

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA E SEUS EFEITOS

Lais Caroline de Jesus

Graduanda em Tecnologia em Radiologia,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

João Borges da Silveira

Doutor em Ciências dos Materiais – UNESP;
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Fabília Roberta Lunas

Doutora em Ciência dos Materiais – UNESP;
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

RESUMO

Aumentos consideráveis na temperatura média na superfície terrestre têm sido registrados nas últimas décadas, causados principalmente pela destruição da camada de ozônio, a qual funciona como um filtro da radiação emitida pelo Sol. Dentre os grandes problemas acerca desta destruição, está o aumento no índice de doenças causadas pelo excesso de exposição a tal radiação, em especial à radiação ultravioleta. A radiação ultravioleta consiste de um tipo de radiação eletromagnética que, dependendo do comprimento de onda associado, tempo de exposição e capacidade de absorção do tecido humano, pode provocar danos ao DNA (ácido desoxirribonucleico), envelhecimento precoce, cataratas, câncer, entre outras patologias. Este trabalho foi desenvolvido visando o entendimento de todo o processo físico de absorção da radiação ultravioleta, bem como, uma explanação das principais patologias causadas por tal.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação; Ultravioleta; Patologia, Energia.

E-mail: fabricialunas@gmail.com

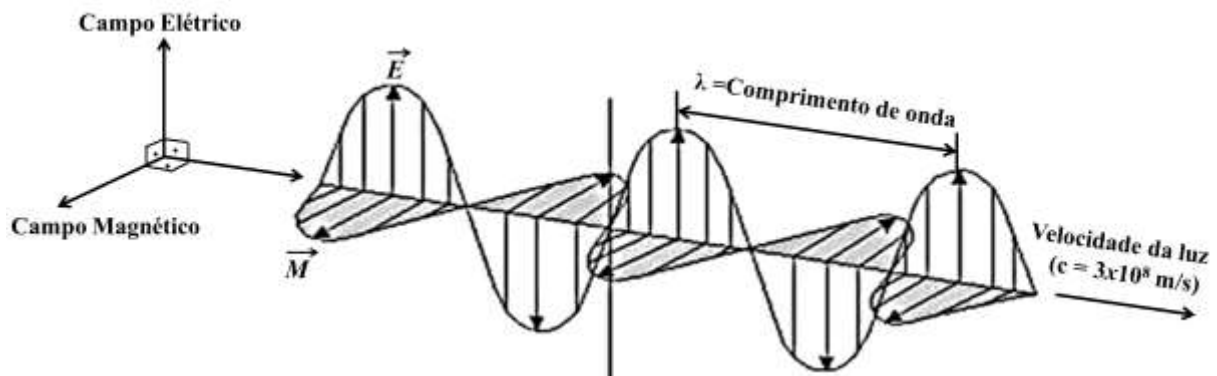
1 INTRODUÇÃO

A história da radiação teve início em 1895, com a descoberta de raios-X por Wilhelm Conrad Röntgen após um experimento com descargas elétricas por meio de tubos de raios catódicos. A previsão teórica da existência de tais raios catódicos já havia sido feita por Hermann Von Helmholtz anos antes, que veio a óbito sem saber que sua teoria se tornaria real (OKUNO, 2007).

Radiação é a propagação de energia de um ponto a outro, no espaço ou em um meio material, sendo dividida em radiação corpuscular, que pode ou não ter carga elétrica, e radiação eletromagnética (OKUNO, 2007). As radiações corpusculares são caracterizadas por possuírem massa, tais como: partículas alfa, elétrons, prótons, nêutrons, etc. A radiações eletromagnéticas, também

denominadas de radiações ondulatórias (ou ondas eletromagnéticas) são constituídas de campos elétricos e magnéticos que oscilam perpendicularmente entre si e com a direção de propagação (YOUNG, 2009), conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1. Radiação eletromagnética



Fonte: Elaborado pelos autores.

