Orientador do projeto PIBITI. E-mail: mariomonteiro@pesqueira.ifpe.edu.br

RESUMO: Desenvolvemos um experimento tipo cabine de radiação UV-C para o ensino de física e com potencial para ser utilizado em estudos acadêmicos e até para desinfecção de objetos. A radiação UV-C do experimento é emitida por meio de duas Lâmpadas Germicida UVC Timer Controle (14W- 220V). Para detecção da radiação das lâmpadas utilizamos um Sensor de Raio Ultravioleta UVM-30A conectado a uma placa Arduino e ligada a um computador para a análise dos dados. Com o auxílio de um filtro de luz e medidas da radiação solar ao ar livre pudemos fazer análises quantitativas e qualitativas com o sensor dentro e fora da cabine, e com isso verificamos os dados de emissão das lâmpadas adquiridas e testamos a confiabilidade do sensor na faixa UV, assim como, do sistema montado para as medidas.

Palavras-chave: cabine de radiação UV-C, cabine de desinfecção, ensino de eletromagnetismo, lâmpadas germicidas.

UV-C RADIATION CABIN FOR INTERVENTIONS IN PHYSICS CLASSES INVOLVING ULTRAVIOLET RADIATION

ABSTRACT: We developed a UV-C radiation booth-type experiment for teaching physics and with the potential to be used in academic studies and even for disinfection of objects. The UV-C radiation of the experiment is emitted through two Germicide UVC Timer Control Lamps (14W-220V). To detect the radiation from the lamps, we used an Ultraviolet Ray Sensor UVM-30A connected to an Arduino board and connected to a computer for data analysis. With the help of a light filter and measurements of solar radiation outdoors, we were able to carry out quantitative and qualitative analyzes with the sensor inside and outside the cabin, and with that we verified the emission data of the purchased lamps and tested the reliability of the sensor in the range UV, as well as the system mounted for measurements.

Keywords: UV-C radiation booth, disinfection booth, teaching electromagnetism, germicidal lamps.

1. INTRODUÇÃO

O uso de radiação ultravioleta (UV) é uma ferramenta que vem sendo bastante utilizada a décadas em processos germicidas. A radiação UV está entre as tecnologias investigadas com maior intensidade no mundo, como alternativa aos procedimentos de desinfecção nos diversos tipos de ambientes e superfícies (Couto et al., 2021). Ela é uma radiação eletromagnética como a luz visível, só que em uma frequência diferente e não perceptível aos olhos humanos. O comprimento de onda da luz visível está na faixa de 400 a 700 nanômetros (nm), enquanto que, o da radiação ultravioleta está na faixa de 200 a 400 nm. A radiação UV está dividida em três faixas: UV-A (320 nm a 400 nm), UV-B (290 nm a 320 nm) e UV-C (200 nm a 290 nm). A radiação UV-C é extremamente eficiente para destruir ou impedir a proliferação de microrganismos, e para isso esses seres precisam ser expostos a luz por tempos suficientes que, em geral, depende do tipo de cada ser.

A desinfecção por radiação UV-C é comprovadamente eficaz, entretanto, deve ser usada com bastante cuidado, em ambiente protegido e controlado, diante dos riscos à saúde. Apesar da eficiência, a desinfecção específica por UV-C pode ser bastante prejudicial à saúde, não devendo os seres humanos terem qualquer tipo de contato direto dela com olhos e pele, pois diversas moléculas na pele podem absorver a radiação UV-C e sofrer alterações químicas devido a essa absorção. O Ácido Desoxirribonucleico (DNA) é uma das principais moléculas que

absorve radiação UV-C e, portanto, pode sofrer mutações, que posteriormente, podem resultar em mutações malignas na célula (BALOGH et al, p 733, 2011).

A COVID-19 é uma doença infecciosa causada pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2). Em 11 de março de 2020, a COVID-19 foi caracterizada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como uma pandemia. O termo “pandemia” se refere à distribuição geográfica de uma doença e não à sua gravidade. Desde então, a pandemia do novo coronavírus vem afetando a saúde e o convívio social da humanidade, e tem-se observado uma grande quantidade de trabalhos científicos desenvolvidos e publicados em diversas áreas do conhecimento, o que demonstra o elevado interesse da comunidade científica global nos estudos desse tema tão atual e importante para a sociedade. Uma rápida pesquisa no *Google Scholar* com o termo “*new coronavirus*” resultou em torno de 285 milhões de trabalhos publicados! Fazendo-se a busca pelo termo “*ultravioleta disinfection*” esse número fica por volta de 393.000 trabalhos.

