

PRODUTO

Mestrado Profissional em Ensino de Ciências
Departamento de Física – Universidade Federal de Ouro Preto

**RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA: INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO
MÉDIO POR MEIO DE EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO UV**

Wellington Clayton Silva

Ouro Preto
2017

Caros professores

Diante da necessidade de melhor formação dos futuros professores, bem como dos professores em atividade a temas relacionados à Física Moderna, apresentamos aqui uma sequência didática na forma de minicurso que trata do ensino das radiações ultravioleta (radiações UV) por meio da sua interação com tecidos biológicos. Acreditamos que esse tema seja bastante motivador e promissor para a aprendizagem de fenômenos físicos (energia e fótons), químicos (ligações químicas) e biológicos (células, DNA e tecidos) pois são assuntos recorrentes em noticiários os efeitos nocivos à saúde (câncer de pele) devido à exposição aos raios UV. Além disso, outro tema bastante discutido na atualidade é a destruição da camada de ozônio e os efeitos que essa destruição traz para o nosso planeta. A nossa sequência didática estabelece uma relação de interdisciplinaridade dos conteúdos da área de ciências (Física, Química e Biologia) por meio do estudo das radiações ultravioletas.

O minicurso está dividido em cinco encontros, os quais serão estudados os seguintes temas: 1) seminário sobre a radiação ultravioleta; 2) tipos de radiações e suas características; 3) filtros solares, bronzear e Câncer de pele; 4) efeito fotoelétrico; 5) mapa conceitual.

Esta sequência didática intitulada “Radiação ultravioleta: inserção de física moderna no ensino médio por meio de efeitos biológicos da radiação UV” foi realizada sob a orientação da Prof.^a Maria Eugênia Silva Nunes e é um produto educacional do programa de Mestrado Profissional de Ensino de Ciências da Universidade Federal de Ouro Preto.

Minicurso para o ensino de radiação ultravioleta.

Neste minicurso propomos uma sequência de atividades/encontros que podem ser exploradas em sua íntegra pelo professor ou em partes, dependendo da sua proposta de desenvolvimento pedagógico, que estão definidos da seguinte forma:

Encontro 01- Seminário sobre Radiação Ultravioleta solar

Encontro 02- Tipos de Radiação e suas Características

Encontro 03- Filtros Solares, Bronzeamento e Câncer de Pele.

Encontro 04- Efeito Fotoelétrico.

Encontro 05- Mapa Conceitual.

SEMINÁRIO SOBRE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA SOLAR

Nesta aula aborda-se a produção de radiação ultravioleta, sua interação com a camada de ozônio e com tecidos biológicos, por meio de um texto e uma aula expositiva produzida pelos autores. São propostas também duas atividades correspondente a uma palavra cruzada e uma situação problema para análise.

O presente texto procura estabelecer um diálogo entre as disciplinas Física, Química e Biologia, por meio de conceitos referentes às Radiações Ultravioleta (Radiações UV). Este texto foi desenvolvido para servir de suporte para a aplicação de uma aula ou de um seminário referente ao tema. “*RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA: INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO POR MEIO DE EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO UV*”, que aborda as radiações UV desde fontes de radiação UV, passando pela sua interação com a camada de ozônio até efeitos biológicos por meio de sua interação com a pele, considerando-se os efeitos cancerígenos dessa última interação e o uso dos protetores solares como mecanismo de proteção.

As ondas eletromagnéticas, ou luz, são constituídas de campos elétricos e campos magnéticos que variam no tempo e no espaço, sendo o espectro eletromagnético o intervalo completo destas ondas. O espectro eletromagnético contém, dentre outras, as ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X, e os raios gama. Estas ondas são classificadas no espectro eletromagnético por meio do seu comprimento de onda ou, de maneira equivalente, por sua frequência. Em 1905, Einstein sugeriu que a luz era formada por pequenos pacotes de energia, os fótons. A energia de um fóton é dada por $E = hf$, em que h é a constante de Plank e f é a frequência da luz. A frequência (f) e o comprimento de onda (λ) estão relacionados, $\lambda f = c$, em que c é a velocidade de propagação da luz no vácuo. A frequência corresponde ao número de oscilações da onda por um certo período de tempo e o comprimento de onda corresponde a distância entre duas cristas e dois vales consecutivos da onda.

A radiação ultravioleta (radiação UV) foi descoberta pelo físico e químico Johann Ritter em 1801, e no contexto da fotobiologia é considerada uma radiação não – ionizante, pois não é capaz de arrancar elétrons dos principais elementos constituintes do tecido biológico (hidrogênio, oxigênio, carbono e nitrogênio), além

de penetrar muito pouco no corpo humano. Por outro lado, os raios ultravioletas (raios UV) são capazes de causar danos em tecidos biológicos por meio do rompimento de pontes de hidrogênio presentes no DNA das células constituintes de tais tecidos.

A radiação UV é usualmente classificada em três categorias (UVA, UVB e UVC) de acordo com os intervalos dos comprimentos de onda. A radiação UVA apresenta comprimento de onda na faixa de 340 a 400 nm, é conhecida popularmente como luz negra. A radiação UVB de comprimento de onda de 280 a 340 nm é conhecida como luz eritematogênica (luz capaz de causar queimaduras na pele) e a radiação UVC de comprimento de onda de 100 a 280 nm é conhecida como radiação germicida.

A principal fonte natural de radiação ultravioleta é o Sol, e sua incidência representa menos que 9% da energia solar do espectro eletromagnético. Destes quase 9% de radiação solar, 0,56% correspondendo ao UVA, 1,36% ao UVB e 6,8% ao UVC.

À medida que a radiação ultravioleta penetra na atmosfera ocorre a sua atenuação e seus valores de incidência sobre a superfície terrestre caem a aproximadamente 4 % da incidência inicial proveniente da radiação solar. Destes 4% de incidência, 96% corresponde ao UVA e 4% ao UVB, já a radiação UVC é completamente, absorvida pela camada de ozônio na estratosfera.

A radiação ultravioleta também pode ser produzida por fontes artificiais como os arcos de solda, aparelhos de irradiação de embalagens e lâmpadas de cabines de bronzeamento. Estas fontes podem apresentar medidas superiores de radiação ultravioleta comparadas a incidência solar.

No caso da lâmpada fluorescente para uso doméstico existe uma preocupação dos usuários se ela poderia induzir câncer em pessoas expostas à sua luz. De fato, a radiação ultravioleta é produzida na lâmpada fluorescente doméstica à medida em que se fornece uma diferença de potencial em seus eletrodos por meio da excitação do vapor de mercúrio no seu interior. Quando átomos excitados por meio de processos de colisão dentro da lâmpada retornam a estados de energia mais baixos, fótons são emitidos. A lâmpada doméstica produz, sim, luz ultravioleta, mas este tipo de lâmpada possui uma cobertura de fósforo no revestimento do vidro que absorve a maioria significativa dos fótons da radiação ultravioleta e libera luz

visível por meio do processo de fluorescência. Portanto, este tipo de lâmpada não apresenta risco cancerígeno ao organismo humano via ondas UV.

A radiação ultravioleta é medida por meio de um índice que apresenta o valor da intensidade desta radiação, relevante para efeitos de eritema (queimadura) sobre a pele humana. O índice ultravioleta (IUV) é dado por energia depositada por unidade de área por unidade de tempo.

O índice ultravioleta (IUV) representa o valor máximo da radiação ultravioleta para uma determinada localidade e é apresentado para uma condição de céu claro, com ausência de nuvens, que representa a intensidade máxima de radiação. Ele é apresentado como um número inteiro conforme orientação da Organização Mundial da Saúde e organizado em categorias de intensidade.

Esta categorização do índice ultravioleta está diretamente ligada aos fatores meteorológicos e atmosféricos que interferem na sua intensidade que podem minimizar ou aumentar a sua incidência. Dentre estes fatores cita-se a influência da altitude, efeito albedo (reflexão da luz pelos diferentes tipos de superfície), tipos de nuvens, quantidade de ozônio e de clorofluorcarbonos (CFCs).

O aumento da altitude está diretamente ligado ao aumento da radiação ultravioleta, de forma que quanto maior ela for, menor será o caminho que será percorrido por esta radiação na atmosfera propiciando desta forma uma maior incidência nos locais com altitudes superiores ao nível do mar.

O efeito albedo corresponde a reflexão da radiação ultravioleta na superfície terrestre. Cada superfície possui um percentual de reflexão que pode aumentar o índice de incidência desta radiação. Um exemplo tipo deste efeito é quando você está sob o guarda sol em uma praia. Mesmo sob esta proteção você será atingido pela radiação ultravioleta, uma vez que a areia da praia reflete de 25% a 30 % da radiação incidente.

As nuvens possuem um papel fundamental na incidência da radiação ultravioleta, elas espalham a radiação ultravioleta. Embora haja situações em que a radiação que chega ao solo é amplificada por reflexão de nuvens com grande desenvolvimento vertical (Silva Apud Sabburg & Parisi, 2006).

Outro fator de relevância que interfere diretamente na incidência da radiação ultravioleta é o gás ozônio. Ele é formado por meio da interação da radiação ultravioleta com as moléculas de oxigênio. O átomo de oxigênio liberado na reação com a radiação ultravioleta é liberado e se une a uma molécula de oxigênio e produz

a molécula de ozônio composta por 3 átomos de oxigênio. O ozônio é encontrado na troposfera, estratosfera e mesosfera, mas o maior percentual de ozônio (~90%) é encontrado entre 25 a 30 km de altitude e, essa faixa é conhecida como **camada de ozônio**. O ozônio tem um papel relevante para a superfície terrestre, pois absorve boa parte da radiação ultravioleta do tipo B (RUVB) que causa queimaduras na pele e pode causar câncer de pele devido a incidência prolongada dos raios solares. Porém sua atuação pode ser prejudicada devido a emissão dos clorofluorcarbonos (CFCs), que são substâncias sintetizadas artificialmente e são formadas por carbono, cloro e flúor. Estas substâncias passam ilesas pela troposfera e chegam à estratosfera. Ao chegarem na estratosfera, a radiação ultravioleta remove o átomo de cloro da molécula de CFC. O radical do cloro quebra a ligação da molécula de ozônio formando o monóxido de cloro e oxigênio. A molécula de oxigênio é liberada na atmosfera e um átomo de oxigênio presente na atmosfera quebra a ligação do monóxido de cloro. O oxigênio liberado nesta quebra do monóxido de cloro se agrupa a um outro oxigênio presente na atmosfera, formando uma molécula de oxigênio. O cloro desta reação reinicia o ciclo destruindo mais moléculas de ozônio. Um único átomo de cloro proveniente da quebra do clorofluorcarbono pela radiação ultravioleta é capaz de destruir várias moléculas de ozônio.

Diante da proposta interdisciplinar abordam-se também os efeitos biológicos causados pela radiação UV levando em consideração suas interações com os tecidos biológicos. Nos próximos parágrafos abordaremos conceitos fundamentais para o entendimento dos efeitos biológicos dos raios UV.

Antes de mais nada, cumpre ressaltar que tumores são caracterizados pelo crescimento irregular de células e os tumores podem ainda, ser classificados como sendo benignos ou malignos (cânceres). O tumor benigno corresponde a uma massa localizada de células que, em geral, se multiplicam vagarosamente e se assemelham ao seu tecido original, raramente constituindo um risco de vida. Essas células não invadem tecidos vizinhos e não provocam metástase. O tumor maligno é qualquer crescimento que resulta na invasão e destruição de tecido saudável por células anormais. Células cancerosas surgem de células normais cujas propriedades foram alteradas por sucessivas mutações genéticas provocadas por agressões repetidas de agentes químicos ou por radiações.

As células que constituem os animais são formadas por três partes: a membrana celular, que é a parte mais externa; o citoplasma (o corpo da célula); e o

núcleo, que contêm os cromossomos, que por sua vez, são compostos de genes. Os genes são arquivos que guardam e fornecem instruções para a organização das estruturas, formas e atividades das células no organismo. Boa parte da informação genética encontra-se inscrita nos genes, numa "memória química" - o ácido desoxirribonucleico (DNA). É por meio do DNA que os cromossomos passam as informações para o funcionamento da célula.

Uma célula normal pode sofrer alterações no seu DNA, é o que chamamos mutação genética. Sabe-se, atualmente, que danos sucessivos no DNA de uma célula podem levar ao surgimento do câncer.

Os raios UVB e UVA são parcialmente barrados pela pele. Os raios UVA mesmo possuindo energia menor que as dos raios UVB, penetram profundamente na pele. Este fato se explica devido a interação dos fótons da radiação UVA passarem ilesos pela epiderme e interagirem na parte inferior da derme. Um fóton é um pacote de energia e, em cada processo de interação, ou ele entrega toda a sua energia, ou passa sem interagir com o meio. Fótons mais energéticos têm maior probabilidade de serem absorvidos ao interagirem com a matéria. Quanto menor for a energia de um fóton, menores serão as suas chances de “entregar” sua energia dentro da matéria. Por exemplo, para arrancar um elétron no estado fundamental de um átomo de hidrogênio precisamos de uma energia de 13,6 eV. Caso um fóton com energia menor que esse valor esteja passando por uma região composta por átomos de hidrogênio no estado fundamental ele não será capaz de arrancar nenhum elétron de nenhum átomo. Dizemos então que o meio é transparente para aquele fóton, pois ele passa pelo mesmo sem interagir. Imagine agora que um fóton tenha energia maior que 13,6 eV. Ele pode ceder toda a sua energia para ionizar o átomo e a energia restante pode ser convertida em energia cinética do elétron arrancado.

Os raios UVB e UVA podem provocar efeitos graves na pele, pois produzem radicais livres ¹ que modificam e dizimam as proteínas e membranas da pele. Estes raios ultravioletas podem agredir diretamente o DNA das células e provocar alterações no mesmo propiciando, assim, a formação do câncer de pele.

