



II EVENTO INTEGRADO – PROCIEMA Educação, Ciências e Extensão: Transformando Vidas

Estudo Sobre Barreiras Físicas de Proteção Contra Radiação Ultravioleta

Bruno Lobo Coqueiro¹, Matheus Fernandes Muniz de Almeida², Ana Júlia Marques Novais³, Carlos Takiya⁴

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar quantitativamente como a intensidade da radiação ultravioleta A e B que incide na superfície terrestre é mensurada em diferentes condições e como a intensidade pode ser afetada por obstáculos físicos como óculos, protetor solar, hidratante, vidro, acrílico, etc. As medições foram obtidas utilizando o medidor de ultravioleta MRU-201, posicionado em diferentes ângulos, em diferentes locais e horários e sob diferentes barreiras físicas posicionadas sobre o sensor do medidor. Por meio dos resultados foi possível hierarquizar os níveis de proteção utilizados a partir de suas eficácias. Os resultados permitiram confirmar, portanto, que todas as formas de proteção testadas, com exceção do hidratante corporal, são eficazes na redução da intensidade da radiação ultravioleta, embora em diferente grau.

Palavras-chave Proteção Solar. Radiação eletromagnética. UV-A. UV-B.

Introdução

A radiação ultravioleta é uma onda eletromagnética que tem comprimento de onda entre 100 e 400 nanômetros. Nesse espectro de comprimento de onda ela é subdividida em ultravioleta A, B e C. O ultravioleta A e B são faixas mais presentes na superfície terrestre e que apresentam efeitos sobre a saúde humana, principalmente o tecido epitelial, enquanto o ultravioleta C em sua maior parte é absorvido pela camada de ozônio. As faixas A e B do ultravioleta são frequentemente estudadas por sua ação eritematogênica e seus benefícios à saúde, e o ultravioleta C por sua ação germicida (Matos, 2021). Assim, este trabalho analisa a intensidade da radiação ultravioleta nas

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil¹. E-mail: brunnocoqueiro2@gmail.com

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil². E-mail: 202110964@uesb.edu.br

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil³. E-mail: 201911853@uesb.edu.br

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil⁴. E-mail: takiya@uesb.edu.br

faixas A e B e a influência que barreiras físicas têm sobre ela, destacando a relação entre a intensidade que incide e a proteção que é possível ter, pensando no quão nocivo a exposição excessiva à radiação ultravioleta pode ser à saúde.

A radiação é uma forma de energia em trânsito da mesma forma que calor é energia térmica em trânsito. Ela é emitida por uma fonte e se propaga em qualquer meio, de um ponto a outro, sob a forma de partícula com ou sem carga elétrica, ou ainda sob a forma de onda eletromagnética (Okuno, 2018 apud Okuno; Yoshimura, 2010) e, de acordo com Rodrigues e Brizola (2019), as ondas eletromagnéticas se propagam transversalmente no espaço, transportando energia. A figura 1 ilustra os campos elétrico e magnético que compõem uma onda eletromagnética.

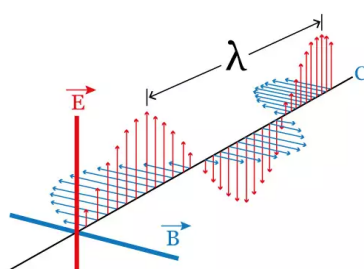


Figura 1 - A onda eletromagnética
Fonte: Educa Mais Brasil¹ (2019)

O espectro eletromagnético é formado por radiação do tipo rádio, microondas, infravermelho, visível, ultravioleta, raio-x e raios gama, variando de acordo com a frequência e comprimento da onda.

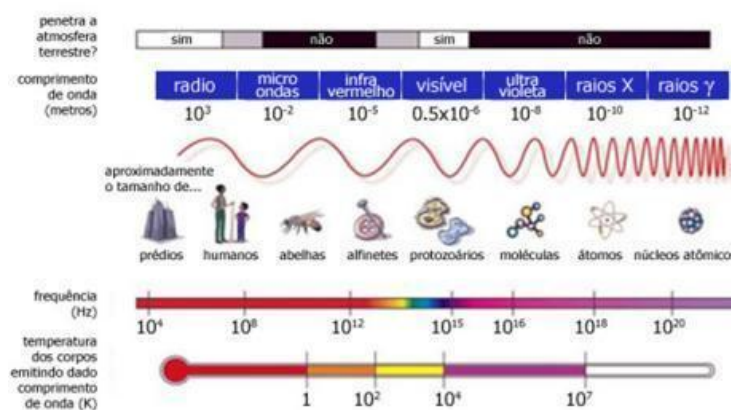


Figura 2 - O espectro eletromagnético
Fonte: LabCisco² (2013)