As secreções respiratórias foram consideradas o principal meio de propagação do novo coronavírus (Gonçalves e Dezoti, 2020), deixando contaminados qualquer ambiente ou superfície que tenham entrado em contato com essas secreções. Com objetivo de ajudar a sociedade no combate à COVID-19, várias iniciativas de conscientização têm sido feitas e a comunidade científica tem debatido e orientado os governos e a sociedade para a importância dos métodos simples de higiene, desinfecção com álcool 70° e por meio do distanciamento social.

Considerando o grande impacto da COVID-19 na humanidade nos últimos anos e o real potencial de desinfecção da radiação UV-C em ambientes ou objetos com a presença do SARS-CoV-2, desenvolvemos um experimento tipo cabine de radiação UV-C que pode ser utilizado como instrumento para o ensino de física e que tem potencial para ser utilizado também em estudos acadêmicos e para desinfecção de objetos reais. A radiação UV-C do experimento é emitida por meio de duas Lâmpadas Germicida UVC Timer Controle (14W- 220v), e para detecção da radiação das lâmpadas utilizamos um Sensor de Raio Ultravioleta UV UVM-30A conectado a uma placa Arduino ligada a um computador.

Desenvolvemos um experimento com materiais de baixo custo, que possibilita a interação da radiação ultravioleta com a matéria e que tem potencial de demonstrar de forma didática a estudantes do Ensino Médio o poder da interação da radiação UV-C com a matéria. Além da construção do experimento estamos trabalhando numa sequência didática para o ensino de radiação eletromagnética em aulas de física.

De acordo com Hofstein e Lunetta (2004) as atividades experimentais podem facilitar a compreensão de conceitos físicos, além de encorajar a aprendizagem ativa, motivar, despertar o interesse, desenvolver o raciocínio lógico, a comunicação, estimular a capacidade de iniciativa e de trabalho em grupo (apud PERREIRA; MOREIRA 2017, p 267).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho desenvolvido consiste num experimento tipo cabine de radiação UV-C, o qual descreveremos a seguir. O invento foi elaborado com base na pesquisa publicada na Revista Interdisciplinar de Pesquisa e Inovação - REVIP (SOUZA et al., 2020), com algumas adaptações.

Os materiais utilizados para confecção do invento foram: um caixote de madeira tipo compensado, com dimensões de 48,0 cm x 29,5 cm x 52,1 cm, ao qual foi acoplado um vidro circular de 3 mm na parte frontal, como mostrado na figura 1. O vidro tem basicamente duas funções: proteção aos observadores externos contra a radiação das lâmpadas UV-C e permitir a visibilidade dos componentes e procedimentos internos. A altura das paredes da caixa foi projetada para que fosse possível a instalação de lâmpadas tubulares de baixa pressão de vapor Hg (Lâmpada Germicida UVC Timer + Controle 2U 14W- 220v), colocadas horizontalmente na parte superior interna da caixa (figura 1), as quais foram dispostas lado a lado para permitir que o sensor e as amostras irradiadas pela radiação UV fossem posicionadas no centro entre as lâmpadas. Essa disposição proporciona uma radiação mais uniforme nos objetos irradiados na plataforma interna de madeira.

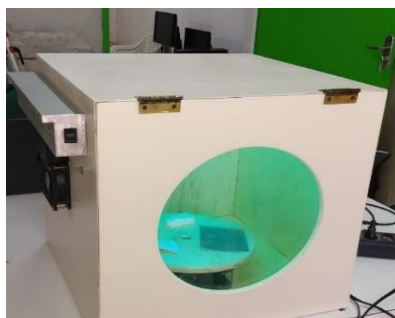


Figura 1: Imagem externa da cabine de radiação UV desenvolvida. Fonte: elaborada pelos autores.



Figura 2: Imagem da parte interna da cabine de radiação UV desenvolvida, mostrando a disposição das lâmpadas. Fonte: elaborada pelos autores.

Por meio de um Sensor de Raio Ultravioleta UV UVM-30A, conectado a um computador por meio de uma Placa Arduino UNO, pudemos identificar graficamente a presença da radiação UV-C no interior do experimento.



Figura 3: Sensor de Raio Ultravioleta UV UVM-30A utilizado no experimento. Fonte: MarinoStore, acessível em <https://www.marinostore.com/>.

