

Artigo

A Luz e os Filtros Solares: Uma Temática Sociocientífica**Silva, R. R.;*** Machado, P. F. L.; Rocha, R. J.; Silva, S C. F.*Rev. Virtual Quim.*, 2015, 7 (1), 218-241. Data de publicação na Web: 14 de novembro de 2014<http://www.uff.br/rvq>**The Light and the Sunscreens: A Social-Theme**

Abstract: Science education with focus on socioscientific issues has been considered a promising strategy to increase young people's interest for science. In this perspective, the discussion of the interrelations between sunlight and the chemistry of sunscreens, taking into account technological, social and environmental aspects, constitute a socioscientific topic of current relevance. Thus, in this paper we introduce the nature of sunlight and its effects on human skin. Additionally, a discussion of sunscreens is carried out by addressing the principles of operation and the reasons for its use in a social and psychological perspective. It also addresses the environmental and health consequences, as result of the use of certain compounds in the formulation of sunscreens.

Keywords: Ultraviolet Radiation; Sunscreen; Science-Technology-Society (STS).

Resumo

O ensino de Ciências com um enfoque em temáticas sociocientíficas tem sido apontado como uma estratégia promissora visando a aumentar o interesse dos jovens pela Ciência. Nessa perspectiva, a discussão sobre as inter-relações entre a luz solar e a química dos protetores solares, perpassando os aspectos tecnológicos, sociais e ambientais se constitui em um tema sociocientífico de relevância atual. Assim, neste artigo faz-se uma introdução sobre a natureza da luz solar e seus efeitos sobre a pele humana. Adicionalmente, é feita uma discussão sobre os protetores solares, abordando os princípios de funcionamento e as razões de seu uso em uma perspectiva social e psicológica. Abordam-se também as consequências ambientais e de saúde, em função do emprego de determinadas substâncias na formulação dos protetores solares.

Palavras-chave: Radiação Ultravioleta; Filtro Solar; Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS).

* Universidade de Brasília, Instituto de Química, Campus Darcy Ribeiro, Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química (LPEQ), Caixa Postal 04478, CEP 70910-000, Brasília-DF, Brasil.

✉ bobsilva@unb.br

DOI: [10.5935/1984-6835.20150011](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20150011)

A Luz e os Filtros Solares: Uma Temática Sociocientífica

Roberto R. da Silva, Patrícia Fernandes L. Machado, Ronaldo José da Rocha, Silvio Célio F. Silva

Universidade de Brasília, Instituto de Química, Campus Darcy Ribeiro, Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química (LPEQ), Caixa Postal 04478, CEP 70910-000, Brasília-DF, Brasil.

* bobsilva@unb.br

Recebido em 14 de novembro de 2014. Aceito para publicação em 14 de novembro de 2014

- 1. O ensino com base em temáticas sociocientíficas**
- 2. A radiação solar e os raios ultravioleta**
 - 2.1.** Interações da radiação ultravioleta (UV) com a pele
- 3. Pitadas da história dos protetores solares**
- 4. Como a Ciência explica o funcionamento dos protetores solares**
 - 4.1.** O bronzeamento numa perspectiva sociocultural e psicológica
- 5. O uso de protetores solares: consequências sociais e ambientais**
- 6. Considerações Finais**

1. O ensino com base em temáticas sociocientíficas

O fascínio que os avanços científico-tecnológicos exercem sobre muitos jovens e o reconhecimento sobre o impacto que estes provocam diariamente a nossas vidas, não têm sido suficientes para despertar o interesse pelo estudo das Ciências nas escolas. Pesquisas apontam que essa problemática pode estar associada à predominância do verbalismo teórico/conceitual nas aulas convencionais de Ciências, que priorizam a memorização de conceitos e fórmulas, a resolução de problemas alheios aos vivenciados em um contexto real pelos alunos.¹⁻⁴ Aikenhead

(2005)⁵ complementa essa ideia salientando que a defesa de mitos acerca da atividade científica e da própria Ciência também contribuem negativamente. Com isso, o ensino de Ciências se dá de forma não dialógica, defendendo o que está posto e não favorecendo a transformação da realidade, a investigação do novo, a problematização e a curiosidade.

Na perspectiva de modificar este quadro e romper com organizações curriculares descontextualizadas e fragmentadas, encontra-se na literatura diferentes propostas para o ensino de Ciências, como, por exemplo, o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). Segundo Ramsey (1993)⁶, a abordagem CTS se concretiza por meio de temas sociais relativos à Ciência e à Tecnologia. Para ele, os temas devem ter

relevância social, ser de natureza controversa e suscitar a divergência e o confronto de crenças e valores. Santos e Mortimer (2009)⁷ denominam os temas sociais de questões sociocientíficas, temas sociocientíficos ou, preferencialmente, de aspectos sociocientíficos (ASC).

Esses autores chamam atenção para o fato de que somente a inserção curricular de temas sociocientíficos não assegura uma melhoria no processo ensino-aprendizagem. Faz-se necessário que o professor elabore cuidadosamente uma proposta didática que interligue conteúdos de Ciências aos aspectos sociocientíficos, que estes sejam ou se tornem relevantes para a vida dos alunos.⁸ Para tanto, o professor deve considerar o que o estudante conhece sobre determinado tema, e a partir disso elaborar estratégias para se discutir a temática inserindo aspectos econômicos, políticos, éticos, culturais, sociais associados à Ciência e à Tecnologia etc. As atividades devem procurar desenvolver a capacidade crítica do aluno, suas habilidades de análise e de síntese com relação a temática, bem como sua destreza no equacionamento de problemas, usando o conhecimento científico relacionado e a tomada de decisão. Méndez (2004)², Silva e Núñez (2007)⁴ defendem que quando mais significado o conteúdo científico tiver para o estudante, maior será seu interesse e motivação por estudá-lo.

Segundo Aikenhead (2005),⁵ o ensino CTS por meio de temas sociocientíficos propicia a contextualização do conhecimento científico, que, abordado de forma isolado, tem dado mostra de não preparar bem o estudante para a vida social. Contudo, é necessário que a estratégia didática contemple o debate dos aspectos relevantes da temática para a formação cidadã. Por isso, pode-se dizer que contextualizar tornar o conteúdo científico mais relevante socialmente, desde que se faça uma abordagem crítica e reflexiva acerca da situação escolhida. Baseado em várias pesquisas, este autor sintetizou os benefícios do ensino de Ciências com enfoque CTS com relação ao ensino convencional e destacou que há uma melhora significativa na forma

como os alunos consideram a Ciência e na aprendizagem de conceitos.