1 Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/fisica/ondas-eletromagneticas>

2 Disponível em: <https://labcisco.blogspot.com/2013/03/o-espectro-eletromagnetico-na-natureza.html?m=1>

O espectro eletromagnético pode ser subdividido em radiações ionizantes e não ionizantes, onde as ionizantes são todas aquelas que têm energia suficiente para ionizar a matéria, ou seja, alterar sua quantidade de elétrons e as não ionizantes, por sua vez, não apresentam tal efeito quando em contato com a matéria (Salicio; Castro, 2016, p. 6).

Entre as radiações ionizantes temos os raios-x, compreendidos no espectro entre 0,1 Å e 100 Å (10^{16} a 10^{20} Hz), os raios gama, com comprimento de onda inferiores a 0,1 Å (Salicio; Castro, 2016, p. 8-9), e a radiação ultravioleta, com comprimento de onda entre 100 nm e 400 nm (Andrade, 2007). Já entre as não ionizantes temos a luz visível, que refere-se a parte do espectro ao qual os olhos humanos são sensíveis e estão compreendidos entre 400 nm e 750 nm ($4,3 \cdot 10^{14}$ a $7,5 \cdot 10^{14}$ Hz), o infravermelho, que refere-se a radiação térmica e está localizado no espectro entre 750 nm e 1 mm (10^{11} a $4 \cdot 10^{14}$ Hz), as micro-ondas, que se situam entre 300 µm e 3 cm (10^{10} a 10^{12} Hz), e as ondas de rádio que são as ondas de menor frequência do espectro compreendidos na faixa entre 3 cm e 3 Km (10^5 a 10^{10} Hz) (Salicio; Castro, 2016, p. 7-8).

A radiação ultravioleta, radiação estudada neste trabalho, faz parte do espectro solar que atinge a superfície do nosso planeta. O espectro da irradiação ultravioleta (UV) abrange comprimentos de onda de 100 a 400 nm e normalmente é subdividido em três subintervalos: UVA: entre 320 a 400 nm; UVB: entre 280 e 320 nm; e UVC: entre 100 e 280 nm (Andrade, 2007). Segundo Matos (2021), a radiação UV-A dispõem de maior comprimento de onda e são menos enérgicas. Geralmente associada aos efeitos do envelhecimento precoce da pele. A radiação UV-B são biologicamente destrutivas, sendo associada ao câncer de pele devido a sua alta energia (Matos, 2021). A região UV-C, conhecida como germicida e bactericida, possui uma energia elevada e menor comprimento de onda, tornando-se extremamente danosa ao homem uma vez que apresenta ações carcinogênicas e mutagênicas, no entanto, sua maior parte que chega à Terra é absorvida pela camada de ozônio (Matos, 2021, p.32).

A fim de orientar sobre os cuidados contra a exposição à radiação solar, o Índice ultravioleta, ou I-UV, é uma medida da intensidade da radiação ultravioleta, referente aos efeitos sobre a pele humana, que incide na superfície terrestre, indicando que, quanto mais alto for o seu valor, maiores os riscos a saúde humana. O I-UV corresponde ao valor máximo da intensidade diária da R-UV, ou seja, no período referente ao

meio-dia solar (UNEMET, 2010, apud Matos, 2021, p. 35). Na figura 3 vemos os valores do índice UV e suas categorias.

CATEGORIA	ÍNDICE ULTRAVIOLETA
BAIXO	< 2
MODERADO	3 a 5
ALTO	6 a 7
MUITO ALTO	8 a 10
EXTREMO	> 11

Figura 3 - Intensidade do índice Ultravioleta
Fonte: UNEMET, 2010 *apud* Matos (2021).

Ao interagir com a pele humana a radiação UV é absorvida por um grupo de cromóforos na pele, particularmente: melanina, DNA, RNA, proteínas, aminoácidos; o que provoca reações fotoquímicas e ações secundárias, como grupos reativos do oxigênio, que pode ser prejudicial à saúde quando exposto em excesso (Matos, 2021). As reações fotoquímicas desenvolvem efeitos consideráveis na pele humana, de acordo com o comprimento de onda e a quantidade de energia. As alterações químicas que a epiderme e a derme sofrem após a exposição solar, favorecem o aparecimento de rugas, ressecamento, pigmentação irregular e lesões.