A relação entre a velocidade de propagação de uma radiação eletromagnética e o seu comprimento de onda, λ , é dada pela equação 01:

$$c = \lambda f \quad (01)$$

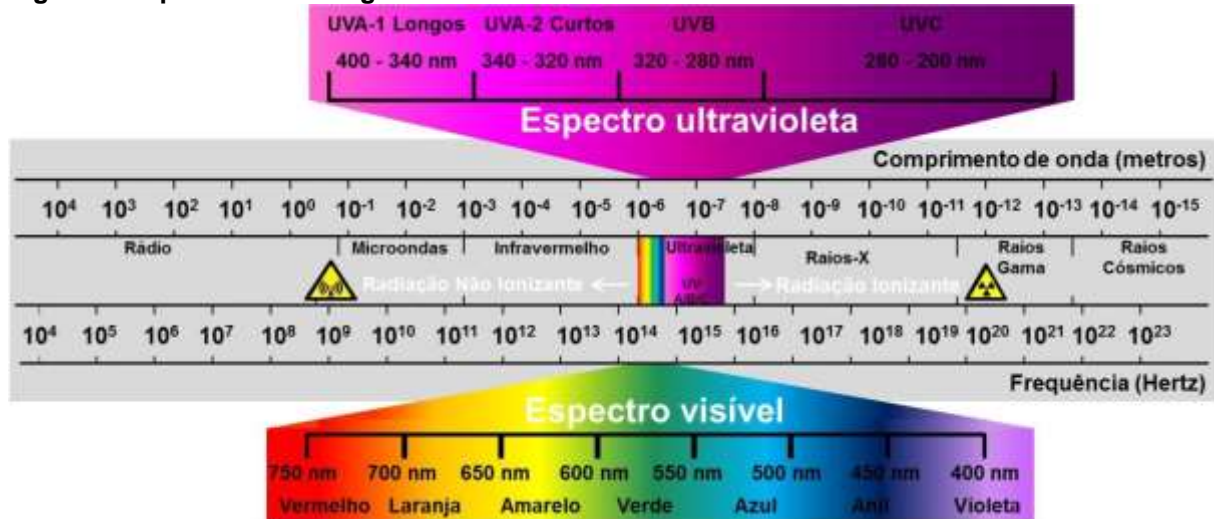
Onde, c é a velocidade de propagação de uma radiação eletromagnética no vácuo, denominada velocidade da luz, é igual a 299.792.458 m/s, comumente aproximada para $3,0 \times 10^8$ m/s e f é a frequência de oscilação (RIBEIRO, 2008).

Como descrito pela equação 01, as radiações eletromagnéticas diferem entre si pela sua frequência e pelo seu comprimento de onda. O espectro eletromagnético compreende desde ondas de frequência extremamente baixas até os raios cósmicos. Na figura 2 é apresentado o espectro eletromagnético indicando a faixa de comprimento de onda (e, conseqüentemente de frequência) dos diferentes tipos de radiação.

Max Planck (1901) e Albert Einstein (1905) formularam uma teoria mais moderna relacionada à natureza da luz, chamada de teoria dos *quanta*. Segundo essa teoria, a radiação eletromagnética é emitida se propagando em pequenos pacotes de energia, chamados pacotes de energia, quanta ou fótons (YOUNG, 2009). No entanto, somente a partir do surgimento da teoria da dualidade onda-partícula, desenvolvida por Louis de Broglie, em 1924 que foi possível afirmar que a

luz possuía características tanto ondulatórias como corpusculares. Assim, concluiu-se que a toda partícula de massa m pode-se atribuir uma onda associada e a toda onda eletromagnética pode-se atribuir uma partícula associada, de massa nula (OKUNO, 2010).

Figura 2. Espectro eletromagnético.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir da teoria de Planck, Albert Einstein propôs um modelo para calcular a intensidade de energia de uma onda eletromagnética, descrita pela equação 02:

$$E = hf \quad (02)$$

Onde, E é a energia do fóton, h é a constante de Planck e vale $6,626 \times 10^{-34} J.s$ (ou $4,14 \times 10^{-15} eV.s$) e f é a frequência de oscilação da onda (RIBEIRO, 2008).