¹ Radicais livres: átomo ou molécula altamente reativo, que contém número ímpar de elétrons em sua última camada eletrônica. É este não emparelhamento de elétrons da última camada que confere alta reatividade a esses átomos ou moléculas. A.L.A Ferreira, L.S. Matsubara, Revista da Associação Médica Brasileira. Vol.43 n.1 São Paulo Jan./Mar. 1997

Os tipos de câncer provenientes da interação da radiação ultravioleta com o tecido epitelial são classificados em carcinomas e melanomas. O carcinoma é o tumor maligno derivado do tecido epitelial e pode ser classificado em carcinoma espinocelular, carcinoma de células basais. O carcinoma espinocelular é um tipo de câncer que se desenvolve em áreas cronicamente expostas ao Sol, com baixo potencial metastático, seu desenvolvimento depende da dose cumulativa da radiação ultravioleta incidente através de anos. O carcinoma de basais é um tipo de câncer de pele que origina -se de células basais (células redondas encontradas na parte inferior (ou base) da epiderme, a camada externa da pele). O melanoma é um tipo de câncer de pele que surge em melanócitos (células que produzem pigmentação) é o câncer cutâneo de pior prognóstico, que pode evoluir com metástase e óbito.

Um dos mecanismos utilizados para proteção da pele dos raios UV são os protetores solares. De acordo com a RDC (Resolução da Diretoria Colegiada) nº 30 de 2012 ANVISA, “protetor solar é qualquer preparação cosmética destinada a entrar em contato com a pele e lábios, com finalidade exclusiva ou principal de protegê-la contra a radiação UVB e UVA, absorvendo, dispersando ou refletindo a radiação” (BRASIL, 2012). O protetor solar pode ser composto de filtros orgânicos e inorgânicos, e sua eficácia está vinculada a sua composição, formas de aplicação e de reaplicação. Cada fator está relacionado com o tempo de exposição aos raios solares conforme o fototipo de pele.

O FPS é definido como a razão entre a energia mínima exigida da radiação ultravioleta para gerar eritema mínimo na pele protegida pelo filtro protetor e a quantidade de energia exigida para produzir o mesmo efeito protetor na pele sem filtro solar. O uso dos protetores solares não habilita as pessoas, independente do seu tipo de pele a ficarem diretamente expostas à radiação solar por longos períodos. É importante salientar que sua aplicação deve ser feita alguns minutos antes de se expor a radiação solar e sua reaplicação deverá ser feita de 2 em 2 horas. Caso esteja nas águas do mar ou de piscinas, a reaplicação deverá ser feita logo após a saída.

Uma das questões polêmicas relacionada ao uso excessivo dos protetores solares diz respeito à produção de vitaminas no organismo. A radiação ultravioleta estimula a produção da vitamina D₃ (colecalciferol), envolvida no metabolismo ósseo e no funcionamento do sistema imunológico, e é utilizada no tratamento de doenças

de pele como psoríase e vitiligo. O uso excessivo dos protetores solares pode dificultar a produção de tais vitaminas.

A tabela abaixo refere-se à sequência de slides para serem utilizados na aula expositiva a seguir:

Tabela 13: Sequência de slides

(continua)

Transparência	Assuntos abordados
1	Apresentação dos autores.
2	Espectro eletromagnético.
3	Comprimento de onda.
4	Frequência , energia e fóton.
5	Descoberta da radiação ultravioleta.
6 e 7	Fontes de radiação ultravioleta.
8,9 e 10	Índice ultravioleta.
11	Influência da altitude na radiação ultravioleta.
12	Reflexão da radiação ultravioleta na superfície terrestre.
13	Classificação dos níveis ultravioleta.
14	Previsão do índice ultravioleta.
15	Vídeo sobre o índice ultravioleta.
16	Molécula de ozônio.
17	Perfil do ozônio atmosférico.
18	Molécula de Clorofluorcarbono (CFC).
19	Interação do ozônio com o CFC.
20	Vídeo referente a camada de ozônio.
21 e 22	Tipos de tumores.
23 e 24	Origem dos tumores.
25	Tipos de câncer de pele.
26	Radiação ultravioleta e a pele.

(conclusão)

Transparência	Assuntos abordados
27	Vídeo referente a interação da radiação ultravioleta e a pele.
28 e 29	Protetor solar e fator de proteção solar.
30	Tempo e exposição aos raios solares.
31,32 e 33	Bibliografia.
34	Agradecimento.

Esta tabela refere-se à sequência de vídeos com seus correspondentes links para serem utilizados na aula expositiva a seguir.

Tabela 14: links de acesso aos vídeos

Vídeos	Descrição	Link de acesso
Buraco na camada de ozônio	Este vídeo aborda a região da atmosfera que possui a maior concentração de moléculas de ozônio e a ação dos clorofluorcarbonos na destruição da camada de ozônio.	https://www.youtube.com/watch?v=GNlu9fwW_Go
Explicando o tempo-índice UV	Este vídeo trata de informações acerca da radiação ultravioleta, suas características e os meios de proteção solar. Explica de forma objetiva o índice uv e sua classificação, conforme os níveis de intensidade da radiação.	https://www.youtube.com/watch?v=dklwUIKJ2Ik&index=4&list=PLdZ0lweL197Cl81dw2XCEG4RK4VtINZCo
Viagem ao centro da pele.	Este vídeo refere-se aos efeitos causados pelos raios UVA e UVB na pele humana sem proteção. Ele cita as alterações causadas pelos radicais livres que podem ser irreversíveis a célula humana.	https://www.youtube.com/watch?v=RjovWOyvvvY



UFOP

Universidade Federal
de Ouro Preto

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
35400-000 OURO PRETO
MORRO DO CRUZEIRO-CAMPOS UNIVERSITÁRIO



MESTRADO PROFISSIONAL
EM ENSINO DE CIÊNCIAS

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA: INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO POR MEIO DE EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO UV

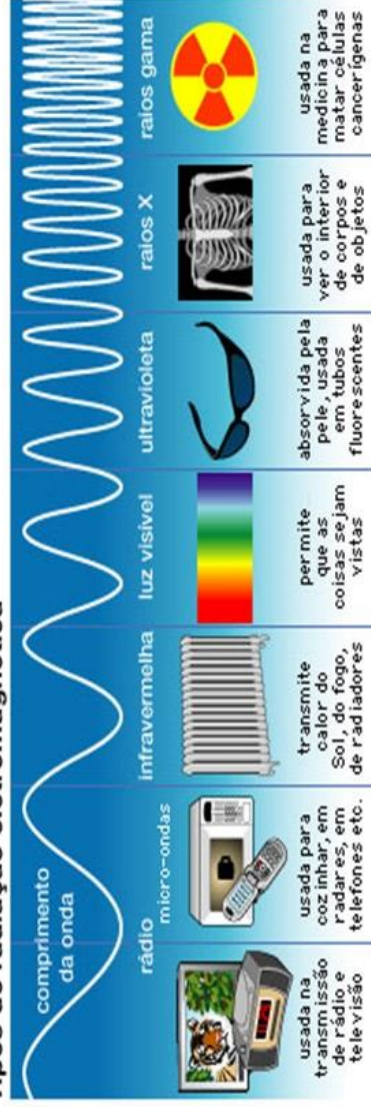
Wellington Clayton Silva
Maria Eugênia Silva Nunes

Ouro Preto, MG
2017

Espectro eletromagnético

O espectro eletromagnético é o intervalo completo da radiação eletromagnética que contém as ondas de rádio, as micro-ondas, o infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X, e raios gama.

Tipos de radiação eletromagnética



© 2010 Encyclopædia Britannica, Inc.

Comprimento de onda

Comprimento de onda é a distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos.

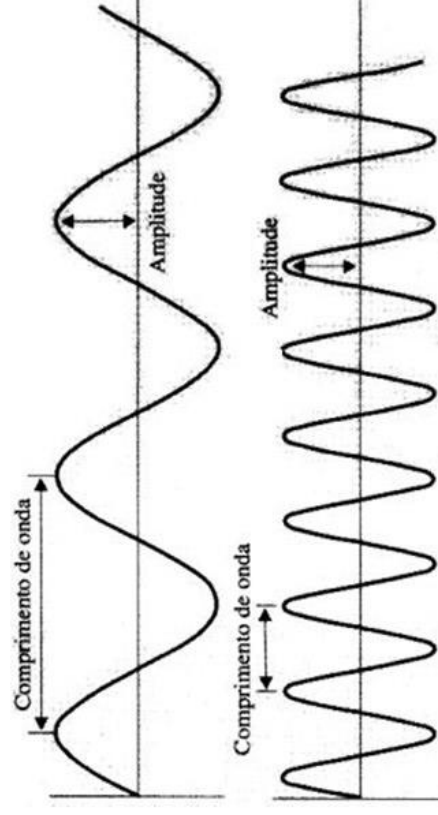


Imagem obtida no site: http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/imagens/md_ef_cj/2009-03-10_22/image016.jpg

FREQÜÊNCIA, ENERGIA E FÓTON

Frequência: número de oscilações da onda por um certo período de tempo.

Energia: é uma magnitude Física que se apresenta sob diversas formas, está envolvida em todos os processos de mudanças de estado, se transforma e se transmite, depende do sistema de referência e, fixado este, se conserva. D'Alessandro (1994, p.370).

Fóton: energia luminosa quantizada em pequenas porções.

$$E = h.f = \frac{hc}{\lambda}$$

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Descoberta em 1801 por J. W. Ritter, a radiação ultravioleta (UV) é uma radiação eletromagnética que pode ser classificada em três categorias:

Denominação	Intervalo de λ (nm)	% da emissão solar	Denominação popular
UVA	320-400	0,56	Luz negra
UVB	280-320	1,36	luz eritematogênica
UVC	100-280	6,8	Radiação germicida

Tabela 1: Faixas de radiação ultravioleta com limiar de 320 nm para a UVA e UVB

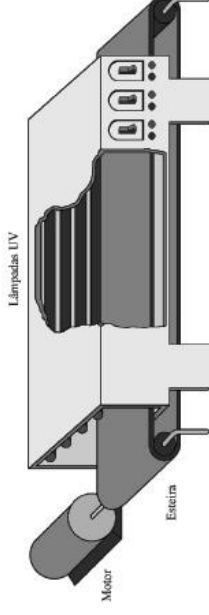
FONTES DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA



<https://www.google.com.br/search?q=fontes+de+radia%C3%A7%C3%A3o+ultravioleta/imagens>



Fonte: <http://www.sitedasoidagem.com.br>



Aparelho desenvolvido para a irradiação das embalagens.

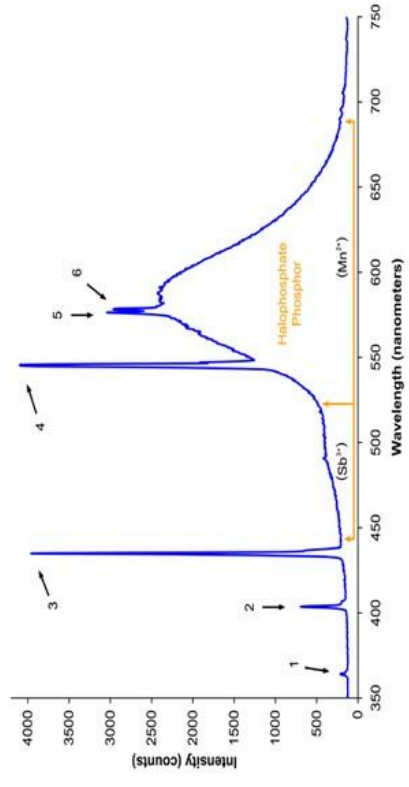
Fonte: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542008000500025



Fonte: www.dermatologia.net

FONTES DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Espectro de emissão de uma lâmpada fluorescente típica



http://en.wikipedia.org/wiki/File:Spectrum_of_halophosphate_type_fluorescent_bulb_%2830112_wv_rs%29.png

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA- ÍNDICE UV

$$IUV = \frac{\text{Energia}}{\text{área} \cdot \text{tempo}} \quad \left[\frac{J}{m^2 \cdot s} \right]$$



RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA- ÍNDICE UV

O Índice Ultravioleta (IUV) é uma medida da intensidade da radiação UV, relevante para efeitos sobre a pele humana.

O IUV representa o valor máximo diário da radiação ultravioleta.

O IUV é sempre apresentado para uma condição de céu claro. Isto é, para ausência de nuvens que, na maioria dos casos, representa a máxima intensidade de radiação.



RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA- ÍNDICE UV

O IUV é apresentado como um número inteiro. De acordo com recomendações da Organização Mundial da Saúde, esses valores são agrupados em categorias de intensidades, conforme mostra a Tabela.