A exposição à radiação ultravioleta pode trazer malefícios à saúde, mas também traz benefícios como, por exemplo, a produção de vitamina D: a vitamina D3 é produzida na pele por uma reação mediada pelos raios ultravioleta B (UV-B) (Lichtenstein *et. al.*, 2013).

O experimento visou, portanto, quantificar a queda na intensidade relativa da radiação UV-A e UV-B entre o ambiente a céu aberto exposto ao Sol e sob a adição de diferentes materiais que atuam como barreira de proteção contra essa radiação, como protetor solar, vidro e folhas das árvores. Assim, o objetivo foi avaliar quantitativamente como essas camadas atenuam a radiação UV, fornecendo informações sobre a eficácia desses materiais na proteção contra os danos causados pela exposição à radiação UV.

Para a realização das medições, foi utilizado um medidor de ultravioleta modelo MRU-201. Este é um medidor que possui duas escalas: Lo e Hi, sendo respectivamente $1999 \mu\text{W}/\text{cm}^2 \times 1\mu\text{W}/\text{cm}^2$ e $19990 \mu\text{W}/\text{cm}^2 \times 10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, possuindo alto e baixo alcance de medição. O espectro do sensor de ultravioleta é entre 290 nm e 390 nm e tem uma precisão de mais ou menos 4% FE (fundo de escala). O sensor utilizado tem ainda

aplicações na área industrial na monitoração da radiação de luz azul perigosa nas soldas, esterilização de UV, artes gráficas, equação fotoquímica, apagador de Eprom UV, exposição de fotoresistor, tintas corantes, adesivos colantes, e em laboratórios na esterilização UV na virologia, genética microbial, pesquisas DNA e uso geral em laboratórios.

Métodos

Para verificar o que foi determinado como objetivo desta pesquisa, utilizamos o medidor de ultravioleta modelo MRU-201 e separamos a parte em três partes. Em todos os casos, foi-se trabalhado com a intensidade relativa tomando o percentual da queda da intensidade da radiação com relação ao maior valor medido, ou seja, dividindo o valor da intensidade obtido pelo valor quando não havia nenhuma barreira de proteção.



Figura 4 - Medidor de Ultravioleta modelo MRU-201
Fonte: Imagem dos autores (2024)

Na primeira medição, buscou-se quantificar a variação da intensidade da radiação UV no eixo do zênite de Leste a Oeste, conforme a posição em que o Sol nasceu e iria se pôr, de 30° em 30°. Tais medições foram realizadas duas vezes num período entre 12h00 e 12h15: uma sobre a sombra de um bambuzal, e outra diretamente sobre o Sol em um estacionamento aberto.

O segundo conjunto de medição realizado entre as 15h00 e 15h30 buscou verificar quantitativamente a queda na intensidade relativa entre da radiação ultravioleta sem barreira de proteção e utilizando as seguintes barreiras físicas de proteção sobre o sensor do medidor: óculos de grau, óculos de proteção, placa de petri de acrílico, placa de petri de vidro, viseira de proteção facial, placa de acrílico e placa de vidro. Para cada

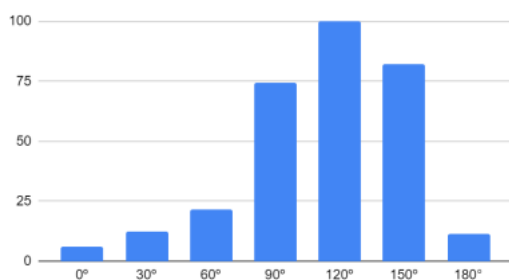
situação, foram realizadas três medições a 90° com o horizonte e, ao final, foi tirada uma média aritmética desses valores.

O terceiro, e último, conjunto de medições foram realizadas entre 15h30 e 15h50 comparando a intensidade relativa da radiação UV com uma fina camada de protetor solar e sem protetor solar, com uma grossa camada de protetor solar e, novamente, sem protetor solar e, por fim, com hidratante corporal e sem hidratante corporal. Todas as medições foram realizadas 3 vezes a 90° com o horizonte onde, posteriormente, tomamos a média aritmética para os valores medidos.

Resultados

Os primeiros resultados obtidos dizem respeito às medições realizadas no estacionamento a céu aberto que podemos verificar no gráfico 1, referente aos dados da tabela 1.