Combinando as equações 01 e 02 é possível descrever a intensidade de energia de uma onda eletromagnética em termos do comprimento de onda, descrita pela equação 03:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (03)$$

Através da quantidade de energia de uma radiação eletromagnética é possível classificá-la como ionizantes, quando esta possui energia suficiente para arrancar direta ou indiretamente um elétron de um átomo transformando-o em um íon positivo, ou como não ionizantes (OKUNO, 2007).

2 OBJETIVO

Este trabalho foi elaborado tendo como objetivo demonstrar os efeitos da radiação ultravioleta no tecido e olhos humanos com base na física envolvida nesse tipo de radiação, que apesar de não ionizante pode acarretar efeitos biológicos indesejáveis e irreversíveis, apresentando também a possibilidade de tal radiação ser benéfica, se tomados os devidos cuidados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho adotou-se como metodologia pesquisas científica utilizando-se de livros, artigos, monografias e revistas visando encontrar ideias que facilitasse e proporcionasse uma melhor compreensão do tema abordado.

A pesquisa científica seja ela bibliográfica ou não, quando realizada de maneira atenta e minuciosa é capaz de fornecer material conceitual que pode ser utilizado direta ou indiretamente na elaboração do trabalho.

Diante destes argumentos, foi realizada uma pesquisa acerca da radiação ultravioleta, enfatizando seus diferentes tipos, suas propriedades físicas, as principais patologias causadas por ela e os seus benefícios.

4 DEFINIÇÃO DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA (UV)

Também conhecida como UV, esse tipo de radiação pode causar efeitos biológicos indesejáveis, ela possui um comprimento de onda menor que a luz visível e maior que os raios-X, o que dá origem ao nome ultravioleta, pois o violeta é a cor com maior frequência que os olhos humanos conseguem enxergar (OKUNO, 2005). O comprimento de onda e frequência do espectro ultravioleta varia, respectivamente, de 400 nm a 200 nm e de 10^{15} Hz a 10^{16} Hz, que é o que a caracteriza como não ionizante e a sua menor capacidade de penetração no tecido (pele) (BATISTUZZO, 2006).

Ao contrário do que muitos imaginam, a radiação ultravioleta não tem como única fonte o sol (principal fonte natural) possui também fontes artificiais, e como

fontes artificiais podemos citar as lâmpadas germicidas, equipamentos para solda industrial de metais e as lâmpadas negras (OKUNO, 2005).

A radiação solar é imprescindível para a vida terrestre, ela proporciona efeitos benéficos como participação na fotossíntese e da síntese da vitamina D; causa bem-estar, além de ser responsável pela iluminação e aquecimento (OKUNO, 2005).

4.1 Diferenciação entre UVA, UVB e UVC

A maior parte dos raios UV é espalhada ou absorvida pela atmosfera, (principalmente pelo ozônio) que dependendo do ângulo de incidência sobre a Terra, tem sua absorção variada. Outros fatores que influenciam a ação da radiação UV, é a estação do ano, o horário de exposição, os efeitos de superfícies refletoras, a latitude e a altitude sobre o nível do mar. Como é possível visualizar na tabela 1, o tipo de pele é um fator determinante quanto aos efeitos biológicos desses raios no corpo humano (BATISTUZZO, 2006).

Tabela 1. Sensibilidade à radiação UV de acordo com o tipo de pele.

Tipo	Cor	Sensibilidade	Consequências da exposição ao UV
I	Branca clara, sardenta, olhos azuis.	Muito sensível	Sempre se queimam e quase nunca se bronzeiam.
II	Branca, olhos azuis, verdes ou castanhos claros, cabelos louros ou ruivos.	Muito sensível	Sempre se queima e às vezes, se bronzeiam.
III	Morena clara.	Sensível	Queimam-se moderadamente, bronzeiam-se gradual e uniformemente.
IV	Morena escura, cabelos castanhos escuros e olhos escuros.	Pouco sensível	Queimam-se pouco, bronzeiam-se bastante.
V	Parda, olhos e cabelos escuros.	Muito pouco sensível	Raramente se queimam, bronzeiam-se muito.
VI	Preta	Pouquíssimo sensível	Quase nunca se queimam profundamente pigmentados.

Fonte: Extraído de BATISTUZZO, 2006.