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

Cada unidade de IUV corresponde a $25 \times 10^{-3} \frac{J}{m^2 s}$

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Influência da altitude

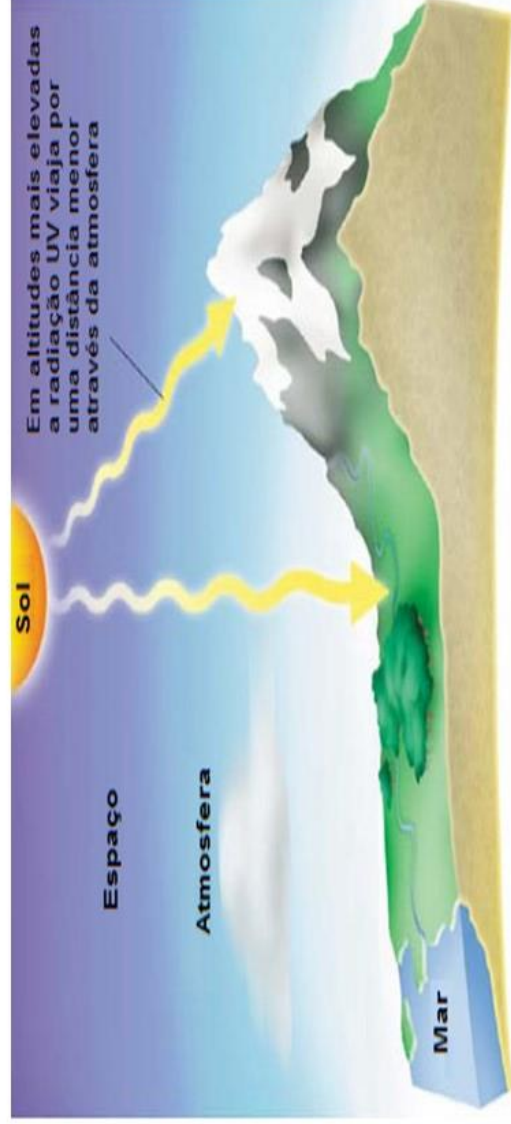


Figura 1: Influência da altitude em relação ao nível de radiação UV (ANDRADE, 2007)

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Reflexão da radiação UV na superfície terrestre

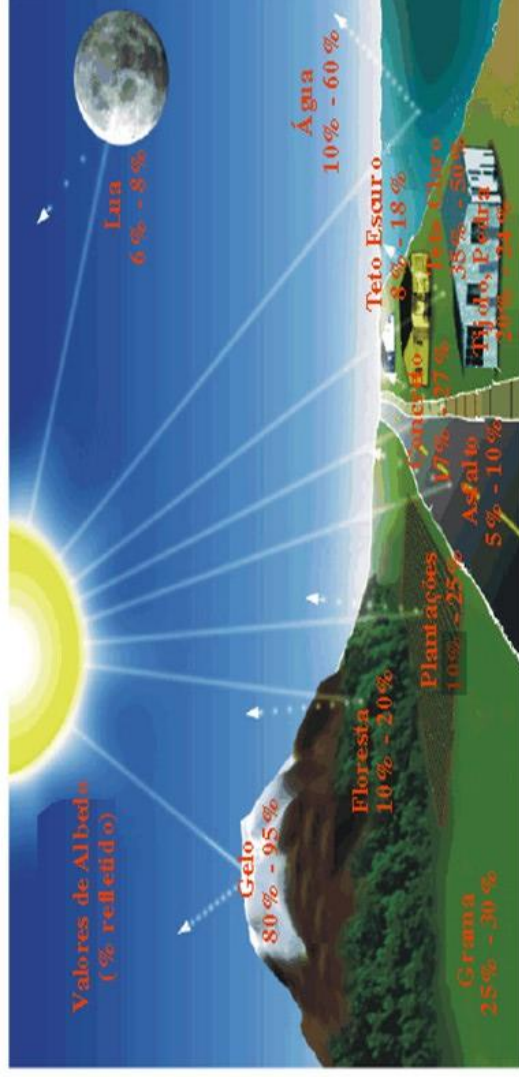


Figura 2: Valores de albedo (adaptado de lexique de Géologie)

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA-CLASSIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE UV







ÍNDICE UV	FAIXA	ALERTA	RECOMENDAÇÃO
1 e 2	baixo	verde	nenhuma
3 a 5	moderado	amarelo	
6 e 7	alto	laranja	
8 a 10	muito alto	vermelho	 
11+	extremo	púrpura	 

Tabela 2: classificação dos níveis de UV. Fonte: PUC MINAS, LLUV - Laboratório de Luz Ultravioleta

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Previsão do índice UV - Maio de 2017

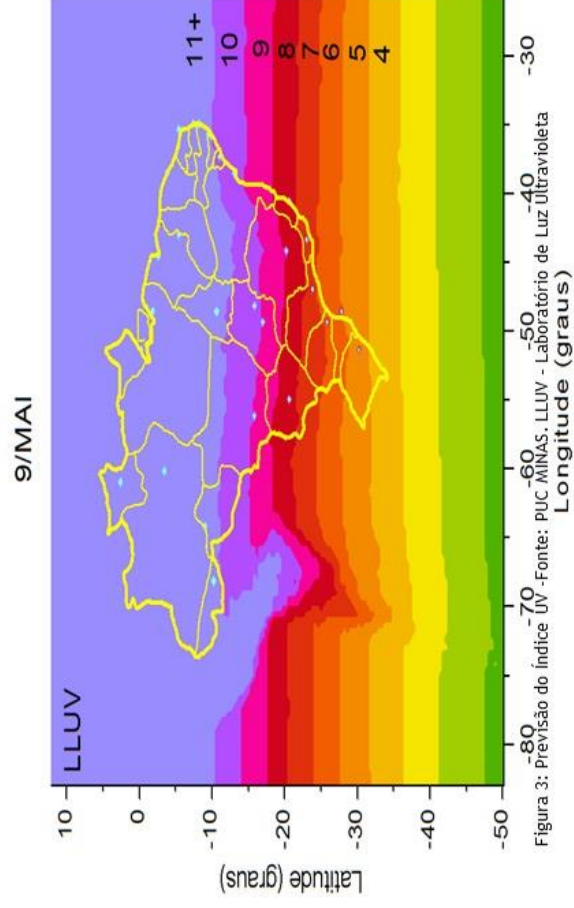


Figura 3: Previsão do índice UV - Fonte: PUC MINAS. LLUV - Laboratório de Luz Ultravioleta





MOLÉCULA DE OZÔNIO

As moléculas de ozônio são formadas quando a radiação ultravioleta, de origem solar, interage com as moléculas de oxigênio. O átomo de oxigênio liberado por essa reação une-se a uma molécula de oxigênio (O_2), formando assim uma molécula de ozônio (O_3).

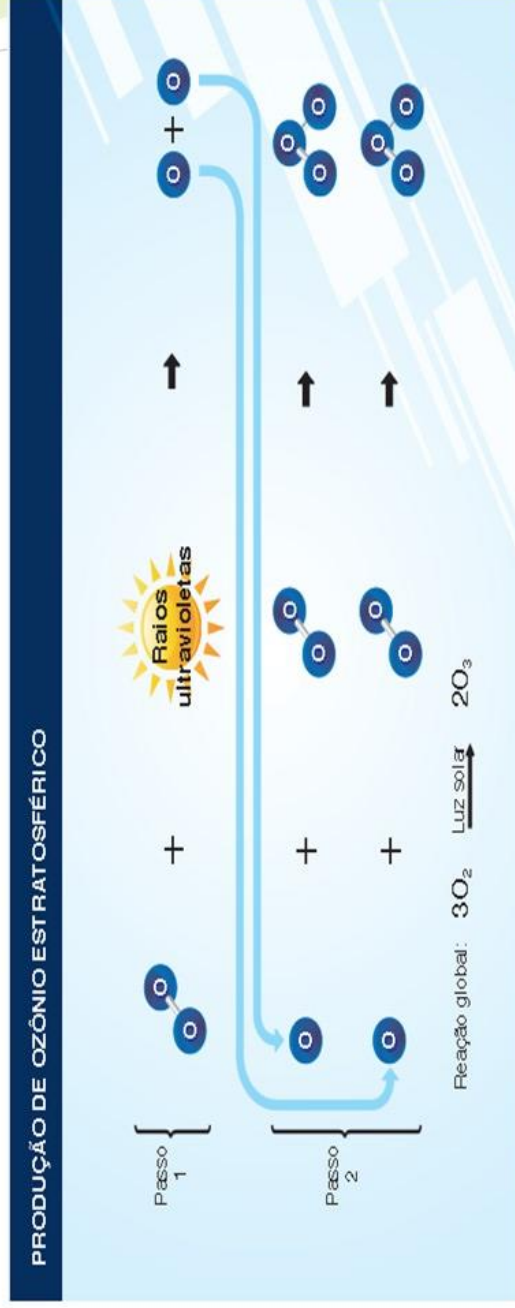


Figura 4: Produção de ozônio estratosférico.
Fonte: Ministério do Meio Ambiente. Ações brasileiras para a proteção da camada de ozônio / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2014.

OZÔNIO

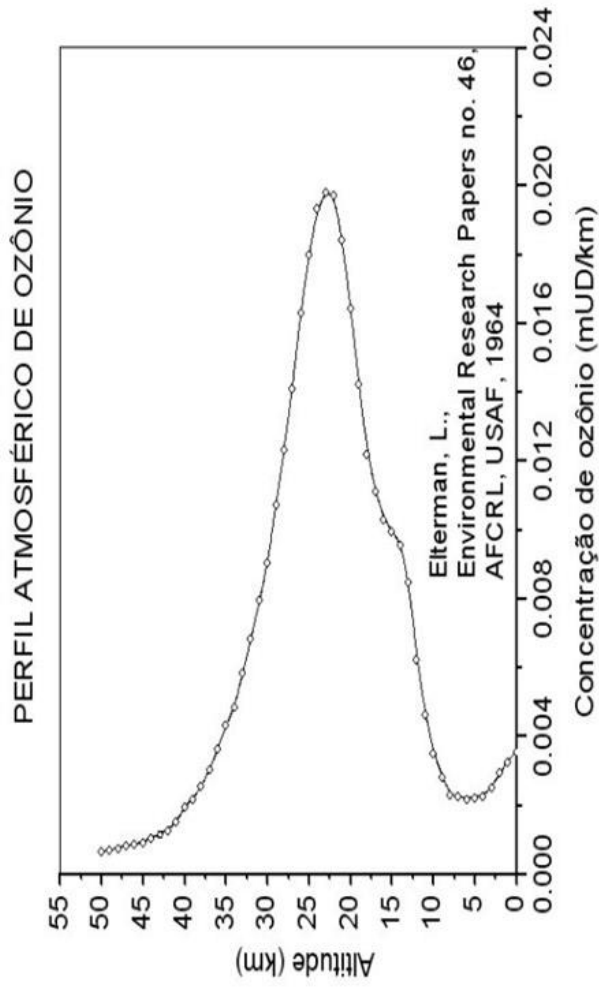


Figura 5: concentração de ozônio em função da altitude. Fonte: PUC MINAS. LLUVY - Laboratório de Luz Ultravioleta

MOLÉCULA DE CFC

Substâncias químicas sintetizadas em laboratórios formadas por carbono, cloro e flúor, responsáveis pela depleção da camada de ozônio, alterando a quantidade de O₃ presente na Troposfera.

CFC-11	Agente de expansão de espuma de poliuretano
	Propelente em aerossóis e medicamentos
CFC-12	Agente de expansão na fabricação de espuma de poliuretano
	Propelente em aerossóis e medicamentos
	Fluido na refrigeração comercial, doméstica e industrial
	Em mistura com óxido de etileno como esterilizante
CFC-13	Solvente para limpeza de elementos de precisão eletrônica
CFC-14	Propelente em aerossóis e medicamentos
CCF-15	Refrigeração comercial

Tabela 3: Aplicações dos CFCs - Fonte MMA/IBAMA

INTERAÇÃO OZÔNIO-CFC

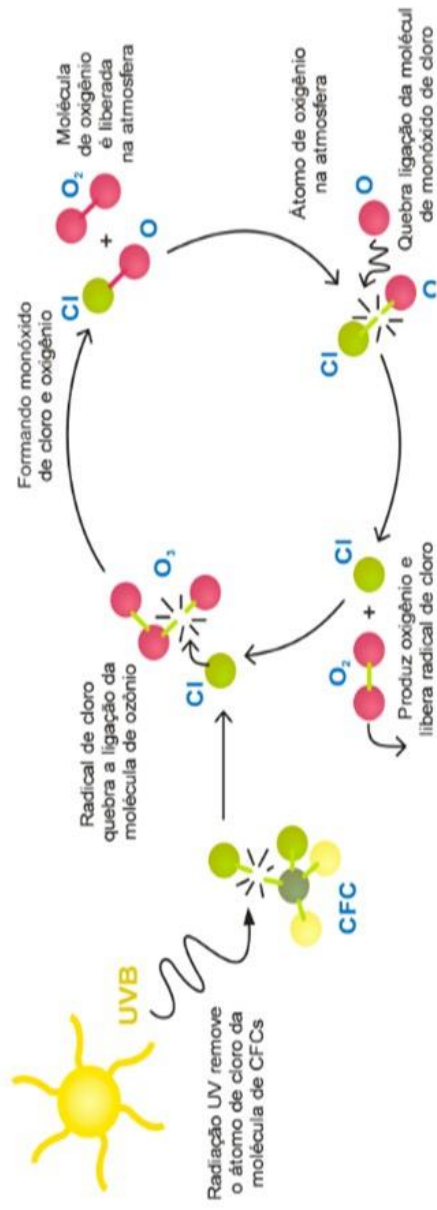


Figura 6: Destruição da camada de ozônio
Fonte: <http://www.mma.gov.br/clima/protacao-da-camada-de-ozonio>.



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

TIPOS DE TUMORES

- ▶ **Tumor benigno:** É uma massa localizada de células que se multiplicam vagarosamente e se assemelham ao seu tecido original, raramente constituindo um risco de vida. Essas células não invadem tecidos vizinhos e não provocam metástases.



TIPOS DE TUMORES

- ▶ **Tumor maligno** - qualquer crescimento que resulta na invasão e destruição de tecido saudável por células anormais. Células cancerosas surgem de células normais cujas propriedades foram alteradas por sucessivas mutações genéticas provocadas por agressões repetidas de agentes químicos, radiações, etc.