Gráfico 1 e Tabela 1 - Intensidade relativa da radiação UV medida no estacionamento

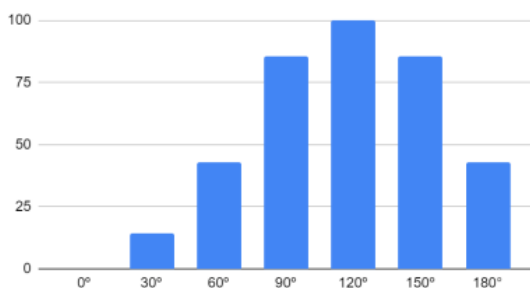


Estacionamento	
Ângulo	Intensidade relativa
0°	6
30°	12
60°	22
90°	74
120°	100
150°	82
180°	12

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Posteriormente realizamos a medição sobre a sombra de um bambuzal. Os valores medidos foram dispostos na tabela 2 e no gráfico 2:

Gráfico 2 e Tabela 2 - Intensidade relativa da radiação UV medida no bambuzal

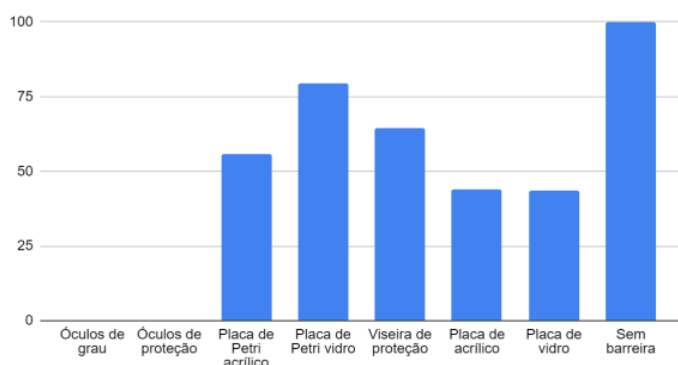


Bambuzal (Sombra)	
Ângulo	Intensidade relativa
0°	0
30°	14
60°	43
90°	86
120°	100
150°	86
180°	43

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Referente a segunda série de medidas realizadas utilizando as barreiras físicas de proteção, os valores obtidos seguindo a metodologia descrita anteriormente, foram postos na tabela 3 e plotados no gráfico 3 abaixo:

Gráfico 3 e Tabela 3 - intensidade relativa da radiação UV com barreiras de proteção

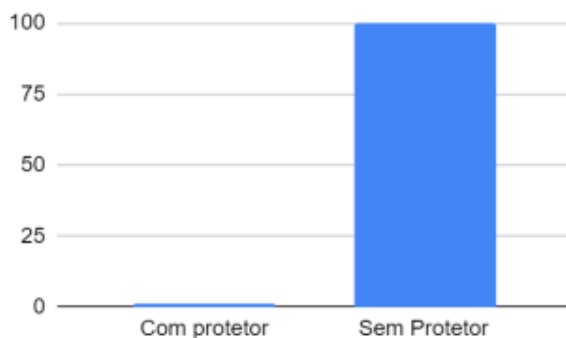


Barreira Física	Intensidade relativa
Óculos de grau	0
Óculos de proteção	0
Placa de Petri acrílico	56
Placa de Petri vidro	80
Viseira de proteção	64
Placa de acrílico	44
Placa de vidro	44
Sem barreira	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

A terceira série de medidas comparou a capacidade de uma camada fina e uma camada grossa de protetor solar e de uma camada de hidratante em barrar a radiação ultravioleta. Os valores obtidos foram tabelados e plotados nos gráficos a seguir:

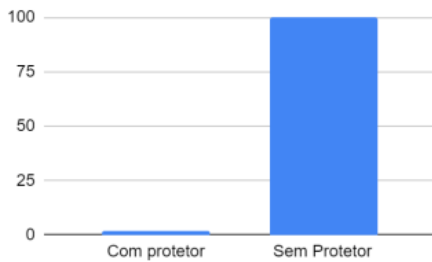
Gráfico 4 e Tabela 4 - Valores da intensidade relativa da radiação UV para uma camada grossa de protetor solar 50 FPS



	Intensidade relativa
Com protetor	1
Sem Protetor	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Gráfico 5 e Tabela 5 - Valores da intensidade relativa da radiação UV para uma camada fina de protetor solar 50 FPS



	Intensidade relativa
Com protetor	2
Sem Protetor	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Gráfico 6 e Tabela 6 - Valores da intensidade relativa da radiação UV para uma camada de hidratante corporal



	Intensidade relativa
Com Hidratante	100
Sem Hidratante	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Discussões

A partir dos dados obtidos, é possível verificar um comportamento muito similar entre os gráficos 1 e 2, com um crescimento da intensidade até os 120° , que pode ser justificado visto que era o ângulo aproximado do Sol no céu naquele momento. Posteriormente, o comportamento de ambos os gráficos passam a ser decrescentes. Portanto, desta medição é possível concluir que quanto mais próximo da posição angular do Sol o medidor estiver, maior será a intensidade medida.