A radiação ultravioleta é dividida em três categorias levando-se em consideração o seu comprimento de onda e sua capacidade de penetração na pele. Na tabela 2 são apresentadas as três categorias, bem como seus comprimentos de onda e respectivas frequências (BATISTUZZO, 2006).

Tabela 2. Diferentes categorias da radiação ultravioleta.

Classificação	Subclassificação	Comprimento de onda (nm)	Faixa da frequência (THz)	Denominação popular
UVA	UVA-1 (Longos)	340 a 400	750 – 880	Luz negra
	UVA-2 (Curtos)	320 a 340	880 – 940	
UVB		280 a 320	940 – 1070	Luz eritematogênica
UVC		200 a 280	1070 – 1500	Radiação germicida

Fonte: Extraído de BATISTUZZO, 2006.

Os raios UVA são os que têm maior incidência na superfície terrestre, eles incidem de maneira contínua e específica durante todo o dia e ano, inclusive em dias nublados e com baixa luminosidade. Os raios UVB são parcialmente absorvidos pela atmosfera, porém existem fatores que influenciam na quantidade de raios que alcançam a Terra, como por exemplo, a estação do ano, distância do Equador, altitude acima do nível do mar e superfícies refletoras, como água, areia e neve, porém, tem sua maior incidência durante o verão. Os raios UVC por sua vez tem sua grande maioria absorvida pela camada de ozônio, o que reduz sua incidência e, conseqüentemente, os efeitos biológicos, já que são altamente nocivos devido à sua grande energia (BATISTUZZO, 2006).

O índice ultravioleta (IUV) é a medida de intensidade da radiação que incide a superfície terrestre, esse índice está diretamente ligado aos efeitos biológicos causados à pele e aos olhos humanos. O IUV é dividido segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), de acordo com sua intensidade e tempo de exposição ao Sol, conforme apresentado na Tabela 3 (WHO, 2002).

Tabela 3. Classificação do Índice Ultravioleta

Categoria	Índice Ultravioleta (IUV)
Baixo	< 2
Moderado	3 a 5
Alto	6 a 7
Muito Alto	8 a 10
Extremo	> 11

Fonte: Adaptado de WHO, 2002.

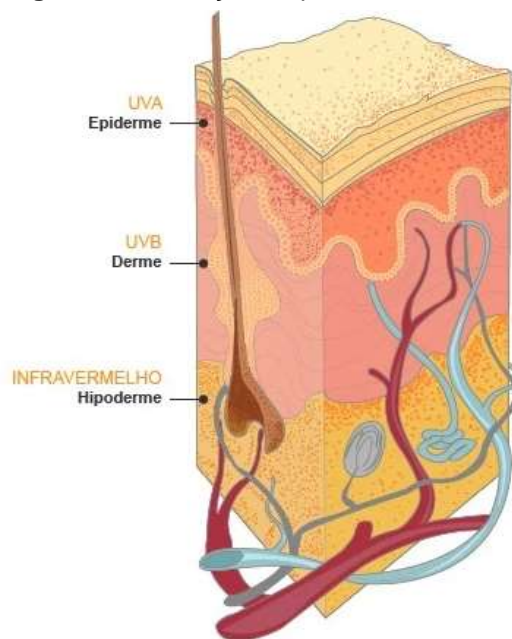
4.2 Energia da radiação

Como vimos anteriormente, a radiação UV é não ionizante, ou seja, não tem energia suficiente para arrancar elétrons dos átomos ($9,93 \times 10^{-19}$ J.s à $4,965 \times 10^{19}$ J.s). No entanto, são capazes de quebrar moléculas e ligações químicas. Apesar de seus efeitos não interferirem nas gerações posteriores são tão perigosas quanto às radiação ionizante, quando ela interage com o DNA (ácido desoxirribonucléico) pode provocar alterações devido a quebra de cadeias (PETRUCCI, 2005).