Pode-se dizer ainda que, o ensino de Ciências na visão CTS deve estimular habilidades como a capacidade de expor ideias, defendê-las e confrontá-las por meio de argumentos coerentes, de analisar fatos e de sintetizar ideais, buscando mudança de atitude.⁸

Um exemplo de temática que permite uma abordagem CTS é o uso dos protetores solares ou filtros solares, cosméticos amplamente consumidos nos dias atuais por muitas pessoas que desejam amenizar as consequências da exposição à radiação solar. Os protetores solares podem ser adquiridos facilmente em lojas especializadas, em supermercados, em farmácias ou até no comércio informal. Isso deveria ser motivo suficiente para despertar o interesse dos consumidores. Parece um produto inofensivo, mas o que sabemos sobre eles? Há uma série de aspectos que se pode abordar sobre essa temática, como as de cunho histórico, os princípios de funcionamento e as consequências sociais e ambientais geradas pelo uso dos filtros solares. No entanto, para compreender a atuação dos diferentes tipos de filtros solares faz-se necessário estudar como a Ciência explica teoricamente a luz solar. Sendo assim, esse trabalho traz aspectos que podem subsidiar uma abordagem CTS em sala de aula.

2. A radiação solar e os raios ultravioleta

A luz solar que chega até a superfície de nosso planeta se origina no sol. A luz, por sua vez, é teoricamente explicada como uma radiação de natureza eletromagnética (ou onda eletromagnética) composta de um campo magnético (indicado por M na Figura 1) e de um campo elétrico (indicado por E na Figura 1), oscilantes e perpendiculares entre si. A expressão oscilante indica que eles aumentam e diminuem de intensidade

durante a propagação da radiação. Outro aspecto importante é o fato das radiações eletromagnéticas se propagarem no vácuo, isto é, não necessitam de um meio material

para sua propagação, diferentemente das ondas sonoras, por exemplo, para as quais um meio material (como o ar) faz-se necessário para o deslocamento.

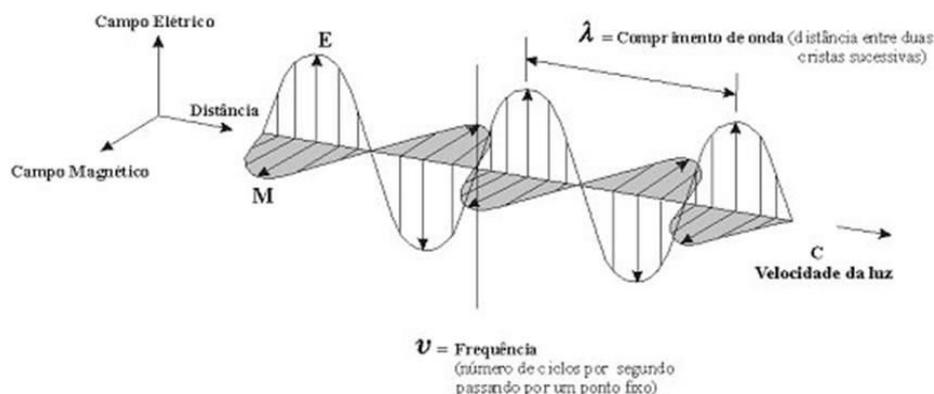


Figura 1. Representação esquemática de uma radiação eletromagnética. A letra E indica o campo elétrico e a letra M o campo magnético, perpendiculares entre si e oscilantes.

Adaptado de <http://www.clickideia.com.br/portal/mostrarConteudo.php?idPagina=28679>

Segundo princípios científicos, as radiações eletromagnéticas são caracterizadas por duas grandezas importantes: o comprimento de onda (λ) e a frequência (ν). O comprimento de onda é definido com a distância entre duas ondas sucessivas (máximos da onda na Figura 1) e sua unidade de medida mais comum é o nanômetro (nm), que equivale a 10^{-9} m. Já a frequência é definida como número de ciclos (máximos da onda) que passam por um mesmo ponto por segundo, durante a propagação da luz. A unidade de medida para a frequência é segundo recíproco (s^{-1}) ou Hertz (Hz). Essas duas grandezas se relacionam por meio da expressão matemática $\nu = c / \lambda$. Desta forma, ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda muito pequenos, correspondentemente, possuem frequências muito altas. Assim, uma onda de comprimento de onda de 400 nm (luz de cor azul) tem uma frequência de 75×10^{15} Hertz

ou 75×10^{15} /segundo. Ou seja, quando esta luz se propaga por um ponto, ela passa 75×10^{15} máximos por segundo. Já uma onda de rádio de comprimento de onda igual a 100 m (100×10^9 nm), tem uma frequência correspondente de 3×10^8 Hz.⁹

O sol emite energia em praticamente em todos os comprimentos de onda conhecidos. Este conjunto de comprimentos de onda emitidos recebe o nome de espectro eletromagnético. A Figura 2 apresenta esse espectro completo. Diferentes faixas de comprimentos de onda recebem designações específicas. Assim, as ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda entre 400 e 700 nm recebem o nome de ondas do espectro visível ou luz visível (estas ondas são aquelas que, ao interagirem com nossos olhos, nos permitem enxergar os objetos). Já ondas com comprimento entre 1 metro e 1000 metros são as ondas empregadas nas transmissões de rádio e TV.

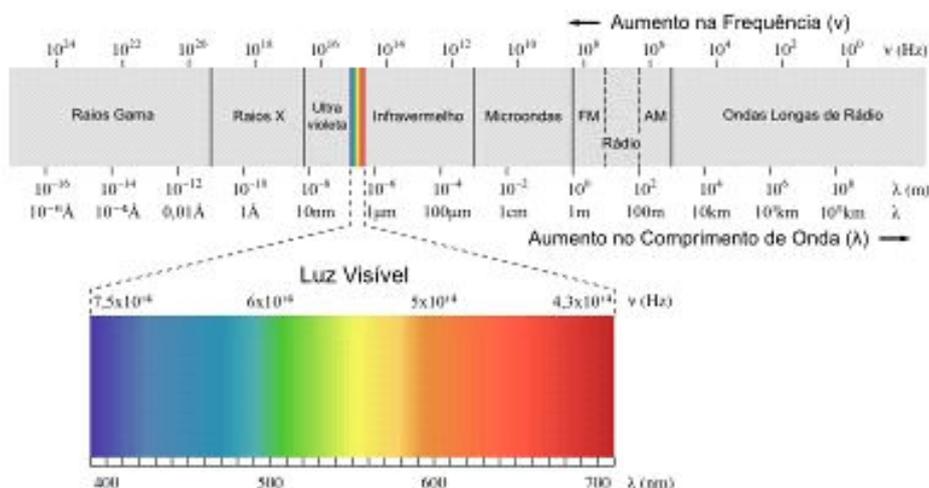


Figura 2. O espectro eletromagnético indicando as diferentes designações para as diversas faixas de comprimentos de onda. Adaptado de: <http://oglobo.globo.com/blogs/sociencia/posts/2010/02/23/muito-alem-das-sombras-na-caverna-268496.asp>

A distribuição espectral da radiação solar é de aproximadamente 48% na faixa do infravermelho, seguido de 44% na faixa do visível. Ondas eletromagnéticas na faixa do ultravioleta correspondem a cerca de 7%. Em torno de 1% da radiação total abarcam os raios X, os raios gama, as micro-ondas e as ondas de rádio.¹⁰

Uma questão bastante interessante é: como as radiações eletromagnéticas com essa ampla faixa de comprimentos de onda são produzidas no sol? Para responder a esta

questão faz-se necessário discutir um pouco como é a estrutura do sol.