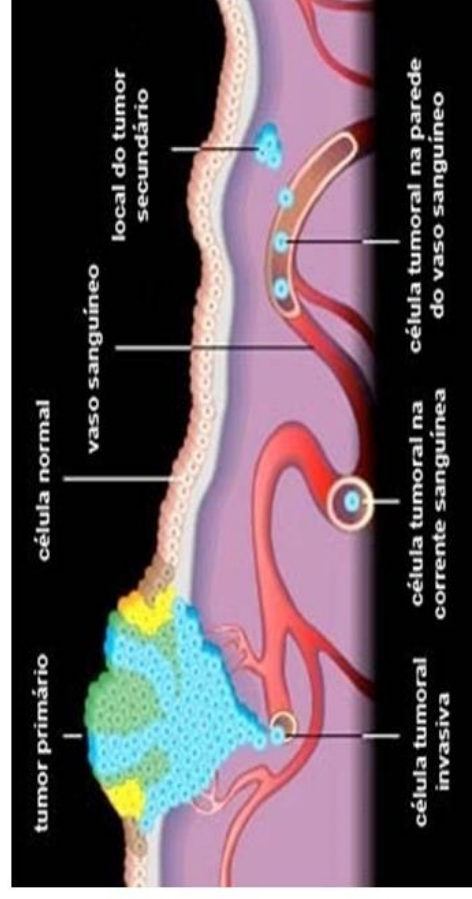


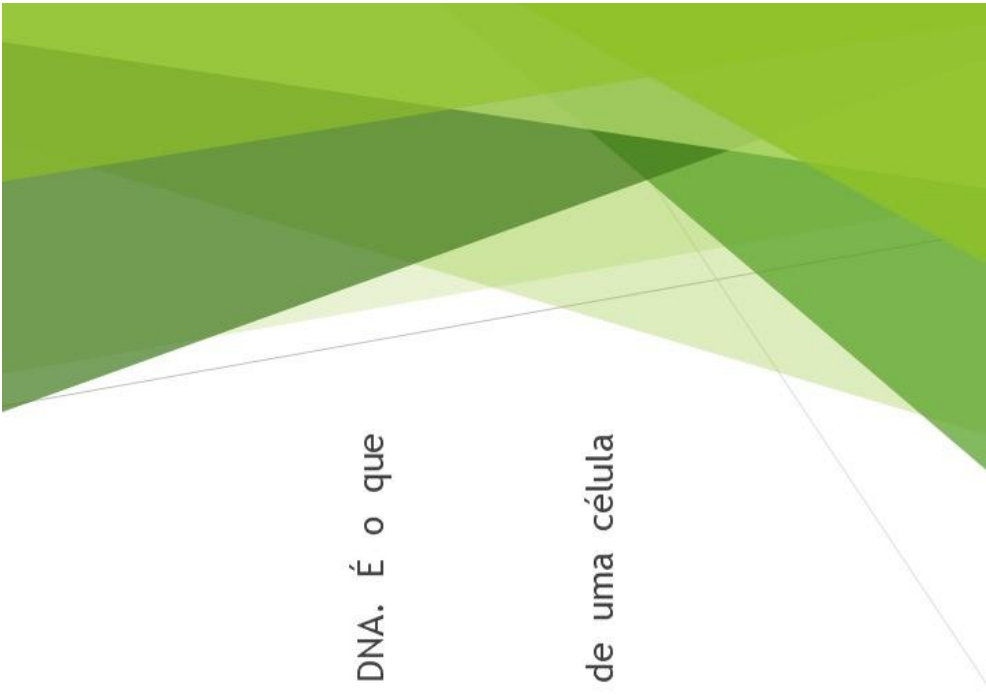
Figura 7 - Fonte: INCA Instituto Nacional de Câncer

ORIGEM DOS TUMORES

- ▶ As células que constituem os animais são formadas por três partes: a membrana celular, que é a parte mais externa; o citoplasma (o corpo da célula); e o núcleo, que contém os cromossomos, que, por sua vez, são compostos de genes.
- ▶ Os genes são arquivos que guardam e fornecem instruções para a organização das estruturas, formas e atividades das células no organismo.
- ▶ Toda a informação genética encontra-se inscrita nos genes, numa "memória química" - o ácido desoxirribonucleico (DNA). É através do DNA que os cromossomos passam as informações para o funcionamento da célula.

ORIGEM DOS TUMORES

- ▶ Uma célula normal pode sofrer alterações no seu DNA. É o que chamamos mutação genética.
- ▶ Sabe-se, atualmente, que danos sucessivos no DNA de uma célula podem levar ao surgimento do câncer.



TIPOS DE CÂNCER DE PELE

- ▶ **Carcinoma:** Tumor maligno derivado de tecido epitelial.
- ▶ **Carcinoma espinocelular:** Tipo de câncer que se desenvolve em áreas cronicamente expostas ao Sol, com baixo potencial metastático. Seu desenvolvimento depende da dose cumulativa da RUV incidente através de anos.
- ▶ **Carcinoma de células basais:** Tipo de câncer de pele que origina-se de células basais (células redondas encontradas na parte inferior (ou base) da epiderme, a camada externa da pele).
- ▶ **Melanoma:** câncer de pele que surge em melanócitos (células que produzem pigmentação). É o câncer cutâneo de pior prognóstico, que pode evoluir com metástase e óbito.

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA E A PELE

- ▶ **Efeitos benéficos**
- ▶ A radiação ultravioleta estimula a produção da vitamina D₃(colecalciferol), envolvida no metabolismo ósseo e no funcionamento do sistema imunológico, e é utilizada no tratamento de doenças de pele como psoríase e vitiligo.





LA ROCHE-POSAY
LABORATOIRE PHARMACEUTIQUE

PROTETOR SOLAR E FATOR DE PROTEÇÃO SOLAR

- ▶ De acordo com a RDC (Resolução da Diretoria Colegiada) n° 30 de 2012 ANVISA, “protetor solar é qualquer preparação cosmética destinada a entrar em contato com a pele e lábios, com finalidade exclusiva ou principal de protegê-la contra a radiação UVB e UVA, absorvendo, dispersando ou refletindo a radiação” (BRASIL, 2012).
- ▶ O conceito de fator de proteção solar (SPF- sun protection factor) foi introduzido pelo cientista austríaco Franz Greiter e depois adotado pelas agências reguladoras e pelas indústrias de cosméticos e farmacêuticos.

PROTETOR SOLAR E FATOR DE PROTEÇÃO SOLAR

O FPS é definido como a razão entre a quantidade mínima de energia da RUV requerida para produzir eritema mínimo na pele protegida pelo filtro protetor e a quantidade de energia requerida para produzir o mesmo efeito protetor na pele sem filtro.

$$\text{FPS} = \frac{DMEp}{DMEsp}$$

DMEp: Dose mínima eritematosa da pele protegida.

DMEsp: Dose mínima eritematosa da mesma pele sem proteção.

TEMPO DE EXPOSIÇÃO AOS RAIOS SOLARES

SEM PROTEÇÃO	PELE CLARA	PELE MORENA CLARA	PELE MORENA	PELE NEGRA
SP	10 min	15 min	20min	25 min
FPS 3	30 min	45 min	1h	1h 15 min
FPS 5	50 min	1h 15 min	1h 40 min	2h 05 min
FPS 8	1h 20 min	2h	2 40 min	3h 20 min
FPS 15	2h 30 min	3h 45 min	5 h	6h 15 min
FPS 20	3h 20 min	5h	6h 40 min	8h 20 min
FPS 30	5h	7h 30 min	10h	12h 30 min

Tabela 3: Tempo de uso de fotoprotetores de acordo com o fototipo de pele. Fonte: SOUZA (2004) apud CABRAL, PEREIRA, PARTATA(2011).

BIBLIOGRAFIA

- ▶ ANDRADE, Ricardo César de. Estimativa da irradiância solar ultravioleta horária no semi-árido pernambucano. 2007. 81 f. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares.
- ▶ BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Proteção da Camada de Ozônio**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/protecao-da-camada-de-ozonio>>. Acesso em: 03 Ago. 2016.
- ▶ CIRINO, Marcelo Maia; SOUZA, Aguinaldo Robinson de. O discurso de alunos do ensino médio a respeito da "camada de ozônio". **Ciênc. educ.** (Bauru) [online]. 2008, v.14, n.1, p.115-134. ISSN 1516-7313. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132008000100008>>. Acesso em: 03 Ago. 2016.
- ▶ COSTA, Michelle L; SILVA, Roberto Ribeiro da. **Ataque à Pele**. Química Nova na Escola, n. 1, Maio 1995.
- ▶ CRUZ, Vanda Maria Fogaça Rosa da; ACOSTA-AVALOS, Daniel; BARJA, Paulo Roxo. **Estudo da fotoestabilidade de protetores solares por espectroscopia fotoacústica**. Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, São José dos Campos, p.1505-1508, 2005.

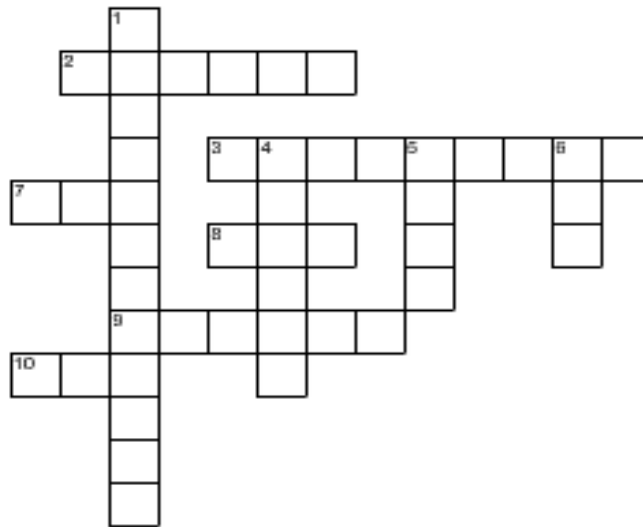
BIBLIOGRAFIA

- ▶ SILVA, Abel A. Medidas de radiação solar ultravioleta em Belo Horizonte e saúde pública. **Rev. Bras. Geof.**[online]. 2008, v. 26, n. 4, p.417-425. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-261X2008000400003>>. Acesso em: 03 Ago. 2016.



Atividade 1: Nesta atividade, propomos uma palavra cruzada que tem como objetivo fazer uma relação das informações propostas no texto desta sequência didática.

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA



Horizontal

2. Fração da radiação incidente que é refletida por uma superfície.
3. É a medida do grau de risco para o efeito de eritema para alguém que se expõe ao Sol.
7. Radiação com comprimento de onda superior a 315 nm, alcança a derme após absorção variável pela melanina epidérmica.
8. Radiação com maior poder carcinogênico. É letal para a epiderme e tem ação germicida.
9. É uma molécula composta por três átomos de oxigênio que blinda a superfície do planeta da alta intensidade da radiação solar.
10. Principal fonte de radiação ultravioleta.

Vertical

1. Radiação eletromagnética que está no limite entre a radiação ionizante e não ionizante.
4. A atenuação da radiação solar é o efeito mais comum produzido por esse agente, porém o espalhamento da radiação solar em certos tipos deste agente pode resultar numa incidência de radiação UV superior.
5. substâncias químicas sintetizadas em laboratório que tem sido responsável pela depleção da camada de ozônio.
6. Conhecida como luz eritematogênica, altera o sistema imune e é o principal indutor do câncer cutâneo.

SITUAÇÃO PROBLEMA

Esta atividade em forma de situação problema tem como objetivo fazer uma análise da relação entre a radiação ultravioleta solar, o protetor solar e a icterícia.

Uma família de europeus escolheu as praias do Nordeste para uma temporada de férias. Fazem parte da família um garoto de 4 anos de idade, que se recupera de icterícia, e um bebê de 1 ano de idade, ambos loiros de olhos azuis. Os pais concordam que os meninos devem usar chapéu durante os passeios na praia. Entretanto, divergem quanto ao uso do filtro solar. Na opinião do pai, o bebê deve usar filtro solar com FPS ≥ 20 e o seu irmão não deve usar filtro algum porque precisa tomar sol para se fortalecer. A mãe opina que os dois meninos devem usar filtro solar com FPS ≥ 20 . Perante a situação apresentada, proponha uma explicação científica que estabeleça uma resposta concreta para o fato, levando em consideração as opiniões dos pais. (Questão do ENEM 2007 Adaptada).

Os pais têm algumas informações sobre a icterícia fornecidas pelo médico da criança:

O que é a icterícia?

É uma alteração causada pelo aumento de bilirrubina no sangue, um pigmento amarelo fabricado naturalmente pelo organismo. Quando as células vermelhas se rompem, em um processo fisiológico, ocorre a liberação dessa substância, que vai direto para o fígado. Em seguida, ela é metabolizada e descartada por meio da urina. Como as funções hepáticas da criança ainda não estão maduras, pode haver uma deficiência nesse mecanismo – a bilirrubina fica, então, concentrada na corrente sanguínea e o tom amarelo toma conta da pele, bem como das conjuntivas (parte branca dos olhos).” Texto extraído da Revista Crescer eletrônica no endereço.

<http://revistacrescer.globo.com/Bebes/Saude/noticia/2016/02/ictericia-como-lidar-com-o-problema.html> (acesso em 3 de maio de 2017)

Mecanismo de ação da fototerapia

O sucesso da fototerapia depende da transformação fotoquímica da bilirrubina nas áreas expostas à luz. Essas reações alteram a estrutura da molécula de bilirrubina e permitem que os fotoprodutos sejam eliminados pelos rins ou pelo fígado sem sofrerem modificações metabólicas. Portanto, o mecanismo e a ação básica da fototerapia é a utilização de energia luminosa na transformação da bilirrubina em produtos mais hidrossolúveis (Bland, 1996). A bilirrubina absorve luz na região de 400 a 500 nm. A luz emitida nessa faixa penetra na epiderme e atinge o tecido subcutâneo. Dessa forma, somente a bilirrubina que está próxima à superfície da pele (até 2 mm) será afetada diretamente (De Carvalho, Lopes & Netto, 1999; De Carvalho, Lins & Lopes, 1992). “ Trecho extraído do livro MOREIRA, MEL., LOPES, JMA and CARALHO, M., orgs. O recém-nascido de alto risco: teoria e prática do cuidar [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2004. 564 p. ISBN 85-7541-054-7. Available from SciELO Books.

Além disso, os pais consultaram a empresa fabricante do filtro solar e foram informados que o filtro que eles tinham comprado era feito com a substância do *p*-metoxicinamato de 2etil-hexila, 5,16 mg L⁻¹ em etanol, que apresenta o seguinte espectro de absorção.

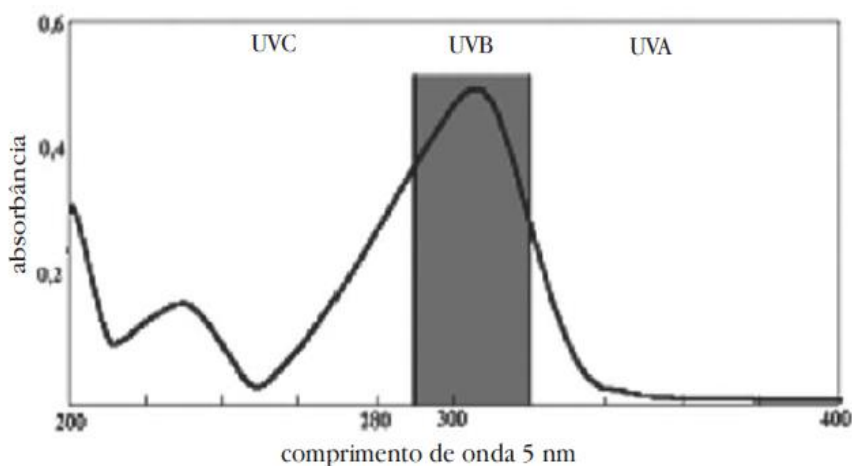


GRÁFICO 1: Espectro de absorção do filtro *p*-metoxicinamato de 2 etil-hexila, 5,16 mg L⁻¹ em etanol

TIPOS DE RADIAÇÃO E SUAS CARACTERÍSTICAS

Texto retirado na íntegra do livro OKUNO, E. e CALDAS.I.L. e CHOW.C., **Física para Ciências Biológicas e biomédicas**. (1982, p. 8,9,10).