Pode-se verificar através do gráfico 3 que, embora todos os materiais estudados tenham a capacidade de barrar a radiação ultravioleta, alguns materiais funcionam melhor que outros para impedir parcialmente ou integralmente a transmissão dessa

radiação. Assim, é possível colocar os materiais estudados em ordem crescente de capacidade de barrar a radiação ultravioleta, começando com a placa de petri de vidro, a viseira de proteção facial e a placa de petri de vidro, os três menos eficientes. Posteriormente, temos a placa de vidro e a placa de acrílico, igualmente eficientes. Por fim, os óculos de proteção e os óculos de grau tiveram uma eficiência de 100% em barrar a radiação UV.

Dos dados obtidos e dispostos nos gráficos 4 e 5, é possível tirar-se algumas conclusões. Uma delas é com relação a diferença da queda na intensidade para a camada fina e camada grossa de protetor, onde na camada fina cai para 2% e na camada grossa cai para 1% da intensidade total, ou seja, a camada grossa foi duas vezes mais eficiente que a camada fina. No entanto, esta diferença é relativamente baixa e pode estar associada a possíveis erros de medição e/ou ao erro de medida do próprio equipamento.

Com relação ao gráfico 6, pode-se verificar que o hidratante corporal utilizado não possui nenhuma capacidade de absorver, refletir ou dispersar a radiação UV e, portanto, não funcionou como barreira de proteção à radiação ultravioleta dado a sua eficiência nula.

Conclusões

Os dados coletados mostraram a relação entre a intensidade da radiação UV e o ângulo de medição em relação à posição do Sol no céu. Na medição, verificamos que a maior intensidade da radiação ultravioleta foi registrada justamente quando o sensor estava diretamente voltado para o sol. Conforme o ângulo diminuía ou aumentava, a intensidade diminuía, o que foi observado em todas as medições. Aferimos também que a intensidade relativa da radiação UV era maior na ausência de barreiras de proteção. Os óculos de grau e de proteção, por exemplo, foram eficazes em reduzir toda a intensidade. A última série de medições mostrou que a eficácia de camadas grossas e finas de protetor solar, mostrando uma queda de intensidade de 2% para uma camada grossa e de 1% com uma camada fina, mas este resultado pode estar associado à precisão do medidor e a instabilidade das nuvens. Por fim, a medição com o hidratante indicou que seu uso não teve impacto qualquer na proteção contra radiação UV, evidenciando sua ineficácia como barreira protetora.

Tendo em vista a ação eritematogênica da radiação ultravioleta A e B, é importante analisar o quanto os materiais presentes no dia-a-dia podem influenciar na incidência dessas faixas de radiação. Mas é importante ressaltar que esses dados não devem ser analisados isoladamente, o tecido epitelial tem características específicas relacionadas à absorção de protetor solar e proteção natural contra a radiação UV, por exemplo. Então, para recomendações de protetores solar, quantidade e intervalo de utilização devem ser consultadas informações de instituições especializadas na área da saúde dermatológica, como a Sociedade Brasileira de Dermatologia.

Referências

ANDRADE, Ricardo Cesar de. **Estimativa da Irradiância Solar Ultravioleta horária no semi-árido do Pernambuco**. Orientador: Chigueru Tiba. 2007. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

LICHTENSTEIN, Arnaldo et al. Vitamina D: ações extraósseas e uso racional. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 59, n. 5, p. 495-506, set. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ramb.2013.05.002>. Acesso em: 22 maio 2024.

MATOS, Elysson Daniel Viana. **Estudo e medidas do incide ultravioleta com arduíno**. Orientador: Carlos Takiya. 2021. 87 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2021.

OKUNO, E. **Radiação: efeitos, riscos e benefícios**. São Paulo: Harbra, 2018.

RODRIGUES, F. G. F.; BRIZOLA, A. Radiação de baixa frequência e possível influência nociva a sistemas biológicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 3, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2018-0289>. Acesso em: 12 jun. 2024.

SALICIO, Claudio Ubirajara; CASTRO, Pedro Arthur Augusto de. O Espectro eletromagnético e as interações de cada faixa espectral com a matéria. **ECF5726-1 Física Óptica: Teoria, Experimentos e Aplicações**, [s. l.], n. 3465112, 24 ago. 2016. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1884377/mod_resource/content/0/%3D%3D%20SEMINARIO%2024ago16-TEXTO.pdf. Acesso em: 08 set. 2024.