O sol é uma estrela situada no centro do sistema solar. Ele é composto basicamente de átomos de hidrogênio (92,1% de sua massa) e de átomos de hélio (7,8%). Em menor proporção são encontrados átomos dos elementos químicos oxigênio, carbono, nitrogênio, silício, magnésio, neônio, ferro e enxofre. Estudos na área de Astronomia propõem que o sol apresenta uma estrutura como a da na Figura 3.

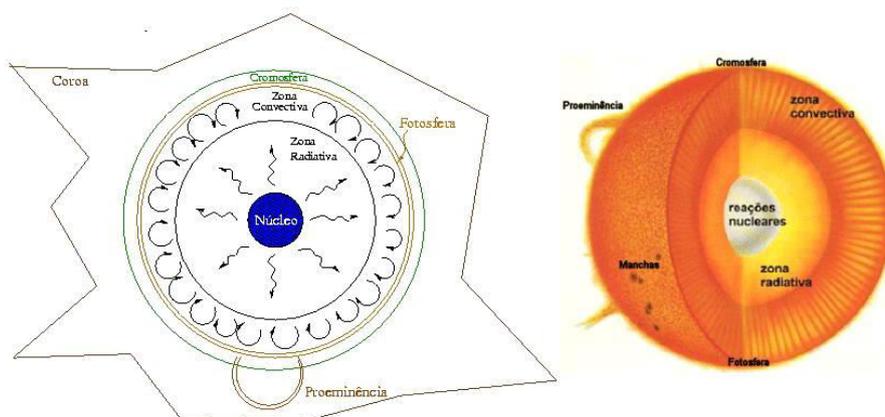
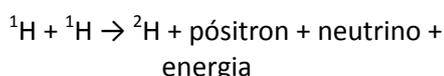


Figura 3. A estrutura do sol indicando as posições relativas das diferentes regiões. Adaptado de http://www.achetudoeregiao.com.br/astronomia/estrutura_sol.htm e de <http://www.cdcc.usp.br/cda/sessao-astronomia/2005/Sol-26-novembro-2005.ppt>

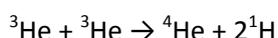
A análise da Figura 3 mostra que a região mais central é denominada de Núcleo. Nesta região, a temperatura é da ordem de 15 milhões de graus Celsius e a pressão é de 340 milhões de vezes maior que a pressão atmosférica da Terra ao nível do mar; é aí que ocorrem as reações termonucleares, responsáveis por toda a energia gerada no sol.¹¹ Estas reações são reações de fusão nuclear envolvendo átomos do elemento químico hidrogênio. A primeira etapa deste processo é:



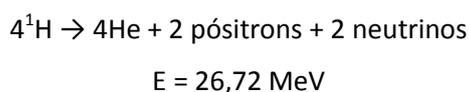
Nesta reação, dois prótons se fundem formando um átomo de deutério, além de duas partículas elementares (um pósitron e um neutrino). Na etapa seguinte, um átomo de deutério se funde com um outro próton, formando um átomo de hélio de número de massa 3, conforme a equação:



Finalmente, dois átomos de hélio 3 se fundem para formar um átomo de hélio 4 e dois prótons, a saber:



A reação global, então, converte 4 prótons em um núcleo do átomo de hélio, mais 2 pósitrons e 2 neutrinos, a saber:



A massa do átomo de hélio é menor do que a dos 4 prótons. Essa diferença de massa é convertida em energia, e pode ser calculada pela famosa equação de Einstein $E = mc^2$. A

energia assim produzida equivale a $4,20 \times 10^{-12}$ J por átomo de hélio formado, correspondendo a $2,53 \times 10^9$ kJ por mol de hélio.¹² Toda essa energia é liberada sob a forma de raios gama. Paralelamente, ocorrem outros processos de nucleossíntese envolvendo átomos de lítio e berílio e que culminam com a produção de Hélio 4.¹³

Observando novamente a Figura 3 pode-se identificar acima do núcleo uma região denominada de Zona Radiativa. Nessa região, a energia produzida no núcleo se propaga por irradiação. Logo acima dela encontra-se a Zona Convectiva. Nela, a energia, sob a forma de raios gama é transferida pelo plasma (material formado por átomos de hidrogênio e de hélio ionizados), para as camadas superficiais do sol, por um mecanismo de convecção, isto é, o plasma próximo ao núcleo é mais quente, logo sua densidade é menor. Ao se deslocar em direção à superfície, ele se torna mais frio e retorna para mais próximo do núcleo, aquecendo-se novamente.

A parte mais externa do sol é formada por duas camadas denominadas de fotosfera e cromosfera. A fotosfera é uma região gasosa com espessura de aproximadamente 100 km e temperaturas bem mais amenas quando comparada com as temperaturas das zonas mais internas. Nesta região, a temperatura é em torno de 5.800 K e é possível observar a predominância de átomos neutros, isto é, não ionizados, como por exemplo, átomos de hidrogênio e hélio. Nesse ambiente, ocorrem excitações desses átomos (promoção de elétrons para níveis mais energéticos). Quando os átomos excitados decaem para o estado fundamental, ocorre a emissão de radiações eletromagnéticas em toda a faixa do espectro eletromagnético.

Como vimos anteriormente, a distribuição espectral da radiação solar é de aproximadamente 48% na faixa do infravermelho, de 44% na faixa do visível, de 7% na faixa do ultravioleta e 1% para os demais comprimentos de onda (raios X, raios gama, as micro-ondas e ondas de rádio).¹⁰

A seguir será feita uma abordagem mais específica para as radiações eletromagnéticas na faixa do ultravioleta, por estar o UV mais diretamente relacionada aos seus efeitos sobre nossa pele.

2.1 As radiações ultravioleta (UV) e as interações com a pele

Como vimos, luz solar é constituída de um amplo espectro de radiação, e nela podemos encontrar desde radiações menos nocivas às mais perigosas para a saúde humana, como a radiação ultravioleta. No entanto, os efeitos dessas radiações dependem de alguns fatores, como o tempo e a frequência de exposição, as características individuais da pele e a intensidade da radiação. Esses condicionantes, por sua vez, estão associados a fatores geográficos como altitude e latitude, e também a aspectos ambientais, como os meteorológicos e a poluição.^{14,15}

A radiação ultravioleta (UV) representa uma faixa do espectro solar que atinge a superfície da terra e compreende comprimentos de onda entre 100 e 400 nanômetros ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Ela é identificada como radiação não-ionizante, pois não possui a capacidade de retirar os elétrons da camada eletrônica dos átomos. Entretanto, esse tipo de radiação consegue promover elétrons para níveis energéticos superiores, em um processo conhecido como excitação eletrônica. Baseado nesse conhecimento a indústria farmacêutica desenvolveu determinados tipos de protetores solares.