Nesta aula com o conhecimento sobre o intervalo de comprimento estabelecido no simulador, identificaremos os tipos de radiações, suas características e seu poder de penetração no tecido epitelial.

As radiações de ambos os tipos, corpusculares e eletromagnéticas, quando possuem energia suficiente, atravessam a matéria, ionizando (removendo elétrons de) átomos e moléculas, e assim modificando seu comportamento químico. Como consequência, podem ocorrer mutações genéticas e modificações nas células vivas. Essa ação destrutiva sobre as células pode ser utilizada no tratamento de tumores. Embora essas radiações produzam efeitos gerais semelhantes nos seres vivos cada uma delas possui características próprias.

A seguir serão examinadas as características individuais de alguns tipos mais comuns de radiações.

Radiação alfa ou partícula alfa (α)

As partículas alfa são núcleos do átomos de hélio, constituído de dois prótons e dois nêutrons. Uma partícula alfa é, pois, muito mais pesada que um elétron e sua trajetória num meio material é retilínea.

Na interação de uma partícula alfa com átomos de ar, a primeira perde, em média 33 eV por ionização. Então, uma partícula alfa com energia cinética inicial de 4,8 MeV, emitida pelo rádio-226, produz cerca de:

$$\frac{4,8 \times 10^6 \text{ eV}}{33 \text{ eV}} \cong 145000 \text{ ionizações antes de parar.}$$

A distância que uma partícula percorre antes de parar é chamada alcance. Num dado meio, partículas alfa de igual energia têm o mesmo alcance. Portanto,

aumentando-se a energia das partículas alfa, aumenta-se o alcance para um dado meio.

Por outro lado, fixando-se a energia da partícula alfa, o alcance diminui, se a densidade do meio aumentar.

O alcance das partículas alfa é muito pequeno, como se pode ver na tabela 1, o que faz que elas sejam facilmente blindadas. Uma folha finíssima de alumínio de $21 \mu\text{m}$ (10^{-3}m) barra completamente um feixe de partículas alfa de 5 MeV (10^6eV).

Tabela 15 – Alcance das partículas α e β no ar, no tecido humano e no alumínio

Energia (MeV)		Alcance (cm)	
Partícula alfa	Ar	Tecido humano	Alumínio
1,0	0,55	$0,33 \times 10^{-2}$	$0,32 \times 10^{-3}$
2,0	1,04	$0,63 \times 10^{-2}$	$0,61 \times 10^{-3}$
3,0	1,67	$1,00 \times 10^{-2}$	$0,98 \times 10^{-3}$
4,0	2,58	$1,55 \times 10^{-2}$	$0,50 \times 10^{-3}$
5,0	3,50	$2,10 \times 10^{-2}$	$2,06 \times 10^{-3}$
Partícula beta	Ar	Tecido humano	Alumínio
0,01	0,23	$0,27 \times 10^{-3}$	_____
0,1	12,0	$1,51 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^{-3}$
0,5	150	0,18	$5,9 \times 10^{-2}$
1,0	420	0,50	0,15
2,0	840	1,00	0,34
3,0	1260	1,50	0,56

Mesmo sem blindagem, a referida partícula alfa não consegue atravessar a pele humana. Entretanto, a ingestão de uma fonte emissora de partículas alfa por uma pessoa poderá causar danos profundos a certas partes do corpo e morte.

As partículas alfa são produzidas principalmente nos decaimentos de elementos pesados como urânio, tório, plutônio e rádio. Usualmente são acompanhadas de radiação beta e gama.

Radiação beta ou partícula beta (β)

Partículas beta são elétrons (e^-) e pósitrons (e^+ , partículas idênticas ao elétron, exceto no sinal de carga), que são muito mais penetrantes que as partículas alfas.

A radiação beta, ao passar por um meio material, também perde energia ionizando os átomos que encontra no caminho. Para blindar as partículas beta, pode-se usar plástico ou alumínio.

Nêutrons (n)

Os nêutrons são partículas sem carga e não produzem ionização diretamente, mas o fazem indiretamente, transferindo energia para outras partículas carregadas que, por sua vez, podem produzir ionização.

Os nêutrons podem percorrer grandes distâncias através da matéria. Eles são blindados por materiais ricos em hidrogênio, como por exemplo, parafina ou água.

As características particulares como carga e massa das radiações corpusculares são apresentadas na tabela 16.

Tabela 16- carga e massa das radiações corpusculares

	Alfa	Elétron	Pósitron	Nêutron	Próton
Carga	+ 2e	-e	+e	0	+e
Massa (kg)	$6,644 \times 10^{-27}$	$9,109 \times 10^{-31}$	$9,109 \times 10^{-31}$	$1,675 \times 10^{-27}$	$1,672 \times 10^{-27}$

Radiação gama ou raios gama (γ)

Os raios gama são ondas eletromagnéticas extremamente penetrantes. Eles interagem com a matéria pelo efeito fotoelétrico, pelo efeito Compton ou pela produção de pares, e nesses efeitos são emitidos elétrons ou pares elétron-pósitron que, por sua vez, ionizam a matéria.

Um fóton de radiação gama pode perder toda energia numa única interação, e a distância que ele percorre antes de interagir não pode ser prevista. Tudo que se pode prever é a distância em que ele tem 50% de chance de interagir.

Essa distância se chama camada semi-redutora. A tabela 17 dá as camadas semi-redutoras no tecido humano e no chumbo para raios X ou raios gamas de algumas energias.

Tabela 17- camada semi-redutora no tecido humano e no chumbo para os raios X ou gama

Energia (MeV)	Camada semi-redutora (cm)		
	Raios X ou gama	Tecido humano	Chumbo
0,01		0,13	$4,5 \times 10^{-4}$
0,05		3,24	$0,8 \times 10^{-2}$
0,1		4,15	$1,1 \times 10^{-2}$
0,5		7,23	0,38
1,0		9,91	0,86
5,0		23,10	1,44

Raios X

Os raios X são também ondas eletromagnéticas, exatamente como os raios gama, diferindo apenas quanto a origem, pois os raios gama se originam dentro do núcleo atômico, enquanto que os raios X têm origem fora do núcleo, na desaceleração dos elétrons. Suas características são, portanto, as mesmas da radiação gama.

Problemas Propostos de 1 a 4 extraídos do livro da OKUNO, E. e CALDAS.I.L. e CHOW.C., Física para Ciências Biológicas e biomédicas. (1982, p. 11).

1: A camada semi-redutora para a radiação gama de 0,1 MeV é de 4,15 cm no tecido humano.

a) Será maior ou menor que 4,15 cm a camada semi-redutora no chumbo para a mesma radiação gama?

b) Será maior ou menor que 4,15 cm a camada semi-redutora no tecido humano para a radiação gama de 5 MeV?

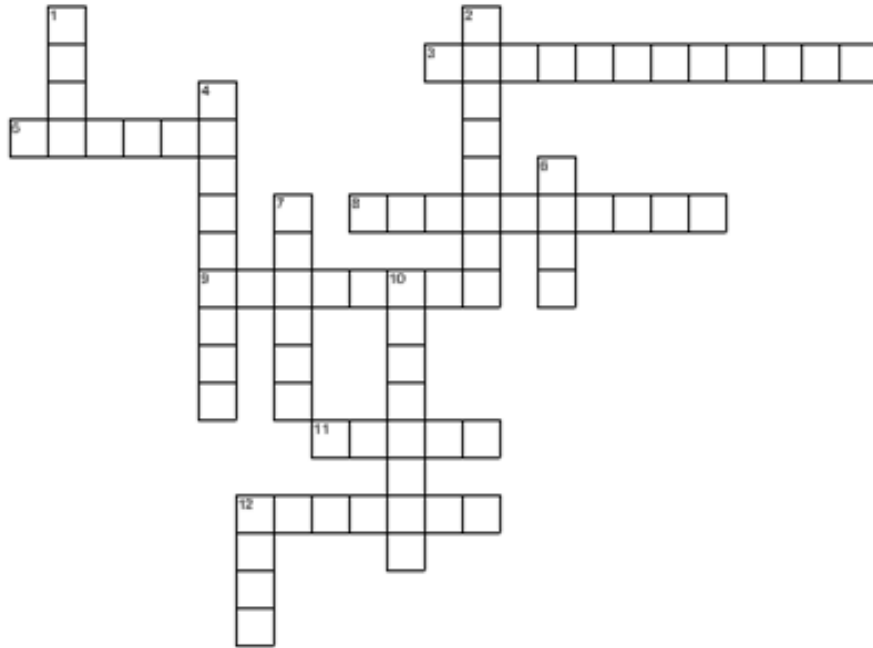
2: Uma lâmpada azul de 100 W emite luz de comprimento de onda de 450 nm. Se 12% da energia surge sob forma de luz, quantos fótons são emitidos por segundo?

3: Seja a componente da luz solar de comprimento de onda de 5000 \AA , com intensidade de 12 W/m^2 . Calcule o número de fótons por segundo que entra na pupila do olho humano de 5 mm de diâmetro.

4: Um cirurgião tenta colar uma retina descolada usando pulsos de raio laser com duração de 20 ms, com uma potência de 0,6 W. Quanta energia e quantos fótons são emitidos em cada pulso se o comprimento de onda do raio laser é de 643nm?

5: Nesta atividade propomos uma cruzadinha que tem como objetivo fazer uma relação das informações propostas no texto desta sequência didática.

TIPOS DE RADIAÇÕES E SUAS CARACTERÍSTICAS



HORIZONTAL

3. Tipo de radiação responsável pelo câncer de pele.
5. São gerados em processos de desaceleração dos elétrons.
8. Tipo de radiações que podem arrancar elétrons que constitui a matéria, transformando-os em íons.
9. Uma folha de 21 μm de espessura desse material é capaz de blindar as partículas de energia igual a 5 MeV. = 5×10^6 eV.
11. Decaimento desse elemento produz partículas alfa, beta e gama.
12. Distância que uma partícula percorre antes de parar.

VERTICAL

1. Essas partículas são compostas por elétrons e pósitrons e são mais penetrantes que as partículas alfas.
2. Material utilizado para blindar partículas beta.
4. Processo de interação da radiação ultravioleta com os átomos do nosso corpo.
6. Radiações que são ondas eletromagnéticas extremamente penetrantes.

7. Nesse material para uma radiação gama de energia igual a 0,5 MeV a camada semi redutora é igual a 0,38 cm.

10. Partículas sem carga que percorrem grandes distâncias através da matéria e são blindados pelo hidrogênio.

12. Partículas constituídas por dois prótons e dois elétrons.

FILTROS SOLARES, BRONZEAMENTO E CÂNCER DE PELE.

Nesta aula faremos uma consolidação das aulas anteriores por meio do artigo “Ataque a Pele” da revista Química e Sociedade, abordaremos a proteção via uso de filtros solares, tempo de exposição aos raios solares e os tipos de câncer de pele.

Abaixo está uma cópia do artigo.

Química e Sociedade

Ataque à Pele²

A ciência e a tecnologia têm sido ao mesmo tempo solução e causa de problemas sociais. A seção “Química e sociedade” apresenta artigos que focalizam aspectos importantes da interface ciência/ sociedade, procurando sempre que possível analisar o potencial e as limitações da ciência na solução de problemas sociais. Este texto inicia a série falando sobre os efeitos da luz solar sobre a pele humana. Paralelamente ao efeito mais visível, o bronzeamento, a exposição excessiva ao sol pode causar eritemas e até mesmo alguns tipos de câncer, efeitos que podem ser minimizados pelo uso de loções que contenham substâncias que atuem como filtros solares.

Palavras-chaves: filtros solares, bronzeamento, radiação ultravioleta.

Uma investigação histórica do banho solar entre os seres humanos traz conclusões bastante curiosas. Mesmo em uma rápida retrospectiva, verifica-se que a pele branca muitas vezes indicou posição de destaque na sociedade. Enquanto trabalhadores, servos e escravos passavam a maior parte do seu tempo ao sol, os aristocratas procuravam a sombra, carregando guarda-sóis, usando chapéus ou viseiras e ficando em lugares cobertos. Para muitos, entretanto, a Revolução Industrial levou embora a busca da palidez. Os trabalhadores, agregados em fábricas, passavam longos períodos em lugares fechados. A industrialização barateou o custo da sombra e aumentou o preço da luz solar.

² Artigo Ataque à Pele de Michele L. Costa e Roberto Ribeiro da Silva, publicado na revista Química Nova na Escola, no. 1 de maio de 1995, utilizado na íntegra com o formato adaptado à esta dissertação.

Quem tinha um bronzeado mostrava que tinha tempo livre e saúde para viajar aos locais onde pudesse tomar muito sol. Esta é uma versão da história. Uma outra é que na alta sociedade europeia, na década de 20, o chique era ter a tez branco-leite. Somente pessoas simples, que trabalhavam nos campos, eram bronzeadas. Então, a estilista Coco Chanel, depois de um cruzeiro pelo Mediterrâneo, apareceu com um bronzeado dourado. Sempre ditando tendências, Chanel fez de sua cor a coqueluche do momento. Foi aí que começou a nova era do bronzeado. Hoje em dia, o sentido do bronzeado está intimamente ligado a tempo de lazer ou a férias. Nessas ocasiões, as pessoas gastam mais tempo preocupando-se com a estética. Tanto na praia como na piscina, as queixas são sempre as mesmas:

- Por que é que todo mundo consegue pegar um bronzeado melhor do que o meu?
- Será que possuem um tipo diferente de pele?
- Será que estão usando um bronzeador com algum tipo de fórmula mágica?
- Por que minha pele quase sempre fica vermelha e descasca?