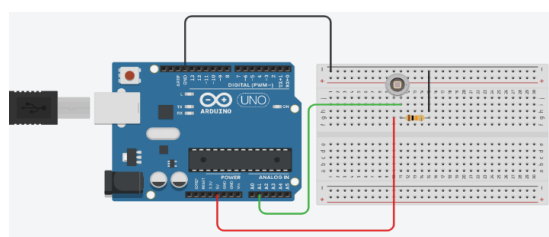


Figura 4: Esquema do sensor de luz associado à placa *Arduino*, elaborado no *TinkerCad*. Fonte: elaborada pelos autores.



Figura 5: Visão da ligação da placa Arduino que conecta o sensor de radiação UV dentro da cabine com o computador externo para a leitura dos dados. Fonte: elaborada pelos autores.

A figura 5 também mostra o esquema da ligação do sensor de radiação UV, o qual pode ser posicionado dentro ou fora da cabine. A placa do Arduino é conectada a um notebook para leitura e interpretação dos dados.

Na construção do experimento utilizamos vários materiais de sucata e gastamos cerca de R\$ 500,00 (quinhentos reais) com os que foram necessários comprar.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Aspectos visuais e didáticos da interação

Com o intuito de verificar algum efeito visual da radiação UV-C com a matéria, testamos inicialmente alguns objetos, mas que não tiveram resultados relevantes, sendo eles, uma maçã, alface e parafina, expostos durante um tempo de 50 min, com aproximadamente 7cm de distância cada. Não obtivemos nenhum aspecto visual nesses objetos nessa exposição. No entanto, ao utilizarmos uma banana, que foi submetida à exposição da radiação por um tempo estimado de 50 min, a uma distância das lâmpadas UV-C de 7cm, tivemos resultados visuais satisfatórios. No experimento com a banana pudemos identificar um aspecto de mudança visual nas partes irradiadas, como mostrado na figura 6.

A figura 6(a) mostra a banana antes da exposição, onde foi envolvida parcialmente por dois pedaços de fita isolante. A figura 2(b) mostra a banana sem as fitas isolantes, após a exposição de 50 min dentro da cabine, a uma distância de 7cm das lâmpadas.

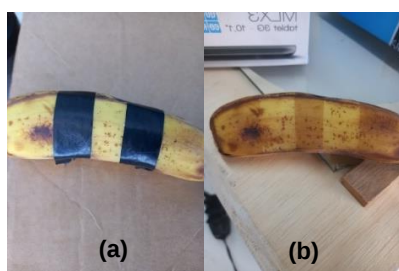


Figura 6: (a) Banana coberta parcialmente com fita isolante antes da exposição à radiação UV-C. (b) Banana sem a fita isolante após exposição à radiação UV-C durante o tempo de 50 min e a 7 cm de distância das lâmpadas. Fonte: elaborada pelos autores.

Diante dos resultados visuais mostrados na figura 6(b) já conseguimos uma ótima ferramenta experimental para o desenvolvimento de uma metodologia didática capaz de promover estudos sistemáticos em física para aulas do ensino médio relacionadas à interação da radiação eletromagnética com a matéria. Estamos trabalhando atualmente nessa metodologia de ensino e na elaboração de um plano de aula com esse objetivo.

3.2 Análise da radiação das lâmpadas e da emissão do sensor

Numa situação de exposição natural ao ar livre, além de outras faixas do espectro, o sol produz UV-A, UV-B e UV-C, mas a UV-C é filtrada na atmosfera terrestre e chega à superfície terrestre apenas UV-A e UV-B em quantidades significativas. Utilizamos diferentes filtros solares e o sensor em exposições ao sol, ao ar livre e durante o dia, com o intuito de analisarmos a radiação que passava pelos filtros. Essa análise foi realizada com o intuito de identificarmos a radiação que poderia ser detectada pelo sensor adquirido para o experimento e para se as lâmpadas compradas emitem outras radiações além da UV-C.

Inicialmente, analisamos a medição do sensor exposto à radiação solar de forma direta, e em seguida, utilizamos o filtro da figura 7 colocado entre a radiação solar e o sensor para fins de comparação. As duas exposições foram realizadas na radiação natural do sol, no horário das 15 h de um dia bem ensolarado.