A interação da radiação UV com o organismo humano ocorre de diferentes formas, variando de acordo com o nível energético que alcança a excitação eletrônica. As radiações de alta energia podem interagir diretamente com o DNA, portador da informação genética da célula, causando sérias alterações nos seres vivos; enquanto as de energia mais baixa provocam reações nas células mais profundas da pele, devido a seu maior potencial de

penetração.¹⁶

A partir dos estudos sobre a energia da radiação UV e da análise dos seus efeitos sobre a pele humana, pode-se compreender a necessidade do uso de protetores solares específicos em ocasiões de exposição excessiva à luz solar. A energia da radiação UV aumenta à medida que o comprimento de onda da radiação diminui e isso favorece a ocorrência de reações fotoquímicas. Por outro lado, a radiação UV de menor energia possui comprimento de onda maior, o que possibilita maior penetração nas camadas da pele.¹⁴ Essas relações entre energia e comprimento de onda permitem identificar características particulares de determinadas faixas de comprimento de onda da radiação UV, caracterizadas como UVC, UVB e UVA. A radiação ultravioleta do tipo C, UVC, situa-se na faixa de 100 a 280 nm e, sendo portadora de altas energias, é extremamente lesiva aos seres vivos. Normalmente, essa radiação não atinge a superfície da terra, pois é absorvida pelo oxigênio e ozônio presentes na estratosfera.¹⁵

Por sua vez, a radiação UVB é a que causa maior efeito sobre a pele, tanto positivos quanto negativos, e compreende os comprimentos de onda entre 290 a 320 nm. Os efeitos positivos envolvem a transformação de substâncias presentes na derme em vitamina D. Após ser formado, esse micronutriente é levado através da corrente sanguínea a diversos órgãos, contribuindo para o bom funcionamento do organismo. Os efeitos negativos surgem quando sua exposição torna-se excessiva, o que pode ocasionar eritemas leves, queimaduras solares, foto envelhecimento, lesões no DNA da célula, ou ainda suprimir a resposta imunológica da pele.^{14, 17}

Já a radiação UVA corresponde aos comprimentos de onda situados entre 320 e 400 nm e possui atividade sobre a pele de 800 a 1000 vezes menor que a UVB, além de ser a mais abundante das radiações na superfície terrestre, correspondendo a 95%. Essa radiação induz pigmentação da pele, promovendo o bronzeamento por meio da síntese de melanina e resultando em

escurecimento da pele. Um dos efeitos da radiação UVA na pele humana é a contribuição para a produção de eritemas, muito embora ocorram em menor grau, frente à radiação UVB. Os eritemas podem ocorrer em maior ou menor proporção dependendo de sua faixa de comprimento de onda, e essa característica permite subdividir a radiação UVA em UVA II (entre 320 e 340 nm) e UVA I (entre 340 e 400 nm). A radiação UVA II, além de eritema, provoca diminuição de células e lesões nos vasos da derme, enquanto a UVA I possui menor capacidade de produzir eritemas e pigmentação.^{14, 15} Segundo Flor, Davolos e Correa (2007),¹⁴ o uso dos protetores solares, voltados para a radiação UV, reduz os perigos da exposição ao sol. Em suas primeiras formulações, as substâncias constituintes desses protetores agiam apenas sobre a radiação UVB e permitiam o bronzeamento por meio da radiação UVA. Com as descobertas acerca dos males causados pela radiação UVA, a composição dos protetores solares foram incorporando substâncias e esses passaram a proteger em toda a faixa UVA/UVB.

Araújo e Souza (2008)¹⁸ classificam os protetores solares segundo a forma de proteção contra os raios ultravioleta. Os protetores possuem em sua composição diferentes substâncias, e de acordo com as suas características podem absorver a radiação UV, refletir a radiação UV ou ambos. Os protetores químicos absorvem os raios UV de um ou mais comprimentos de onda específicos como forma de proteção, transformando-o em outro tipo de energia. Alguns autores chamam esses protetores de orgânicos, devido à presença de compostos orgânicos em sua composição, que possibilitam a absorção da radiação.

Os protetores físicos protegem os usuários por meio da reflexão da radiação UV, funcionando como uma barreira física que não permite a passagem da radiação. A presença de óxidos metálicos em sua composição permite identificá-los, em algumas literaturas, como protetores inorgânicos.¹⁸

A necessidade de uso dos protetores solares pelos humanos tornou-se uma prática frequente nos últimos anos, tendo em vista o aumento dos índices de raios ultravioleta na terra e as consequências da exposição da pele a essa radiação. Apesar do aumento de informações acerca dos efeitos maléficos dessa radiação, bem como do desenvolvimento da medicina dermatológica e de produtos cosméticos, a busca pela proteção dos raios nocivos do sol remonta à Antiguidade.

3. Pitadas da história dos protetores solares

Segundo Linardi (2009),¹⁹ as civilizações antigas, como a egípcia, a grega e a romana, cultuavam a estrela Sol como uma divindade, havendo inclusive recomendação médica a exposição solar para fins terapêuticos. Apesar disso, essa prática era regulada, pois se acreditava que o sol em excesso poderia fazer mal. Os registros mais antigos acerca dos protetores solares são oriundos do Egito e datam 7800 a.C., sendo estes à base de mamona. Em complemento a esse produto, a história relata a existência de um “kit egípcio” para cuidados com a pele, no qual se incluía extrato de magnólia, para bloquear a incidência dos raios, além de jasmim e óleo de amêndoas, para hidratar a pele e o cabelo. Também se encontram referências a protetores solares na Grécia, em 400 a.C. Durante os jogos olímpicos, os atletas competiam desnudos em algumas modalidades e, para se protegerem do sol, usavam uma mistura de óleo de oliva e areia sobre o corpo.

Susana (2008)²⁰ afirma que na década de 1920, nos países da Europa e Ásia, a brancura da pele estava associada à classe de maior poder aquisitivo, enquanto a pele escura era característica da classe dos trabalhadores. A ligação entre pele bronzeada e beleza surgiu em 1930, especialmente na França, país natal da estilista Coco Chanel, uma grande

entusiasta do bronzamento. Em 1928, os Estados Unidos apresentaram o primeiro uso documentado de protetores, sendo estes formados por uma emulsão composta de salicilato e cinamato de benzila. No ano de 1935, surgiram, nos Estados Unidos, loções protetoras contendo compostos como ácido oléico, quinino e bissulfato de quinino. No ano seguinte, surgiu o primeiro filtro solar produzido em escala comercial pela L'Oreal®.