Acabe com as chateações controlando seu bronzeado. É fácil: basta saber como o sol afeta a pele e como determinadas substâncias atuam numa loção. Vamos começar pelas noções básicas.

O beabá dos raios solares

O sol emite um amplo espectro de radiação eletromagnética, e a maior parte dela é muito nociva para os seres vivos. No entanto, grande parte da radiação nociva – raios cósmicos, raios X, ultravioleta (Tabela 1) – é absorvida pelas camadas superiores da atmosfera, principalmente pela camada de ozônio. Daí a preocupação com a possível destruição da camada de ozônio pela ação das substâncias emitidas pelas turbinas de aviões supersônicos, aviões militares e jatos comerciais e dos aerossóis que expõem clorofluorocarbonetos.

A radiação eletromagnética pode ser descrita como sendo constituída por ondas eletromagnéticas. As diferentes ondas que compõem a radiação solar podem ser diferenciadas através de seus comprimentos de onda. A distância entre dois pontos simétricos e consecutivos de uma onda (ou de dois mínimos) é o que se denomina comprimento de onda (figura 1).

Tipo de radiação	Comprimento de onda / nm
raios cósmicos e raios gama	0,01 a 0,1
raios -X	0,1 a 200
raios ultravioletas	200 a 400
luz visível	400 a 700
luz infravermelha	700 a 50000
microondas	50 000 a 10 000 000
ondas de rádio	10 000 000 a 10×10^{12}

Tabela 1: O espectro eletromagnético. Um nanometro (nm) corresponde a 10^{-9} m.

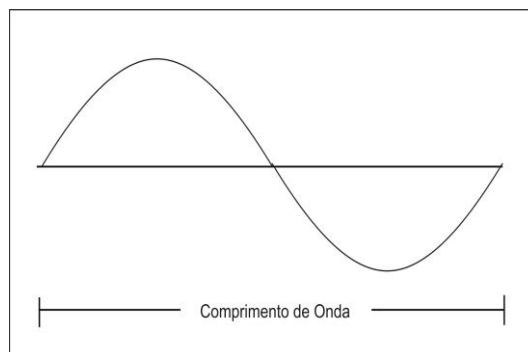


Figura 1: Uma onda e o seu comprimento de onda.

Da parte do espectro eletromagnético que atinge a superfície da Terra (ultravioleta, visível e infravermelho), a faixa que está diretamente envolvida com o bronzeamento da pele é a do ultravioleta, a mais energética das três. Essa faixa possui um comprimento de onda que varia, aproximadamente de 200 a 400 nanômetros. De acordo com suas propriedades físicas e com seus efeitos biológicos, a faixa ultravioleta é normalmente dividida em sub-regiões. UV-C, UVB e UVA.

Os raios UV-C variam de 200 a 290 nm, sendo os de maior energia e menor comprimento de onda. Essa radiação é nociva aos tecidos vivos. Pode matar organismos unicelulares e prejudicar a córnea dos olhos. Felizmente, o UV-C é absorvido pela camada de ozônio da atmosfera. O comprimento de onda dos raios UV-B varia de 290 a 320 nm, e atinge a superfície da Terra em quantidades muito

pequenas. O UVB provoca a vermelhidão associada às queimaduras do sol, sendo também um dos grandes causadores de alguns tipos de câncer de pele.

Os raios UV-A variam de 320 a 400 nm e são a menos energética das três sub-regiões. 'Luzes negras', usadas para iluminar boates, estão incluídas nesse comprimento de onda. Assim como o UV-B, o UV-A é capaz de acionar os mecanismos do bronzeamento, sendo chamado algumas vezes de 'raio bronzeador do sol'.

Embora o UV-B seja o principal responsável pelos efeitos nocivos à pele, alguns especialistas acreditam que o UV-A também contribua na produção de queimaduras.

A profundidade da pele

A pele humana possui diversas camadas de tecido. A camada mais externa é conhecida como epiderme. Na parte superior da epiderme, o estrato córneo, células mortas estão comprimidas de forma compacta em uma camada de aproximadamente 20 células de profundidade. A segunda camada é a derme. Essa camada importante possui o tecido conjuntivo, os capilares, os nervos, as glândulas sudoríparas e os folículos capilares.

Ao longo da membrana que liga a epiderme à derme se encontram dois tipos de células especializadas que são de particular interesse dos banhistas. Uma é a célula basal. As células basais reproduzem células para a epiderme chamadas queratinócitos. Os queratinócitos, ao longo de sua vida, vão se aproximando cada vez mais da superfície externa devido ao surgimento constante de novos queratinócitos, provenientes da camada basal, que empurram os mais antigos. Durante esse trajeto, essas células tornam-se achatadas e alongadas e morrem. As células mortas, que agora formam o estrato córneo, são pressionadas para cima até serem desprendidas por um processo conhecido como descamação. Na pele não bronzeada, os queratinócitos medianos levam de três a quatro semanas para migrar à camada basal da superfície da epiderme.

Injeção de bronzeado

A outra célula especializada produzida ao longo da membrana que une a epiderme à derme é o melanócito.

Essas células, embora em pequena quantidade, têm um importante papel na proteção do corpo. Quando os raios UV-A ou UV-B atingem os melanócitos, eles emitem uma resposta, produzindo um pigmento da pele chamado melanina (um polímero complexo), capaz de absorver radiação ultravioleta. Nascermos com diferentes quantidades desse polímero. Pessoas de compleição clara têm pouca melanina; as de pele morena têm mais e as de pele escura têm muita. A melanina interage com a radiação solar em dois estágios. No primeiro, grânulos pálidos (desoxigenados) de melanina próximos à superfície da pele são transformados, pela luz ultravioleta, em cor escura (oxidada). Isso produz um bronzeado imediato — normalmente no prazo de uma hora — que desaparece dentro de um dia. Um bronzeado mais duradouro é proporcionado pelo segundo estágio. Nesse processo, novas quantidades de melanina são produzidas a partir da tirosina, um aminoácido abundante na proteína da pele. Esse segundo estágio de bronzeamento resiste por vários dias sem a necessidade de exposições posteriores ao sol. Novos banhos de sol não só produzem mais melanina como também aumentam as cadeias de polímero e realçam a cor, contudo, se mesmo depois de terem sido estimuladas pela radiação ultravioleta as células responsáveis pela produção de melanina possuírem uma baixa atividade, então é possível que a pessoa nunca fique bronzeada. Entretanto, o efeito final da radiação ultravioleta é a danificação das proteínas que constituem o tecido elástico e conectivo da pele. Isso produz um irreversível envelhecimento da pele, que se tornará enrugada, dura e macilenta.

Vermelho rubro

Um sinal comum da exposição excessiva é a vermelhidão – ou eritema – associada a queimaduras solares. Em geral, os pesquisadores concordam que essa reação inflamatória, que pode persistir por muitos dias, é um resultado ou da ação direta dos fótons ultravioletas sobre pequenos vasos sanguíneos ou da liberação de compostos tóxicos de células epidérmicas danificadas. As toxinas espalham-se pela derme, danificando os capilares e causando a vermelhidão, o calor, o inchaço e a

dor. Mais sangue circula pelas áreas afetadas pelo UV, auxiliando no processo de recuperação. O grande volume de sangue faz a pele parecer avermelhada.

A circulação de sangue, que aumentou, também dissipa uma grande quantidade de calor do corpo, e este é o motivo pelo qual a área da pele que foi queimada parece quente ao toque. Essa reação normalmente atinge o auge entre 12 e 24 horas.

Autodefesa

A pele possui diversos mecanismos de autoproteção. Sua defesa mais simples é aumentar a distância que a radiação deve percorrer antes de causar danos. A pele acelera a produção de queratinócitos, o que torna a epiderme e o estrato córneo mais espessos. Essa conduta aumenta a taxa da descamação, até diversos dias após a queimadura.

O bronzeado não é uma proteção absoluta contra os danos que os raios UV causam à pele. Sendo uma reação retardada, uma grande quantidade de dano pode ocorrer antes de um bronzeamento protetor se desenvolver. A melanina também não absorve todos os raios UV. Pessoas que têm baixa densidade de melanina, isto é, as de pele mais clara, têm muito pouca proteção natural.

Ao longo dos anos, uma exposição ao UV pode danificar a pele. Pesquisas recentes indicam que mudanças na função do sistema imunológico da pele podem acontecer depois de uma única queimadura. O câncer de pele tem sido associado à exposição ao UV-B. Além disso, o excesso de radiação UV causa envelhecimento precoce – a pele torna-se coriácea e enrugada. Esse dano, que pode começar enquanto você está ainda com seus 20 anos, é cumulativo e irreversível. Felizmente, muitos destes efeitos podem ser evitados. Uma forma de prevenção é ficar fora do sol ou se cobrir. Para a maioria das pessoas, entretanto, um método mais prático é usar protetores solares industrializados.

Sombra engarrafada

Agentes protetores solares (ou filtros solares) ajudam a bloquear a radiação

UV antes que ela cause danos. Para serem eficazes, os protetores devem ser à prova de água, mas mesmo assim eles acabam sendo removidos.

Além disso, deve ser observado que a água doce dissolve os protetores com mais eficácia que a água salgada.

Alguns produtos são opacos e refletem a radiação UV, como as pastas brancas que os salva-vidas costumam usar no rosto. Elas contêm pigmentos brancos refletivos como o dióxido de titânio (TiO₂) e o óxido de zinco (ZnO).

Os agentes de proteção solar mais conhecidos são componentes orgânicos sintéticos que bloqueiam seletivamente a radiação UV mais prejudicial. Suas estruturas químicas usualmente incluem um anel benzênico substituído.

O benzeno puro absorve a radiação UV-C, mas, adicionando-se outros átomos ao anel benzênico, a absorção se estende à região UV-B. Esses compostos benzênicos 'substituídos' foram sintetizados para absorver o UV-B prejudicial e deixar o UV-A passar. Isso permite um bronzamento sem queimaduras, apesar de algum dano ainda ocorrer.

Um dos agentes de proteção solar mais antigos e ainda amplamente usado é o ácido p-aminobenzoico, comumente conhecido como PABA. São também usados derivados do PABA, benzofenonas e outros compostos (vide Figura 2). Esses agentes podem ser usados individualmente ou misturados.

A preparação do protetor solar ideal deve ser esteticamente favorável, de modo que as pessoas que ficam muito tempo ao sol sintam-se bem usando a proteção proporcionada por esses produtos químicos industrializados.

FPS: fator de proteção solar

Após 20 minutos de exposição ao sol do meio-dia, um tipo normal de pele branca não bronzeada será afetado pela queimadura do sol, dando origem a uma vermelhidão. Essa vermelhidão só se tornará visível 24 horas depois. A exposição necessária para produzir esse efeito é chamada de dose eritemal mínima, que depende da intensidade da radiação e do tempo de exposição. Ao se comparar o tempo necessário para produzir esse efeito eritemal mínimo sobre a pele desprotegida com o tempo necessário para produzi-la sobre a pele protegida com

uma quantidade padrão de protetor solar, é possível definir o fator de proteção (FP) para um dado protetor.

Assim, o fator de proteção solar FPS é definido como:

$$FPS = \frac{T_{pp}}{T_{pd}}$$

Em que T_{pp} é o tempo de exposição mínimo para produção de eritema em pele protegida, e T_{pd} o tempo de exposição mínima para produção de eritema em pele desprotegida.

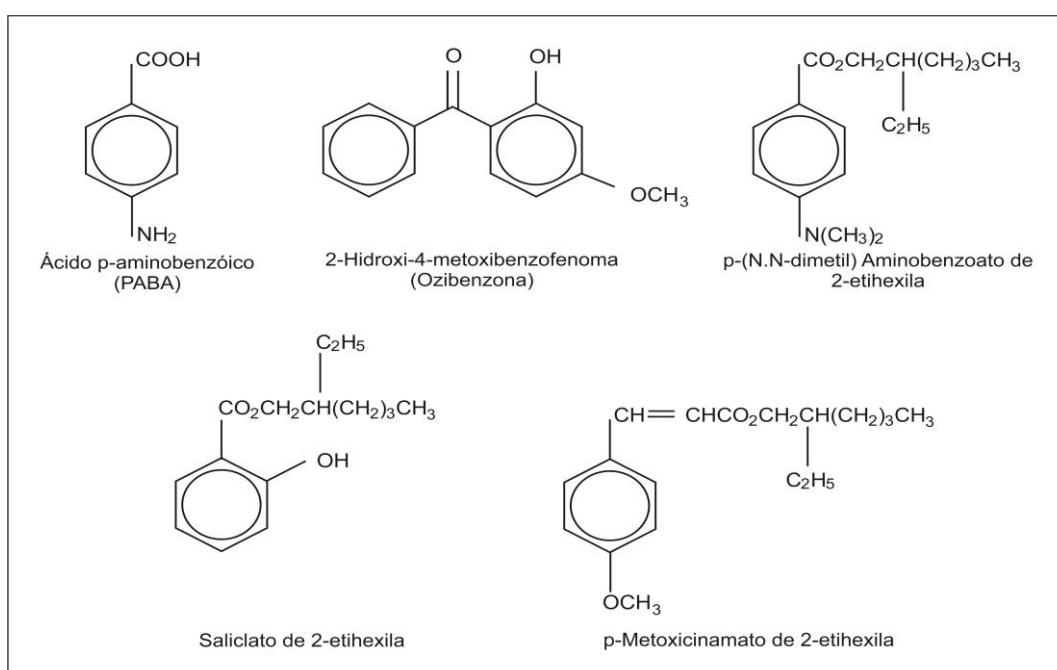


Figura 2: Substâncias comumente usadas em protetores solares.

Um protetor com fator de proteção 10 significa que ele permite que se fique ao sol dez vezes mais tempo do que sem sua utilização, com o mesmo resultado. O fator de proteção deve ser proporcional à quantidade de luz UV transmitida através da camada de protetor sobre a pele. Assim, se o protetor tem uma transmitância de 50%, isto é, deixa passar 50% da luz incidente, ele deve proporcionar um FPS2. Em contrapartida, um FPS 10 deve corresponder à transmitância de 10%.