Figura 7: Filtro 1,25" - Color Planetary - Yellon Deep - CELESTRON (74% transmissão). Fonte: <https://www.celestron.com/products/lunar-and-planetary-filter-set-125in>

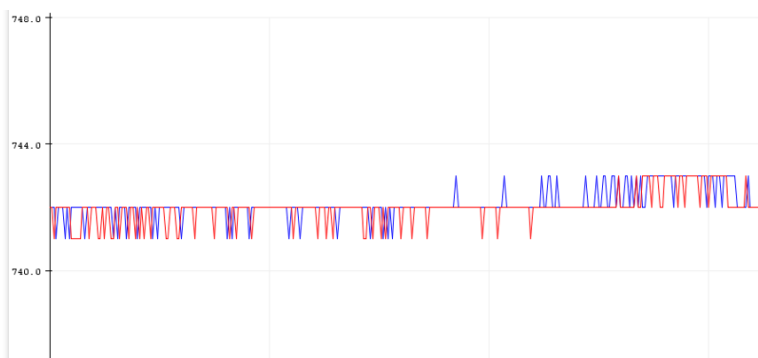


Figura 8: Resultados obtidos com sensor exposto a luz do sol sem Filtro (plotter Serial).

A medida obtida pelo sensor na situação sem o filtro foi de 742 unidades relativas (u.r.), como é mostrado na figura 8.

Realizando a mesma medida na situação com o filtro da figura 7, medimos resultado aproximado de 600 (u.r.), como mostrado pela linha azul na figura 9. Escolhemos essa figura para mostrar o resultado quantitativo, mas também para mostrar o efeito da interferência das nuvens nas medidas. Como pode ser visto no gráfico, a (u.r.) aumenta e diminui como é mostrado na figura 9, no entanto, quando não há nuvem interferindo-a praticamente estabiliza em 600 (u.r.).

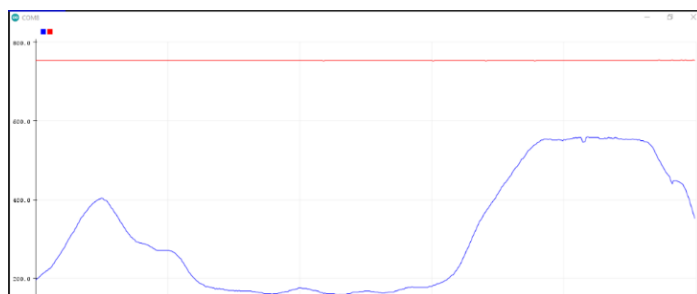


Figura 9: Resultados obtidos com sensor exposto a luz do sol com Filtro (*plotter serial*). A Variação do gráfico ocorre por conta da interferência das nuvens ao sol.

Repetimos o procedimento da situação anterior com o sensor e o filtro dentro da cabine de radiação, de forma que a interação direta com a luz do sol fosse substituída pela radiação das lâmpadas UV. De uma forma geral, podemos resumir nossas observações da forma que segue.

Situação 1: sensor exposto diretamente à radiação no sol, às 15h:

- Medida obtida sem o filtro: 764 unidades relativas (u.r.)
- Medida obtida com o filtro Yellon Deep – CELESTRON: 600 u.r.
- Conclusões: A medida com o filtro está dentro da expectativa de transmissão do fabricante do filtro, que é de 74%. Adicionalmente, estimamos que o valor medido com o filtro reflete as radiações UV-A e UV-B, uma vez que o sensor Arduino funciona apenas entre 200 e 380 nm, deixando fora o espectro visível.

Situação 2: sensor exposto diretamente à radiação das duas lâmpadas UV dentro da cabine:

- Medida obtida sem o filtro: 754 u.r.
- Medida obtida com o filtro Yellon Deep – CELESTRON: 22 u.r.
- Conclusões: Como a presença do filtro Yellon Deep – CELESTRON nas medidas dentro da cabine quase que zeraram as medidas no sensor. Considerando-se que o mesmo filtro deixou passar as radiações UV-A e UV-B na situação 1, e considerando-se que a radiação UV-C deve ser filtrada em ambas as situações, conclui-se que as lâmpadas UV da cabine tem baixíssimas emissões nas faixas UV-A e UV-B. Assim, as lâmpadas emitem a grande maioria da radiação no espectro UV-C.

Dessa forma, uma de nossas preocupações com o experimento, que era de identificar se além da radiação UV-C, elas emitiam UV-A e UV-B, foi devidamente descartada. O desafio atual é verificar, com as condições experimentais que temos, se se a condição de emissão das lâmpadas fica em torno de 254 nm, conforme é prometida pelo fabricante.

Na figura 10 encontram-se as especificações das lâmpadas adquiridas. No entanto, como o sensor que adquirimos pode detectar raios UV com tamanho de onda entre 200-370 nm, mas que, por ser um sistema de simples detecção, as medidas obtidas não são grandezas físicas reais.