No entanto, o primeiro protetor realmente eficaz foi desenvolvido pelo farmacêutico americano Benjamin Greene, em 1944, após observar as queimaduras na pele dos soldados que voltavam da Segunda Guerra.¹⁹ A marca foi batizada de Coppertone® e tinha essência de jasmim. “No forno de sua esposa, ele criou uma substância vermelha e viscosa, a qual chamou de “red vet pet” (petrolato veterinário vermelho), que funcionava principalmente através do bloqueio físico dos raios solares por meio de um espesso produto originado do petróleo, similar à vaselina” (p. 1).²⁰

Em 1938, o estudante químico suíço Franz Greiter desenvolveu um filtro solar depois de se queimar severamente durante a escalada do pico Piz Buin, na fronteira entre Suíça e Áustria. O produto foi chamado de “Creme Glacier”, e foi desenvolvido em um pequeno laboratório na casa de seus pais. Na década de 1940, o PABA (ácido para-aminobenzóico) passou a ser prescrito pelos dermatologistas. Patenteado em 1943, esse protetor era comercializado na forma de creme em solução aquosa ou em álcool. Nas décadas seguintes, começaram a surgir usuários alérgicos a esses protetores, e a substância PABA foi retirada de suas composições químicas.²⁰

Lopes (2008)¹⁷ diz que só após dez anos da produção do protetor de Greene é que surgiriam os primeiros bloqueadores físicos produzidos em escala industrial. Eles estavam contidos em uma pomada banca e densa feita à base de óxido de zinco e protegiam contra 90 % da radiação solar, mas apresentavam o inconveniente de ser difícil de espalhar. Nos anos de 1950, surgiram os

protetores químicos, cujo aperfeiçoamento resultou nos protetores utilizados atualmente, bem mais fáceis de espalhar, não deixando o corpo melado ou brilhante. Na década de 1960, quando os protetores industrializados eram pouco conhecidos e a exposição à luz solar não representava tanto perigo como hoje, os banhistas só pensavam no assunto quando a pele começava a arder. Para aliviar a dor, recorria-se às formas mais criativas, como o uso do vinagre no Brasil.¹⁹

De acordo com Susana (2008),²⁰ na década de 1970, a agência americana Food and Drug Administration (FDA) constatou que o uso dos protetores solares proporcionava considerável proteção contra o câncer de pele, além de evitar o envelhecimento e as queimaduras solares. Essas pesquisas levaram à introdução da numeração do fator de proteção solar (FPS), uma avaliação sobre os efeitos da radiação UVB sobre a pele. A empresa norte-americana Coppertone® lançou, em 1980, o primeiro protetor solar com proteção UVA/UVB e a indústria dos cosméticos passou a incorporar nas suas formulações as substâncias que promovem a proteção a radiações solares.

Para Temperini (2007),²¹ a primeira marca de protetor solar foi introduzida no Brasil em 1984, pela empresa Johnson&Johnson®. A marca Sundown® possuía protetores com fatores de proteção FPS 4, 8 e 15, e foi responsável pelo conceito de FPS no mercado brasileiro, ensinando e sensibilizando as pessoas sobre a necessidade de proteção a radiação solar. “Hoje em dia, a indústria conta com pelo menos uma centena de moléculas anti-sol, que combinadas entre si, possibilitam a criação de produtos com diferentes fatores de proteção solar (FPS)” (p. 3).¹⁷

Segundo Flor, Davolos e Correa (2007)¹⁴ foi estimado, em 1992, que o mercado nacional de protetores solares comercializou 650 t de produtos, e dez anos mais tarde, em 2002, o mercado atingiu aproximadamente 4200 t. Tais números mostram a crescente importância dos depoimentos e apelos das associações médicas sobre as doenças advindas da exposição ao sol e o aumento de

diagnósticos de câncer de pele, proporcionada pelo avanço nas pesquisas dermatológicas. Isso nos induz a considerar um potencial de crescimento no uso dos protetores solares nos anos seguintes.

Para Lopes (2009),¹⁷ muito embora a ação benéfica do sol seja reconhecida, já que contribui para a síntese de vitamina D no organismo, as radiações solares nunca foram tão temidas. Acredita-se que isso se deva à destruição parcial da camada de ozônio, filtro natural de raios nocivos. Esta camada se encontra localizada entre 25 e 35 quilômetros da superfície da Terra, e filtra dois tipos de raios ultravioletas: UVA e UVB.

Em publicações da mídia podemos encontrar informações sobre o processo de destruição da camada de ozônio pela ação de poluentes lançados na atmosfera. Isso mostra que as preocupações dos cientistas sobre a diversidade de fenômenos da natureza, provocados por intervenções de caráter antropogênico, já fazem parte das inquietações da sociedade como um todo. Como consequência do depauperamento da camada de ozônio, que parece ter levado a uma menor proteção da pele contra raios solares, surgiu a necessidade do uso mais frequente de protetores solares de elevada eficiência.

O desenvolvimento dos mais diversos tipos de proteção contra os raios UV só foi possível graças ao estudo mais aperfeiçoado da pele humana, em que se constatou o nível de alcance das radiações UV no organismo humano e as pesquisas sobre esse tipo de radiação, bem como às consequências a curto e longo prazo para a saúde das pessoas, aliado às descobertas e à síntese de substâncias químicas cada vez mais eficientes nessa função.

4. Como a Ciência explica o funcionamento dos protetores solares

Na formulação de protetores solares orgânicos podem ser utilizadas diferentes moléculas, de acordo com o fabricante e a faixa de radiação UV que se quer evitar. A estrutura da molécula orgânica utilizada pode absorver apenas radiação UVA, somente UVB, ou ainda, ambas como já mencionado. Já no protetor inorgânico, o que caracteriza a faixa de absorção e reflexão é o tamanho das partículas e sua dispersão no veículo do protetor.

As moléculas orgânicas presentes nos protetores solares orgânicos, em sua maioria, são compostos aromáticos que possuem grupos carboxílicos nas posições *orto* ou *para*. Essas moléculas possuem a capacidade de absorver a radiação UV incidente e transformá-la em outro tipo de radiação, menos nociva ao ser humano, como o infravermelho. A faixa de frequência UV absorvida depende das características dos grupos funcionais presentes no anel aromático do composto, bem como da posição que ocupam no anel. Esses grupos apresentam diferentes interações no anel aromático, podendo ser doadores e receptores de elétrons. Os doadores possuem a característica de contribuir para o efeito de ressonância do anel e, conseqüentemente, para sua estabilidade. Os grupos receptores de elétrons têm efeito contrário, diminuem o efeito de ressonância e desestabilizam o anel.¹⁴ A Tabela 1 mostra os efeitos dos substituintes na estabilidade do anel.