Os valores de FPS são obtidos em laboratórios, mas por razões de ordem técnica (dificuldade de se fabricar uma pele artificial que simule uma pele natural) optou-se pela adoção do teste real, sendo as loções aplicadas na pele das pessoas (*in vivo*) para determinar o fator de proteção. As fontes preferidas de radiação solar

são artificiais (lâmpadas de vapor de mercúrio ou de gás xenônio). O tipo de pele da cobaia é exposta à radiação de uma lâmpada UV que simula o sol, mas que age mais rapidamente que ele. Uma região do corpo (geralmente as costas) é exposta a uma série de feixes de luz UV. Cada feixe de luz incide por um determinado tempo. Vinte e quatro horas depois, a pele é examinada para verificar o eritema, a vermelhidão da queimadura.

O tempo mínimo de exposição que produz eritema é observado (25 segundos, por exemplo). Outra seção das costas é tratada com uma quantidade precisa de protetor solar, e exposta a uma nova série de feixes por diferentes períodos de tempo. Vinte e quatro horas depois, os locais onde a luz incidiu são examinados e, novamente, o tempo mínimo que produz o eritema é anotado (200 segundos, por exemplo). O FPS é a razão destes tempos.

$$FPS = \frac{T_{pp}}{T_{pd}} = \frac{200s}{25s} = 8$$

Para fins práticos, isto significa que a pele leva oito vezes mais tempo para se queimar com o protetor solar do que sem ele. Se você normalmente se queima depois de uma hora de sol, você poderia, de acordo com este exemplo, ficar oito horas no sol usando esse protetor solar.

Infelizmente, em nosso país, o alto custo das loções contendo filtros solares tem dificultado o acesso dessa tecnologia à grande massa da população que se expõe diariamente ao sol, seja por lazer ou por necessidade de trabalho. Aos químicos compete o desafio de desenvolver novos produtos mais baratos e de qualidade equivalente

Planeje seu bronzeado

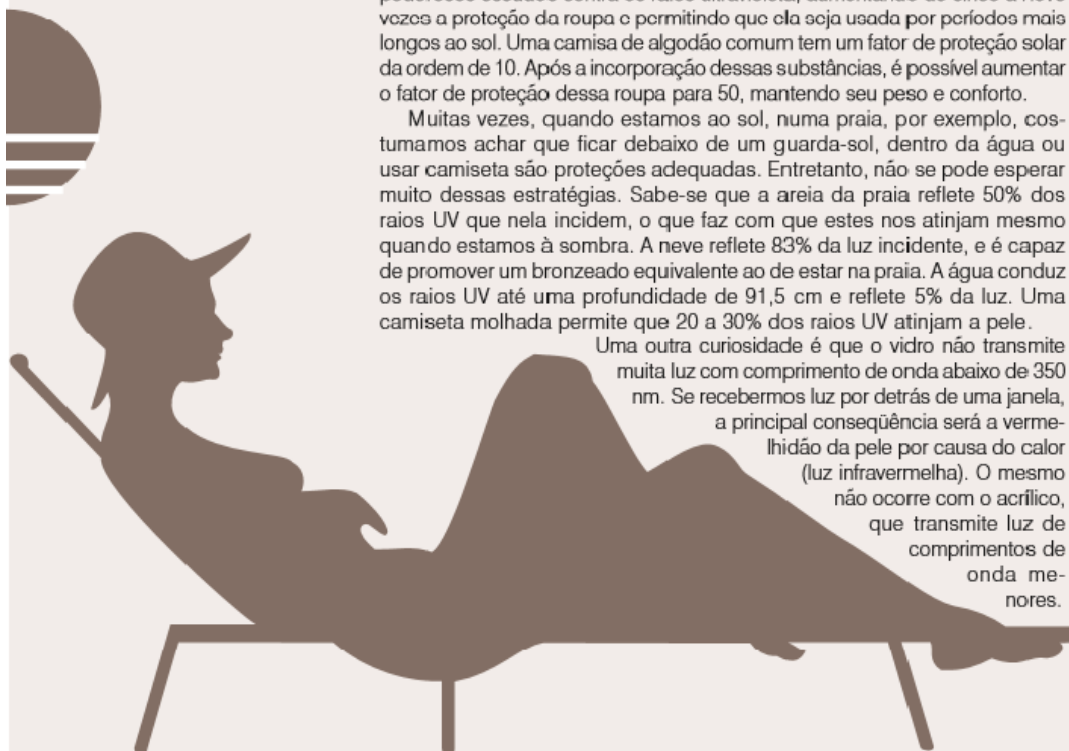
Cor da pele	Sensibilidade ao sol	Fator de proteção recomendado
muito clara	sempre se queima com facilidade	máximo (PFS 8-14) ou Ultra (FPS > 15)
clara	sempre se queima com facilidade	extra (PFS 6-7)
clara/média	queima-se moderadamente	moderado (PFS 4-5)
média	queima – se muito pouco	mínimo (PFS 2-3)
castanho - escura ou negra	raramente ou nunca se queima	mínimo (PFS 2-3) ou nenhum

Curiosidades do bronzeado

Recentemente, pesquisadores da Austrália, o país com maiores índices de câncer de pele do planeta, anunciaram a descoberta de novos materiais que quando incorporados ao tecido de roupas leves transformam-nas em poderosos escudos contra os raios ultravioleta, aumentando de cinco a nove vezes a proteção da roupa e permitindo que ela seja usada por períodos mais longos ao sol. Uma camisa de algodão comum tem um fator de proteção solar da ordem de 10. Após a incorporação dessas substâncias, é possível aumentar o fator de proteção dessa roupa para 50, mantendo seu peso e conforto.

Muitas vezes, quando estamos ao sol, numa praia, por exemplo, costumamos achar que ficar debaixo de um guarda-sol, dentro da água ou usar camiseta são proteções adequadas. Entretanto, não se pode esperar muito dessas estratégias. Sabe-se que a areia da praia reflete 50% dos raios UV que nela incidem, o que faz com que estes nos atinjam mesmo quando estamos à sombra. A neve reflete 83% da luz incidente, e é capaz de promover um bronzeado equivalente ao de estar na praia. A água conduz os raios UV até uma profundidade de 91,5 cm e reflete 5% da luz. Uma camiseta molhada permite que 20 a 30% dos raios UV atinjam a pele.

Uma outra curiosidade é que o vidro não transmite muita luz com comprimento de onda abaixo de 350 nm. Se recebermos luz por detrás de uma janela, a principal consequência será a vermelhidão da pele por causa do calor (luz infravermelha). O mesmo não ocorre com o acrílico, que transmite luz de comprimentos de onda menores.



O câncer de pele

Existem três tipos de câncer de pele: o carcinoma da célula basal, o carcinoma da célula escamosa e o melanoma, que é o menos comum, porém o mais perigoso. Se a luz do sol é a causa, ainda não se sabe. A morte provocada por melanoma começou a aumentar a partir de 1920, e suas vítimas mais frequentes são profissionais ou administradores e não trabalhadores que passam seus dias ao sol. Trabalhos recentes sobre epidermologia demonstraram que eventuais superexposições ao sol e queimaduras podem ser mais significativas do que a exposição contínua e o bronzeamento.

Devido ao fato de efeitos da luz solar sobre a pele serem cumulativos e normalmente exigirem anos de exposição até que o câncer se manifeste, os resultados só aparecem muito tempo mais tarde.

Alguns cientistas acreditam que a destruição da camada de ozônio, que bloqueia a maior parte da radiação ultravioleta do sol, está contribuindo para o aumento do câncer de pele.

Por enquanto, não existem muitas evidências para sustentar essa noção. Todavia, os pesquisadores concordam que, com o passar do tempo, a diminuição da camada de ozônio trará problemas.

A camada mais externa e dinâmica da pele, a epiderme, serve de primeiro estágio para a manifestação da maioria dos tipos de câncer de pele. Tanto o carcinoma da célula basal quanto o da escamosa se desenvolvem a partir das células mais comuns da pele, os queratinócitos, que se formam na base da epiderme e rumam para a superfície da pele. Próximos à base, os queratinócitos são 'rechonchudos', mas quando se direcionam para fora tornam-se achatados no processo de transformação em células escamosas que formam a resistência da pele, a superfície protetora. Os melanomas saem dos melanócitos, as células produtoras de pigmentos.

As células epidérmicas tornam-se malignas quando o DNA de seus núcleos é alterado, levando estas a se dividirem descontroladamente e a formarem tumores. A transformação do DNA pode ser causada por repetidas exposições a raios X, a queimaduras solares, doenças infecciosas ou contato frequente com certas substâncias. Dentre esses agentes causadores de câncer, o mais comum tem sido a luz ultravioleta produzida pelo sol.

Em geral, as pessoas mais vulneráveis ao câncer de pele são as de pele clara. Negros raramente têm carcinomas ou melanomas. A razão de negros com melanoma em relação a brancos com esse mal é de 1/15.

A pigmentação escura é obviamente protetora. Os casos raros de melanoma encontrados entre os negros acontecem quase exclusivamente em regiões mais claras da pele que geralmente não estão expostas ao sol: palmas das mãos, solas dos pés, a parte de baixo das unhas e até a boca. Este fato tem levado os especialistas à conclusão de que a ocorrência de câncer em negros provavelmente tenha origem genética.

A geografia também tem um papel importante no câncer de pele. Regiões equatoriais, onde o sol do meio-dia bate diretamente sobre a cabeça, recebem a

radiação ultravioleta mais intensa. Ao norte ou ao sul, os raios solares incidem na terra num ângulo mais oblíquo, fazendo um caminho maior pela atmosfera, de forma que a camada de ozônio absorve mais a luz ultravioleta antes de atingirem a superfície.

Este artigo é uma versão adaptada e ampliada do texto “The Sunworshippers”, de autoria de D.K.Robbins, *ChemMatters* (vol. 2, nº 2), pp. 4-7, 1984, com permissão da American Chemical Society. Copyright 1984. Os autores agradecem a Ana Cláudia Monteiro Silva pelo auxílio na supervisão da adaptação do texto.

Para saber mais

MAES, D. MARENUS, K. e SMITH, W.P. Novos avanços na fotoproteção. *Cosmetics & Toiletries* (Edição em Português) vol. 4, set/out, pp. 40-45, 1992. TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R.C. e SILVA, R. R. *O azul do planeta: um retrato da atmosfera terrestre*. São Paulo, Editora Moderna. Coleção Polêmica. No prelo.

Problemas propostos 1 e 3 extraídos

<http://portal.inep.gov.br/web/enem/edicoes-anteriores/provas-e-gabaritos>
acesso em 12 Jan. 2017

1- (ENEM 2002) Os níveis de irradiância ultravioleta efetiva (IUV) indicam o risco de exposição ao Sol para pessoas de pele do tipo II- pele de pigmentação clara. O tempo de exposição segura (TES) corresponde ao tempo de exposição aos raios solares em que ocorram queimaduras na pele. A tabela mostra a correlação entre risco de exposição, IUV e TES.

Risco de exposição	IUV	TES (em minutos)
Baixo	0 a 2	Máximo 60
Médio	3 a 5	30 a 60
Alto	6 a 8	20 a 30
Extremo	Acima de 8	Máximo 20

Uma das maneiras de se proteger contra queimaduras provocadas pela radiação ultravioleta é o uso dos cremes protetores solares, cujo FATOR DE PROTEÇÃO SOLAR (FPS) é calculado da seguinte maneira:

$$FPS = \frac{TPP}{TPD}$$

TPP= tempo de exposição mínima para produção de vermelhidão na pele protegida (em minutos).

TPD= tempo de exposição mínima para produção de vermelhidão na pele desprotegida (em minutos).

O FPS mínimo que uma pessoa de pele tipo II necessita para evitar queimaduras ao se expor ao Sol, considerando TPP o intervalo das 12:00 às 14:00h, num dia em que a irradiância é maior que 8, de acordo com os dados fornecidos é:

- A (5) B (6) C (8) D (10) E (20)

2- (ENEM 2007) A pele humana é sensível à radiação solar, e essa sensibilidade depende das características da pele. Os filtros solares são produtos que podem ser aplicados sobre a pele para protegê-la da radiação solar. A eficácia dos filtros solares é definida pelo fator de proteção solar (FPS), que indica quantas vezes o tempo de exposição ao sol, sem o risco de vermelhidão, pode ser aumentado com o uso do protetor solar. A tabela seguinte reúne informações encontradas em rótulos de filtros solares.

sensibilidade	tipo de pele e outras características	proteção recomendada	FPS recomendado	proteção a queimaduras
extremamente sensível	branca, olhos e cabelos claros	muito alta	FPS ≥ 20	muito alta
muito sensível	branca, olhos e cabelos próximo do claros	alta	12 ≤ FPS < 20	alta
sensível	morena ou amarela	Moderada	6 ≤ FPS < 12	moderada
Pouco sensível	negra	baixa	2 ≤ FPS < 6	baixa

ProTeste, ano V, n.º 55, fev/2007 (com adaptações).

As informações anteriores permitem afirmar que

A) as pessoas de pele muito sensível, ao usarem filtro solar, estarão isentas do risco de queimaduras.

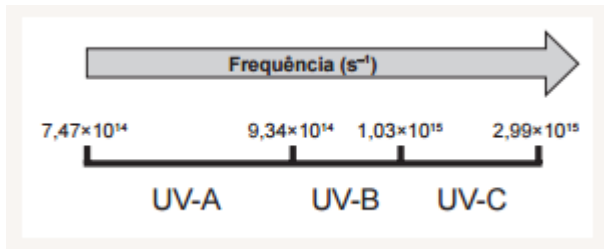
B) o uso de filtro solar é recomendado para todos os tipos de pele exposta à radiação solar.

C) as pessoas de pele sensível devem expor-se 6 minutos ao sol antes de aplicarem o filtro solar.