4.3 Efeitos da radiação UV no tecido humano

A pele é constituída por uma porção epitelial (epiderme) que é a camada mais externa, e conjuntiva (derme) que fica em contato com o tecido celular subcutâneo (hipoderme), podendo ser fina ou espessa, dependendo da parte do corpo que se encontra. Abaixo da derme, esta localizada a hipoderme, que apesar de não fazer parte da pele, serve de união com os órgãos subjacentes. A pele também é composta por nervos, vasos sanguíneos, glândulas, tecido adiposo, glândulas sudoríparas, melanina, vitamina D₃ (colecalfiferol) e células do sistema imunológico. A figura 3 ilustra as camadas de composição da pele humana (JUNQUEIRA, 2013).

Figura 3 – Ilustração da pele humana



Fonte: Adaptado de HENRIQUES, 2008.

Por ser um dos maiores órgãos e recobrir toda a superfície do corpo, a pele desempenha funções fundamentais para o organismo. Ela é responsável por manter a temperatura corporal, excretar substâncias que podem ser nocivas ao organismo; proteger contra atritos e desidratação; atuar contra microrganismos; proteger dos raios UV a partir do acúmulo de melanina, dentre outras (JUNQUEIRA, 2013).

A epiderme é constituída por epitélio estratificado escamoso queratinizado, que contem grande quantidade de células queratinócitos e ainda outros três tipos de células em menor quantidade, os melanócitos, as células de *Langerhans* e as de *Merkel*. Além de apresentar ainda outras cinco camadas: a camada basal, espinhosa, granulosa, lúcida e córnea. Sua estrutura também varia de acordo com a região corporal, sua espessura é maior na palma das mãos, planta dos pés e em algumas articulações, enquanto o restante do corpo é constituído por uma pele mais fina (JUNQUEIRA, 2013). A derme é um tecido conjuntivo responsável por unir a pele à hipoderme e é onde a epiderme se apoia. Ela é subdivida em duas camadas, a derme papilar e a derme reticular. A derme papilar é superficial, contém fibrilas de colágeno e é delgada. A derme reticular é mais profunda, espessa e contem fibras que são responsáveis pela elasticidade da pele. Existem ainda outras estruturas que a compõe, como os vasos sanguíneos e linfáticos, nervos e estruturas derivadas de epiderme (JUNQUEIRA, 2013).

Os raios UV são absorvidos por diferentes moléculas e essa absorção gera reações que podem ser agudas ou imediatas que são decorrentes de exposição excessiva e imediata ao sol ou em crônicas ou tardias, esta depende do histórico de exposição ao longo da vida (OKUNO, 2005).

4.3.1 Efeitos Agudos ou Imediatos

Os raios UVB tem sua maior incidência na superfície terrestre entre 10 horas e 16 horas. São eles os responsáveis por provocar as queimaduras (eritema, edema e bolhas), que tem sua reação maximizada dentro de 6-20 horas após a exposição e podem ainda provocar alteração no DNA, que se dá em longo prazo e com frequente exposição pode acarretar em câncer de pele. Porém eles estimulam a sintetização da vitamina D₃, que é essencial na absorção de cálcio e fósforo no organismo e formação de ossos e dentes. Os raios UVA por sua vez são os causadores do bronzeamento e efeitos alérgicos de fotossensibilização (BATISTUZZO, 2006).

4.3.2 Efeitos Crônicos ou Tardios

Os principais efeitos crônicos da radiação UV na pele são o fotoenvelhecimento (rugas, elasticidade, manchas, etc), causados pelos raios UVA e o câncer de pele, que apesar de também ser predisposto pelos raios UVA, são os raios UVB os principais responsáveis pela alteração celular que o acarreta (BATISTUZZO, 2006).

4.3.3 Tipos de Câncer

O câncer de pele é causado pelo crescimento desordenado de células que compõe o tecido. De acordo com a camada de células afetadas é definido o tipo e a gravidade do câncer, sendo classificados como: carcinomas basocelulares (CBC) e os carcinomas espinocelulares (CEC), conhecidos como câncer de pele não-melanoma (CPNM) e o melanoma-maligno (MM) que é tipo de câncer mais agressivo (SAMPAIO E REVITTI, 2007).

4.3.4 Carcinoma Basocelular

É o câncer mais comum dentre todos os tipos, seu risco letal é baixo e pode ser curado, se detectado precocemente, o tipo mais comum encontrado é o nódulo-ulcerativo, que tem como características uma pápula vermelha, brilhosa, com uma crosta central e que pode facilmente sangrar, existem ainda os tipos basocelular esclerodermiforme, basocelular superficial e basocelular pigmentado.