Tabela 1. Efeito dos Grupos Substituintes nas Reações de Substituição Aromática Eletrofílica. Adaptado da Tabela 16.2 de McMurry (2005)²²

SUBSTITUINTE	REATIVIDADE	ORIENTAÇÃO	EFEITO DE RESSONÂNCIA
-CH ₃	Ativador	<i>Orto; Para</i>	Nenhum
-OH, -NH ₂	Ativador	<i>Orto; Para</i>	Forte; doador de elétron
-F, -Cl, -Br, -I	Desativador	<i>Orto; Para</i>	Fraco; doador de elétron
-N ⁺ (CH ₃) ₃	Desativador	<i>Meta</i>	Nenhum
-NO ₂ , -CN, -CHO, -CO ₂ CH ₃ , - COCH ₃ , -CO ₂ H	Desativador	<i>Meta</i>	Fraco; receptor de elétron

A contribuição dada pelos substituintes ao efeito ressonante limita as faixas de comprimento de onda absorvidas pelos compostos moleculares presentes nos protetores solares. A Teoria do Orbital Molecular (TOM) possibilita uma maior compreensão dos efeitos de absorção da radiação UV pelas moléculas orgânicas. Pela TOM, podemos identificar em uma dupla ligação do anel aromático, a existência de seis orbitais moleculares, sendo três ligantes e três antiligantes, separados por uma diferença de energia entre determinados orbitais. A diferença de energia entre o orbital molecular ocupado de maior energia (denominado HOMO) e o orbital molecular vazio de menor energia (conhecido como LUMO) define a faixa do comprimento de onda absorvido. A Mecânica Quântica estabelece que a variação de energia entre esses orbitais é diretamente proporcional à frequência da onda absorvida, de acordo com a expressão

$$\Delta E = hv,$$

sendo h a constante de Plank e v a frequência da radiação. Para que ocorra uma transição eletrônica do HOMO para o LUMO é preciso que haja absorção de radiação com energia suficiente (UV), e o retorno dos elétrons excitados aos orbitais de origem implicará em emissão de radiação com energias mais baixas, ou seja, de comprimentos de onda mais altos que o da radiação ultravioleta.²²

Para um composto orgânico que contenha em seu anel aromático um substituinte receptor de elétrons, como o -NO₂, o efeito na ressonância do anel é fraco, conforme descrito na Tabela 1. Assim, o composto aumentará a energia dos orbitais ligantes e diminuirá a energia dos orbitais antiligantes, resultando em um ΔE menor. A redução do ΔE implica em uma absorção de radiação com maior comprimento de onda. Dessa forma, conforme o tipo de substância utilizada nos protetores solares pode-se ter diferentes faixas de absorção de radiação UV (ver Figura 4).

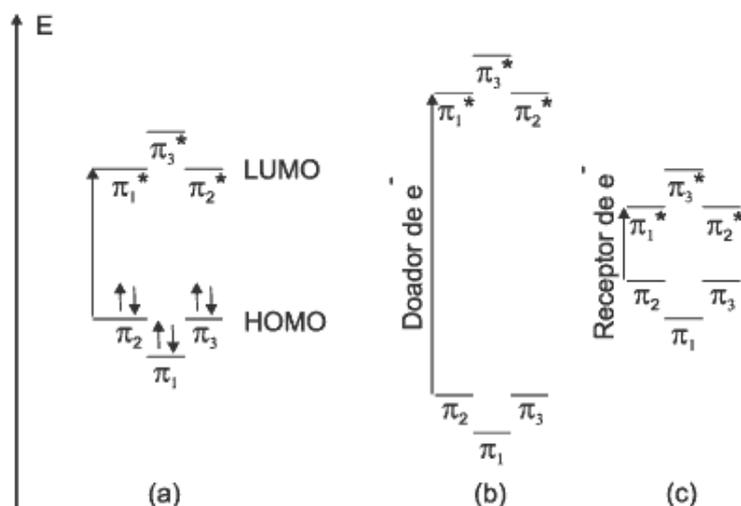


Figura 4. Diagramas de orbitais moleculares: (a) benzeno simplificado, (b) e (c) o mesmo com alterações pela adição de grupos doadores ou receptores de elétrons, respectivamente.

Adaptado de Flor, Davolos e Correa (2007)¹⁴

Um bom exemplo de substância para ilustrar o que foi explicitado é o ácido p-aminobenzóico (PABA) por ser uma substância que possui um máximo de absorção em 283 nm, envolvendo parte da região UVC e toda região UVB, conforme Figura 5. Nela estão presentes dois grupos substituintes, o forte grupo doador de elétrons $-\text{NH}_2$ e o fraco grupo receptor de elétrons $-\text{COOH}$.¹⁴ Devido à posição *para* do grupo amino e do grupo carboxílico, são observadas no PABA várias características químicas, como alteração da cor, cristalização, nível de solubilidade em água e alteração do pH. O PABA apresenta os inconvenientes de baixa solubilidade em água, provoca manchas nas roupas e na pele e possui um elevado histórico de indivíduos com hipersensibilidade a ele. Os problemas encontrados devido ao uso dos protetores contendo o PABA contribuíram para a redução de seu uso, e levaram a aplicação de protetores derivados do PABA, assegurando proteção UVB e melhorando as características químicas e cosméticas do produto.¹⁵

Segundo Flor, Davolos e Correa (2007),¹⁴ o

derivado do PABA, octildimetilPABA (Escalor 507), apresenta deslocamento máximo de absorção em 311 nm, correspondente apenas à região UVB. No anel aromático estão presentes o grupo doador de elétrons - $\text{N}(\text{CH}_3)_2$ e o grupo receptor de elétrons - COOR , bem mais eletronegativo que o $-\text{COOH}$, resultando em uma redução de energia entre os orbitais HOMO e LUMO, ou seja, em um aumento do comprimento de onda absorvido (Figura 6). Outros derivados do PABA utilizados são o Glicerol PABA e o Hidroxi-propil PABA.