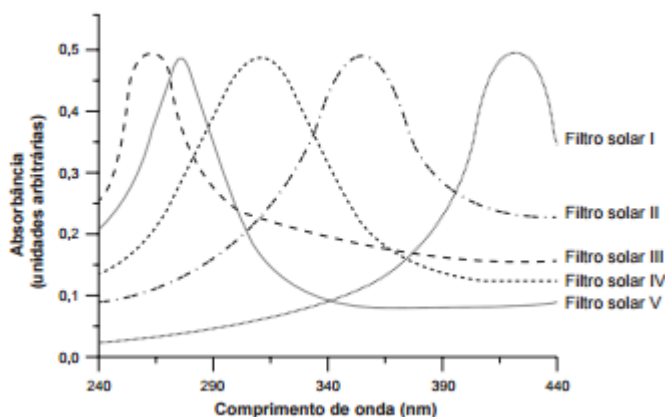
D) pessoas de pele amarela, usando ou não filtro solar, devem expor-se ao sol por menos tempo que pessoas de pele morena.

E) o período recomendado para que pessoas de pele negra se exponham ao sol é de 2 a 6 horas diárias.

3-(ENEN 2015) A radiação ultravioleta (UV) é dividida, de acordo com três faixas de frequência, em UV-A, UV-B e UV-C, conforme a figura.



Para selecionar um filtro solar que apresente absorção máxima na faixa UV-B, uma pessoa analisou os espectros de absorção da radiação UV de cinco filtros solares:



Considere:

Velocidade da luz = $3,0 \times 10^8$ m/s e $1 \text{ nm} = 1,0 \times 10^{-9}$ m.

O filtro solar que a pessoa deve selecionar é o

A) V.

B) IV.

C) III.

D) II.

E) I.

EFEITO FOTOELÉTRICO

Nesta aula faremos uma abordagem do efeito fotoelétrico, identificando por meio de um simulador as radiações ionizante e não ionizante, dando ênfase no intervalo de comprimento de onda das radiações ultravioleta.

Uma das formas de apresentar o efeito fotoelétrico de maneira significativa e interativa é por meio de simulações computacionais. Estas simulações agregam o conhecimento teórico já estabelecido pelo aluno ao entendimento significativo do fenômeno descrito.

Nesta atividade, elaboradas por nós, será utilizado o simulador para o efeito fotoelétrico, que pode ser acessado pelo link <https://phet.colorado.edu/pt-BR/simulation/legacy/photoelectric>, o qual irá subsidiar as atividades previstas nesta sequência didática.

Este simulador é constituído por um circuito elétrico, vinculado a um tubo de vácuo, com placas metálicas situadas em suas extremidades; uma bateria onde se pode variar a diferença de potencial e um identificador de corrente elétrica.

Na parte superior central, encontra-se o medidor de intensidade de luz incidente e do comprimento de onda vinculado ao intervalo do espectro eletromagnético abrangendo desde à luz ultravioleta até a infravermelha.

Na parte superior, à direita da tela de simulação, encontram-se os alvos (materiais) que poderão ser utilizados na simulação. Estes materiais (sódio, zinco, cobre, platina, cálcio e magnésio) poderão ser articulados de forma a possibilitar informações acerca de qual frequência os elétrons são ejetados em cada placa constituída por estes materiais, e do comprimento de onda da luz emitida em função do espectro eletromagnético.

No quadro abaixo das identificações dos materiais, encontram-se os gráficos de corrente x tensão da bateria, corrente x intensidade da luz e de energia do elétron x frequência da luz que fornecerão informações importantes acerca dos procedimentos efetuados no decorrer da simulação.

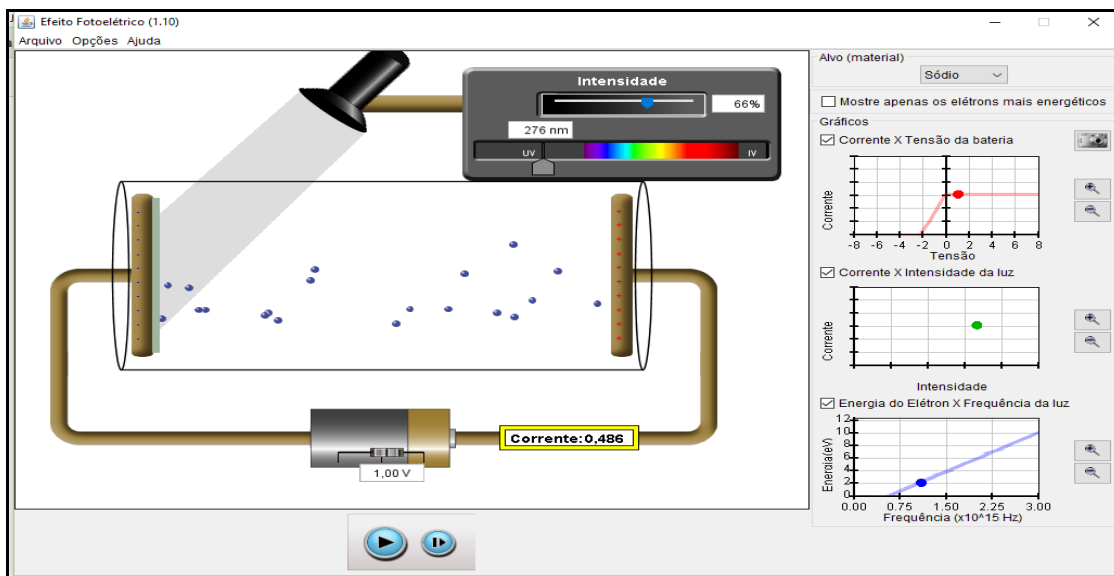


Figura 5: Ilustração da luz incidindo sobre uma placa constituída de sódio, com os elétrons sendo ejetados na simulação do efeito fotoelétrico; representação gráfica e indicação dos valores de corrente elétrica e da tensão aplicada entre as placas.

Fonte: <https://phet.colorado.edu/ptBR/simulation/legacy/photoelectric>.

Atividades propostas

- 1) Ao abrir a simulação do PHET, temos como referência uma placa de sódio com um comprimento de onda de 400 nm e a intensidade da luz incidente marcando zero. Quando aumentamos o valor da intensidade da luz incidente de zero para 50 % o que acontece na simulação ? Qual é o valor da corrente indicado?

- 2) Aumente a intensidade da luz para 80% do valor máximo. O que acontece com a corrente elétrica medida?

- 3) Preencha a tabela abaixo:

Tabela 18- intensidade e corrente elétrica

Intensidade (% do valor máximo de luz incidente sobre a placa emissora)	I(A) Corrente elétrica
20	
40	
60	
80	
100	

- 4) Faça o gráfico de Corrente X intensidade da luz. Você observa algum comportamento característico?
- 5) No efeito fotoelétrico elétrons são ejetados da placa emissora feita de metal quando fazemos incidir luz sobre a placa. Fixe a intensidade em 50%. Mova o cursor do comprimento de onda e observe para qual valor a corrente cai a zero. Mova o cursor até encontrar o primeiro valor de comprimento de onda que o elétron será ejetado. Anote esse valor. Sabendo que a energia do fóton incidente é dada por $E_f = hf = h \frac{c}{\lambda}$, calcule o valor da energia mínima do fóton que consegue provocar o efeito fotoelétrico na placa de sódio.
- 6) Observe se existe alguma diferença da velocidade do elétron emitido para $\lambda=538\text{nm}$ e $\lambda=160\text{nm}$. O que você pode dizer da energia cinética dos elétrons emitidos em função da frequência do fóton incidente?

- 7) O potencial de corte é definido como aquele para o qual a corrente cai a zero. Para cada comprimento de onda dado abaixo, verifique no simulador qual é o potencial de corte associado.

Tabela 19: potencial de corte

$\lambda(nm)$	$f = c/\lambda (Hz)$	$V_0(volts)$
100		
200		
300		
400		

Use o qtiplot para fazer o gráfico de V_0 vs f .

- 8) Quando um fóton incide sobre uma placa metálica no efeito fotoelétrico, para que o elétron seja arrancado da placa, a energia do fóton deve ser maior do que a energia que mantém o elétron ligado ao material metálico. Essa energia de ligação recebe o nome de função trabalho, W_0 . Os elétrons são arrancados com alguma energia cinética. Quanto maior a energia do fóton incidente, maior a energia cinética do elétron ejetado. Se ligarmos o emissor e o coletor a uma ddp que se oponha ao movimento dos elétrons, podemos ter uma ddp tal que não deixe nenhum elétron arrancado chegar ao emissor, ou seja, no potencial de corte a corrente cai a zero. A equação que governa esse efeito é dada por $eV_0 = hf - W_0$. Podemos reescrever essa equação como

$$V_0 = \frac{hf}{e} - \frac{W_0}{e} = \left(\frac{h}{e}\right)f - \frac{W_0}{e}. \text{ Compare essa equação com a equação da reta}$$

($y = ax + b$) e diga quem são a e b.

9) Faça a regressão linear do gráfico de $V_0 \times f$. Indique quem são a e b.

10) Sabendo que $a = \frac{h}{e}$ e que $b = \frac{W_0}{e}$, obtenha a constante de Planck e a função trabalho do material. Compare esses valores com valores fornecidos na literatura.

11) Observe a barra de ferramentas dos comprimentos de onda do simulador. Essa barra representa o espectro eletromagnético. A luz visível está no centro da barra com cores que vão de azul até vermelho. Nos extremos temos radiações de grande energia (ultravioleta) e de baixa energia (infravermelho). Desloque o cursor e obtenha os valores de λ para cada parte do espectro indicada abaixo e calcule a energia do foton.

Tabela 20: Energia do fóton

Espectro Eletromagnético.	Comprimento de onda (λ)	$E_{\text{fóton}}$ (eV)
Ultravioleta	$\lambda_{\text{mínimo}}$	
Ultravioleta	$\lambda_{\text{máximo}}$	
	Cor azul	
	Cor verde	
	Cor amarelo	
	Cor vermelho	
Infra vermelho	$\lambda_{\text{mínimo}}$	
Infra vermelho	$\lambda_{\text{máximo}}$	

12) Quando a luz consegue arrancar elétrons de um material, essa luz é dita ionizante. A partir de qual comprimento de onda do espectro eletromagnético conseguimos arrancar elétrons da placa de sódio?

13) Indique o valor de $\lambda_{\text{mínimo}}$ que consegue arrancar elétrons dos seguintes materiais?

Tabela 21: Comprimento de onda mínimo

Material	Comprimento de onda ($\lambda_{\text{mínimo}}$)
sódio	
zinco	
cobre	
platina	
cálcio	
magnésio	

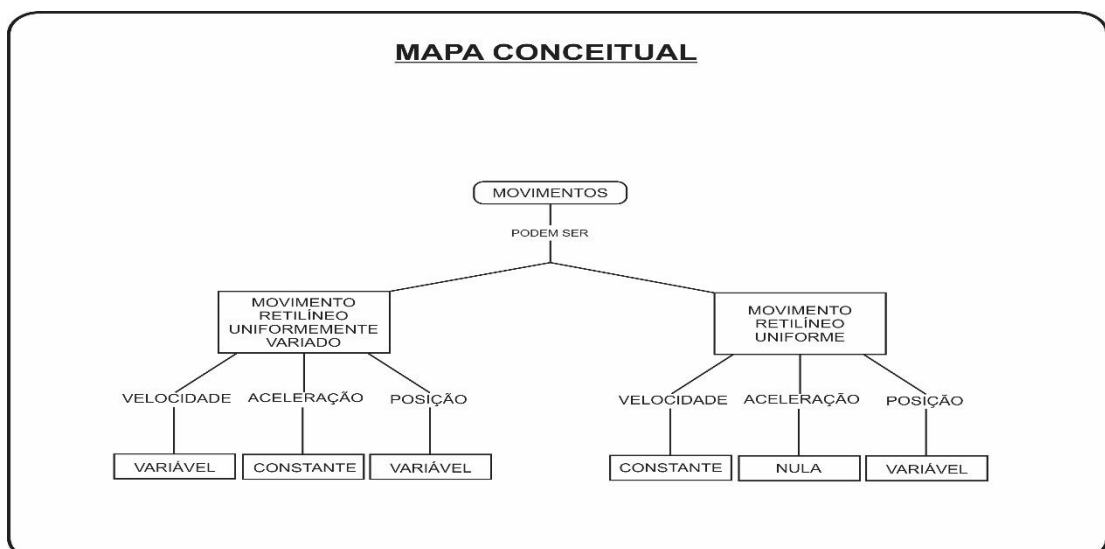
- 14) Nós sabemos que os raios ultravioleta, que estão presentes no nosso dia a dia vindos da radiação solar ($400\text{nm} \leq \lambda \leq 100\text{nm}$) podem ser divididos em UVA ($320\text{nm} - 400\text{nm}$), UVB ($280\text{nm} - 320\text{nm}$) e UVC ($100\text{nm} - 280\text{nm}$) de acordo com o seu comprimento de onda. De acordo com a tabela acima qual o tipo de radiação ultravioleta é ionizante para todos os materiais apresentados?

MAPA CONCEITUAL

Nesta atividade propõe-se a produção de um mapa conceitual referente a radiação ultravioleta com base no princípio norteador (ondas eletromagnéticas). A partir deste princípio, os participantes devem elencar todos os conceitos referentes aos encontros estabelecidos nesta sequência didática determinando suas hierarquias e conexões

“Mapas Conceituais são apenas diagramas indicando relações entre conceitos. Mais especificamente, no entanto, eles podem ser vistos como diagramas hierárquicos que procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou parte de uma disciplina. Ou seja, sua existência é derivada da estrutura conceitual de uma disciplina. No modelo abaixo, a orientação é tal que os conceitos mais gerais e inclusivos aparecem no topo do mapa. Prosseguindo de cima para baixo no eixo vertical, outros conceitos aparecem em ordem descendente de inclusividade, até que, ao pé do mapa, chega-se aos conceitos mais específicos”. (Moreira e Masini 2011.p.51 e 52).

Figura 6: Exemplo de um mapa conceitual



Diante destas informações, construa um mapa conceitual para os conceitos relativos à Radiação Ultravioleta (Radiação UV).

Ondas Eletromagnéticas