Esse tipo de câncer surge nas células basais, e aparecem com mais frequência em regiões que estão mais expostas ao sol, como face, orelha, costas, couro cabeludo, etc, e surgem mais raramente em regiões menos expostas. Além da exposição solar, existem outros fatores que podem desencadear o surgimento do mesmo, como deficiência na ingestão de vitamina A, C e E, ter acima de 50anos, casos de câncer de pele na família, dieta altamente calórica, dentre outros (PONTEN, 2003).

4.3.5 Carcinoma Espinocelular

Segundo mais comum dentre os tipos de câncer, desenvolve-se nas células escamosas (responsável por constituir a maior parte da camada superior da pele), embora seja mais comum nas partes que ficam mais expostas ao sol pode se desenvolver em todo o corpo, a exposição excessiva ao sol não é o único fator a

desencadear esse tipo de câncer, cicatrizes, exposição à radiação e feridas crônicas são alguns fatores que também podem acarretar ao CEC. Esse tipo de câncer é 2x mais comum entre os homens do que em mulheres. Apresentam-se em forma de machucados ou feridas, e podem também ser confundidos com verrugas (DIFFEY, 2000; CHRISTOPHERS, 1998 apud SILVA, 2007).

4.3.6 Melanoma

O melanoma origina-se nos melanócitos, células responsáveis pela produção de melanina. Apesar de ser causado pela radiação UV, esse tipo de câncer pode também ser hereditário.

É classificado em quatro grupos: Melanoma Lentigo Maligno que se desenvolve em indivíduos de pele clara, com idade superior a 60 anos e em regiões cutâneas mais expostas à RUV. Melanoma Disseminativo Superficial o mais comum dentre os MM, correspondendo a 70% dos casos em indivíduos de pele clara. Melanoma Nodular é o segundo dentre MM mais frequentes em indivíduos de pele clara. Possui um rápido crescimento e desenvolve-se, geralmente, em indivíduos acima de 50 anos de idade. E o Melanoma Lentiginoso Acral é o mais comum entre indivíduos negros e asiáticos com idade superior a 60 anos. As regiões palmo-plantares e a parte que se encontra abaixo das unhas dos pés e das mãos são as áreas de maior incidência (DIFFEY, 2000).

4.4 Efeitos da Radiação UV na Visão

Assim como a pele, a sensibilidade dos olhos à radiação UV depende de alguns fatores, com a cor, idade, cuidados, etc; e podem ser divididos em dois grupos de acordo com o tempo de exposição e intensidade. Crianças e bebês estão mais propícios aos danos oculares pela maior transparência do cristalino, que desempenha importante papel de proteção contra os raios UV (ARIETA, 1999).

4.4.1 Curta exposição e alta intensidade

A fotoceratite e a fotoconjuntivite são doenças desencadeadas após esse tipo de exposição, neste caso, a córnea é quem sofre maiores danos, acarretando em inflamações e irritação aguda, os sintomas são latejamento, lacrimejamento, distorção da visão, sensação de areia e dor (ARIETA, 1999).

4.4.2 Longa exposição e baixa intensidade

Esse tipo de exposição atinge principalmente o cristalino, causando irritações crônicas e doenças como, pterígio, carcinomas e cataratas, os sintomas variam de acordo com a patologia (ARIETA, 1999).

4.5 Cuidados com a Radiação UV

Para evitar os efeitos biológicos provocados pela radiação UV é necessário tomar alguns cuidados: evitar exposição excessiva entre 10 horas e 16 horas, manter-se afastado de lâmpadas solares e câmaras de bronzeamento artificial.

O uso de roupas nas cores azul ou vermelho pode contribuir para a proteção, que segundo cientistas espanhóis roupas escuras e de algodão são capazes de absorver melhor os raios UV. Quando for à praia ou ao praticar atividades ao ar livre: usar chapéus, óculos de sol e protetor solar (WHO, 2002).