O efeito da redução da energia entre os orbitais das moléculas do protetor solar pode ser ainda maior quando se utiliza o 1-(4-terc-butilfenil)-3-(4-metoxifenil) propano-1,2-diona. Nele não há presença de grupos doadores de elétrons, apenas o grupo mais eletronegativo COCH_2COAr , em relação aos substituintes do PABA e do octildimetilPABA. Essa característica do substituinte possibilitará uma absorção de maior comprimento de onda, 358 nm, correspondente a uma absorção na faixa do UVA, como se pode ver na Figura 7.¹⁴

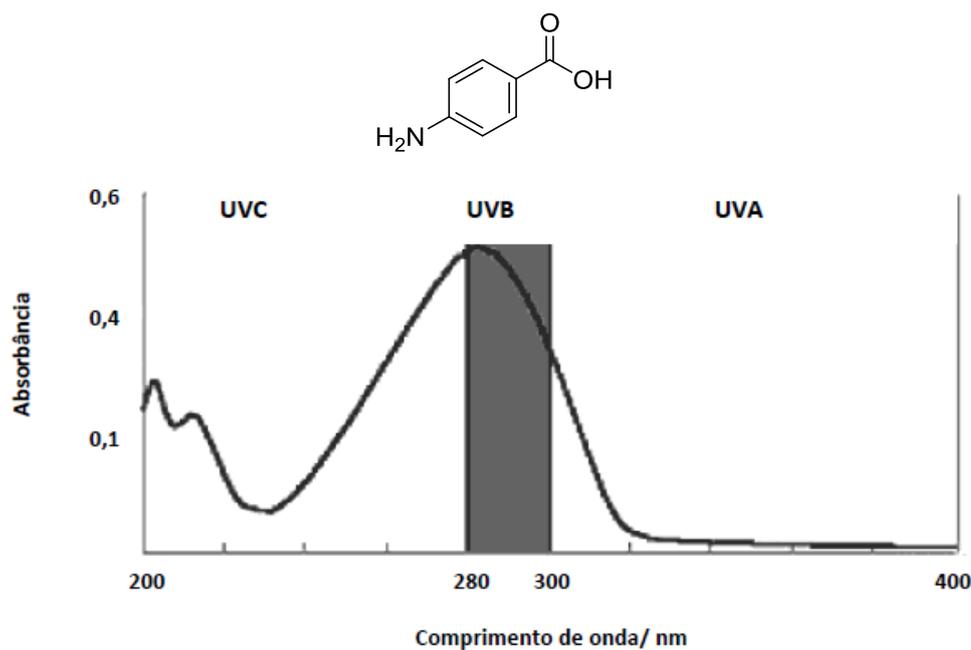


Figura 5. Fórmula estrutural e espectro de absorção do protetor ácido p-aminobenzóico (PABA), 5,09 mg L⁻¹ em etanol. Adaptado de Flor, Davolos e Correa (2007)¹⁴

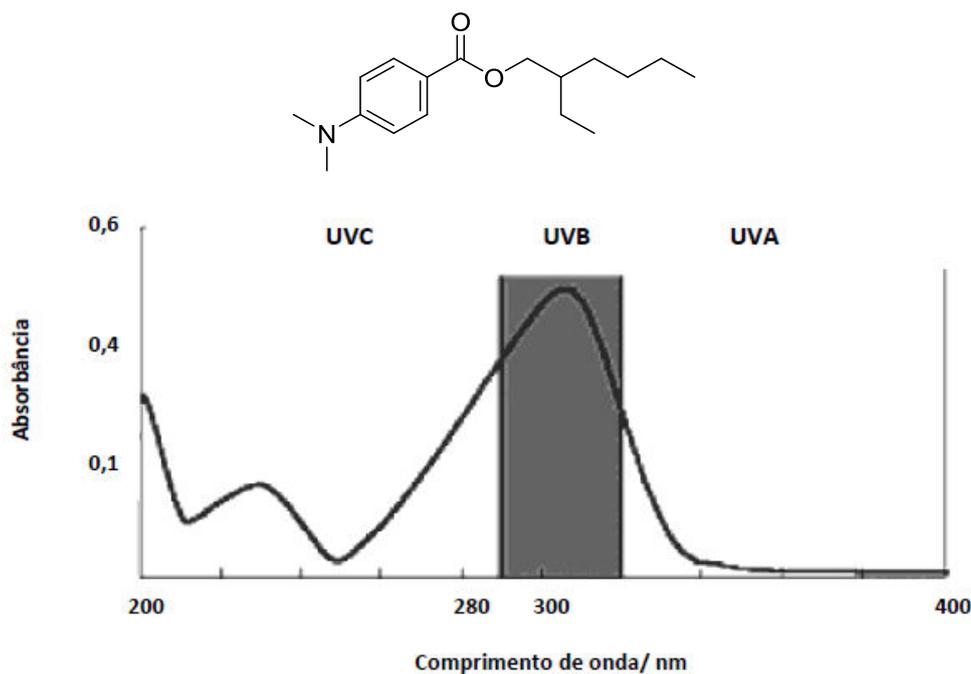


Figura 6. Fórmula estrutural do espectro de absorção do filtro p-Metoxicinamato de 2 etil-hexila (OctildimetilPABA), 5,16 mg L⁻¹ em etanol. Adaptado de Flor, Davolos e Correa (2007)¹⁴

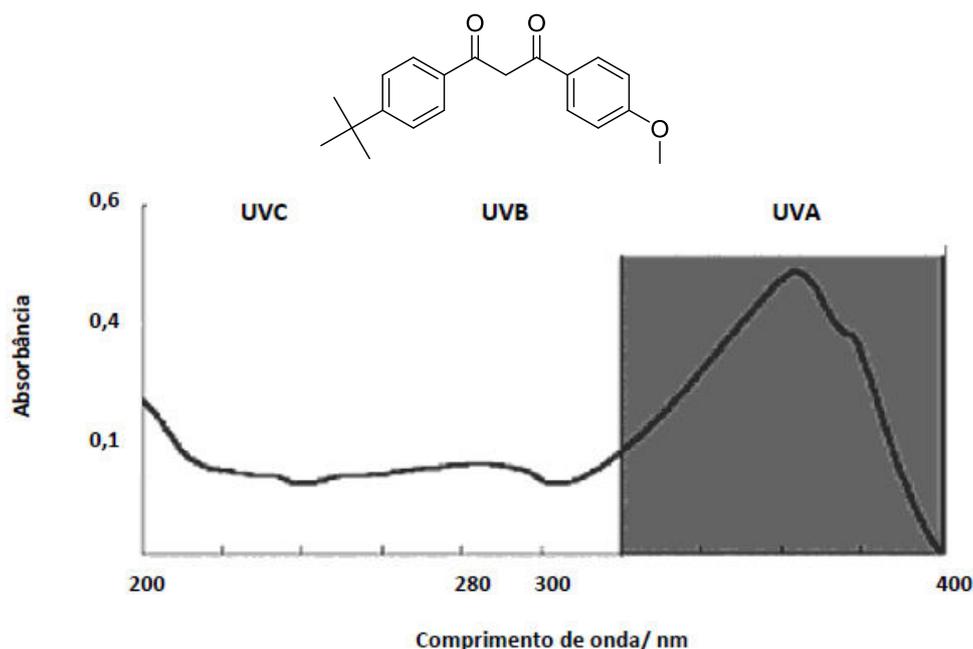


Figura 7. Fórmula estrutural e espectro de absorção do filtro 1-(4-terc-butilfenil)-3-(4-metoxifenil) propano-1,2-diona (Butil Metoxi-dibenzoil-metano), 5,20 mg L⁻¹. Adaptado de Flor, Davolos e Correa (2007).¹⁴

Segundo Ribeiro (2004),²³ outros fatores podem contribuir para a redução ou aumento de energia entre os orbitais HOMO e LUMO. A ligação de hidrogênio intramolecular presente nos salicilatos orto-substituídos (Figura 8), como o salicilato de benzila, de octila, de homomentila, de trietanolamina, entre outros; faz com que o composto absorva radiação UV em 300 nm. A indisponibilidade dos elétrons em suas estruturas impede as interações com outros componentes ou substratos biológicos da pele ou com os solventes nos quais o

composto pode estar imerso. Isso torna a estrutura desses compostos, estável em qualquer meio. Já o ácido *para*-hidroxibenzóico, por possuir os substituintes do anel na posição *para*, impossibilita a ligação de hidrogênio intramolecular e faz com que o comprimento de radiação absorvido por esses compostos diminua para 270 nm. Este ácido dá origem aos parabenos (Figura 9), uma classe de ésteres utilizados como conservantes em cosméticos e medicamentos.