	LÂMPADA	TIMER	C. REMOTO
Faixa de tensão nominal:	220V/60Hz	N.A.	2X1,5V (2 pilhas AAA)
Potência:	14W	MÁX 115W	N.A.
Ângulo abertura fecho:	360°	N.A.	N.A.
Base:	E27	E27/E27	N.A.
Vida Útil:	6.000 horas	N.A.	N.A.
Dimerizável:	Não	Não	Não
Fator de potência:	≥0,5	N.A.	N.A.
Dimensões:	Ø45x183mm	Ø62x93mm	43x113mm
Peso Aprox.:	79g	58g	25g
Comprimento de onda:	253,7nm	N.A.	N.A.
Nível de radiação:	*55 µW/cm²	N.A.	N.A.
Alcance:	N.A.	**20metros	**20metros
Programação:	N.A.	N.A.	15/30/60min.

*Valor de irradiação medido a 1 metro de distância da lâmpada.

** Desde que não haja barreiras entre o controle e o timer.

Figura 10: Especificações das lâmpadas adquiridas conforme o fabricante. Fonte: <https://www.glight.com.br/produto/887/lampadas-uv-c-germicida/>

Para medirmos a luz visível emitida pelas lâmpadas fizemos uma análise da potência delas. Medimos com um luxímetro o espectro visível que elas produzem, e o resultado dentro da cabine e com as duas lâmpadas ligadas foi de 460 luxes (W/m²). Com o auxílio de um paquímetro medimos a área de detecção do luxímetro como sendo de aproximadamente 0,005 m². Logo, nas condições internas da cabine, na distância específica de nosso experimento entre as lâmpadas e a plataforma de medida, a potência estimada da luz visível dentro da cabine com as duas lâmpadas ligadas foi de 2,3 w.

4. CONCLUSÕES

Desenvolvemos um experimento tipo cabine de radiação UV, utilizando como objeto de medição interna um sensor Arduíno que se mostrou limitado, mas capaz de identificar a radiação UV-C de lâmpadas germicidas. Adicionalmente, verificamos que o sistema também é capaz de detectar as radiações UV tipo UV-A e UV-B oriundas de uma fonte qualquer, tornando a abordagem didática do experimento mais rica.

Realizamos um procedimento operacional com o experimento utilizando a radiação das lâmpadas e bananas, capaz de demonstrar visualmente o efeito da radiação UV-C com a matéria, o que pode ser explorado como metodologia de estímulo e de demonstração de situações reais em aulas de radiações eletromagnéticas.

Além dos estudos já realizados e da metodologia desenvolvida para as medidas, pretendemos incluir nos procedimentos de análise da radiação um radiômetro ultravioleta para auxiliar nas análises quantitativas mais refinadas da irradiância das lâmpadas, até para que possamos explorar ou direcionar os efeitos germinicida do experimento.

Adicionalmente, pretendemos desenvolver um programa de computador para aperfeiçoar o processo de interpretação nas leituras do sensor, de forma que possamos produzir gráficos relacionando grandezas físicas da radiação emitida pelas lâmpadas com o comprimento de onda espectral da radiação.

Assim, o invento está sendo aperfeiçoado para que possamos conseguir medições físicas que possibilitem análises quantitativas e qualitativas mais aprimoradas, e que possam contribuir ainda mais para processos acadêmicos científicos e didáticos.

REFERÊNCIAS

- PESSOA, M. A. S et al. COVID-19, ultravioleta-C, Ótica, Desinfetante COVID-19. **A Física de um Desinfetador com Radiação UV-C**, Revista Brasileira de Ensino de Física, ano 2021, v. 43, n. 1, p. 1-10, 16 jun. 2021.
- BELASCO AGS, FONSECA CD. **Coronavírus 2020**. Ver. Bras. Enferm. 2020;73(2):e2020n2. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-7167-2020730201>
- Balogh, T.S et al. **Proteção à Radiação Ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade em fotoproteção**. Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo (FCF – USP), 86(4),p 732-42, 2011.
- COUTO J.F et al. **Desinfecção à base de radiação ultravioleta-c: um estudo bibliométrico no contexto internacional**, [S. l.], ano 2020, v. 10, n. 1, p. 1-12, 24 jan. 2021.
- SOUZA et al. **Desenvolvimento de Cabine de Luz UVC para Desinfecção de Máscaras Médicas N95**. Revista Interdisciplinar de Pesquisa e Inovação, v. 7, n. 2, p. 17-30, 2020. Disponível em: <https://seer.ufs.br/index.php/revipi/issue/view/1036>. Acesso em: 13 ago. 2020.