Os protetores solares são compostos físicos ou inorgânicos e químicos ou orgânicos, que atuam na redução dos efeitos RUV. Os protetores solares químicos agem como uma barreira química, que absorve e transforma os raios UV em calor antes de penetrarem na pele. Já os físicos agem pela reflexão da radiação incidente. (VANICEK et al., 2000 apud SILVA, 2007). Existem filtros que protegem dos raios UVA e UVB, o fator de proteção solar (FPS) deve ser escolhido de acordo com o tipo de pele e ser reaplicado a cada 2 horas.

Fator de proteção solar (FPS) é o grau de proteção contra os raios UVB. Esse número é o tempo de exposição máxima antes que a pessoa comece a se queimar. Por exemplo, um protetor de FPS 5, protege até 50 minutos.

Fator de proteção ultravioleta (FPU) é capaz de medir a porcentagem de raios bloqueados, e ainda existe o FPU que é utilizado em tecidos e bloqueiam 98% da radiação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A radiação UV tem sua maior parte produzida pelo sol, que é uma fonte natural. No entanto, pode ser também produzida por outros elementos, tais como: lâmpadas germicidas, equipamentos para solda industrial de metais e as lâmpadas negras. A radiação UV é classificada em UVA, UVB e UVC, de acordo com seu comprimento de onda e respectiva frequência.

Verificou-se que a radiação UV é do tipo não ionizante, porém, é plausível em tecidos superficiais, de efeitos biológicos negativos como queimaduras, envelhecimento da pele, cataratas e carcinomas. Embora o termo radiação UV nos remeta a pensamentos negativos, há também efeitos benéficos causados por ela. Uma vez que, se tome os devidos cuidados com o tempo e o horário de exposição, pode trazer benefícios como ativar a produção de vitamina D₃ no organismo.

REFERÊNCIAS

Arieta CEL. Efeitos oculares induzidos por raios ultravioleta. Sinop Oftalmol 1999.

BATISTUZZO, J. A. O.; ITAYA, M.; ETO, Y. Formulário médico farmacêutico. 3. Ed. Pharmabooks: São Paulo, 2006.

DIFFEY, B. L Luz solar, câncer de pele e redução do ozônio. Tradução: José Tadeu Garcia Tommaselli. In: DIFFEY, B. L. Causes and environmental implications of increased UV-B radiation. Cambridge, GBR: The Royal Society of Chemistry, 2000.

Freitas, Tiago Petrucci de, E MENDEZ, Nestor Raul M. Radiações Não Ionizantes: Causas, Efeitos e Prevenções. Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia/FAET da Universidade Federal de Mato Grosso. Disponível em: http://www.unirevista.unisinos.br/_pdf/UNIrev_TPetrucci.pdf

HENRIQUES, B. G. Desenvolvimento e avaliação de preparações lipossomais contendo filtros solares sólidos UVA e UVB. 2008. 174p. Dissertação (MESTRADO) - Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

JUNQUEIRA, L. C. U.; CARNEIRO, J. Histologia básica. 12. Ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2013.

OKUNO, E.; VILELA, M. A. C. Radiação Ultravioleta: Características e efeitos. 1. Ed. SBF: São Paulo, 2005.

OKUNO, E. Radiação: efeitos, riscos e benefícios. São Paulo: Harbra, 2007.

OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. M. Física das Radiações. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

LUNDEBERG, J. Principles of tumor biology and pathogenesis of BCCs and SCCs. London: Mosby, 2003.

RIBEIRO, J. A. J. Propagação das ondas eletromagnéticas: Princípios e Aplicações, 2. Ed. São Paulo: Érica, 2008.

SAMPAIO, S. A. P.; REVITTI, E. A. Dermatologia. São Paulo: Artes Médicas, 3ª Edição, 2007.

YOUNG, H. D. Óptica e física moderna. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1994. Environmental Health Criteria, No. 160: Ultraviolet Radiation. Geneva: WHO.

VANICEK, K., et al. Índice UV para o público. Tradução: Fernanda do Rosário da Silva Carvalho. Ação COST-713. Lisboa, 2000. Disponível em: <http://www.arsalgarve.min-saude.pt/docs/pub_indiceuv.pdf>.