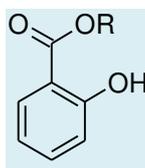


Figura 8. Estrutura geral dos salicilatos

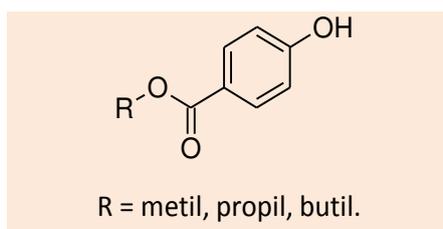


Figura 9. Estrutura geral dos parabenos

Os cinamatos também são utilizados na proteção solar. Em combinação com o salicilato de benzila, o benzilcinamato, é uma das substâncias mais utilizadas para a proteção UVB. A insaturação extra, presente em sua estrutura, conjugada com o anel aromático e o grupamento carbonila contribui para o deslocamento eletrônico. A transição eletrônica corresponde ao comprimento de onda de 305 nm.²³

Na categoria das cetonas aromáticas, as benzofenonas são as que mais se aplicam em protetores solares. A presença de substituintes doadores de elétrons nas posições orto e/ou para, aumenta a deslocalização por ressonância, com participação do grupamento carbonila como receptor. As energias dessas transições correspondem a comprimentos de onda acima de 320 nm, protegendo contra radiação UVA.²³ Para ampliar o espectro de fotoproteção, filtros solares obtidos a partir da modificação de formulações contendo benzofenona têm sido patenteados. Nela são acrescentados íons de metais alcalinos, zinco, amônia, derivados fenólicos e complexos

minerais oxidados.¹⁵

Pesquisas realizadas na Universidade de Brasília, constataram que compostos sintetizados a partir do líquido da castanha de caju (LCC) absorvem a radiação solar UVA e UVB com fatores de proteção solar (FPS) entre 7 e 9. O grupo de estudo preparou derivados do LCC, subproduto da castanha de caju, primeiramente contendo o grupo benzofenona (absorção UVA), e em seguida, com o grupo cinamato (absorção UVB). A benzofenona não apresentou resultado, ao passo que os cinamatos do cardanol, componente de alta concentração no óleo, apresentaram resultados satisfatórios, similar aos filtros existentes no mercado (Figura 10). A presença de uma longa cadeia nesses compostos torna-os lipossolúveis, aumentando a absorção pela pele e não saindo facilmente quando em contato com a água. Apesar dessas evidências, os testes só foram realizados em animais de laboratório e testes em seres humanos só serão realizados após a formulação de um creme que possa ser aplicado sobre a pele.²⁴

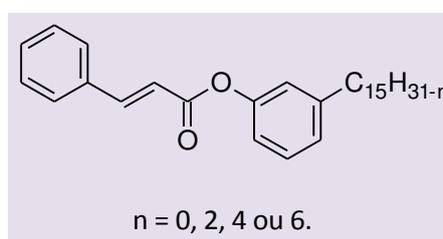


Figura 10. Estrutura dos cinamatos de cardanóis

Os ésteres aromáticos antranilatos ou aminobenzoatos geralmente apresentam os seus grupamentos na posição orto e, por isso,

também são conhecidos como orto-aminobenzoatos. Sua estrutura permite uma maior deslocalização do elétron e,

consequentemente, uma transição eletrônica de baixa energia, a 336nm para o metil-antranilato.²³ Devido à absorção UVA pelos antranilatos ser pequena, seu uso costuma ser associados a outros protetores absorventes do UVB, apesar de possuírem boa estabilidade e solubilidade em suas formulações.¹⁵

Os derivados de cânfora absorvem segundo os mesmos princípios de deslocalização eletrônica, protegendo contra radiações UVB, entre 290 e 300 nm. No Brasil, Estados Unidos e Países Europeus tem-se utilizado o ácido 2-fenilbenzimidazol-5-sulfônico como protetores solares, assim também como os extratos vegetais.²³

Embora existam muitas substâncias orgânicas com atividade foto protetora, elas não são as únicas a serem utilizadas na composição dos protetores solares. Na classe dos protetores inorgânicos, o dióxido de titânio, óxido de zinco, cromo, cobalto e estanho estão entre as substâncias utilizadas em sua composição. Embora sejam oriundos de metais, o dióxido de titânio e o óxido de zinco são as substâncias mais utilizadas, pois possuem propriedades óticas diferentes, quando na forma de micropartículas. Por apresentarem baixo potencial de irritação, esses protetores são mais recomendados para uso em crianças e pessoas com peles sensíveis.^{15, 18}

De acordo com Flor, Davolos e Correa (2007),¹⁴ o tamanho das partículas dos óxidos presentes nos protetores inorgânicos define o efeito de proteção da radiação incidente, e contribui também para melhorar a aparência cosmética do produto. Tamanhos adequados garantem um bom espalhamento de luz UV. Quanto mais próximos o diâmetro das partículas do protetor e o comprimento da luz incidente, melhor o espalhamento da luz.

Mesmo com boas características fotoprotetoras, os protetores inorgânicos apresentam o inconveniente de deixar uma película branca sobre a pele. No entanto, novas versões do tamanho das partículas, de 70 a 200 nm, permitem que o protetor

absorva e espalhe apenas radiação UV, e não mais a radiação da faixa do visível. Isso reduz a película perceptível sobre a pele e melhora a estética após a aplicação do produto.

Para que aja a interação das micropartículas com a luz, elas devem estar adequadamente dispersas no veículo, sempre as mantendo em suspensão para evitar a aglomeração de partículas, e a consequente redução no desempenho do protetor. A coalescência ou formação de agregados maiores podem ser evitadas adequando o pH da emulsão. Em um determinado pH, a superfície do sólido passa a ter carga nula e nesse momento as partículas coalescem, por isso é preciso avaliar o tratamento dado à superfície do protetor.¹⁴

Os protetores inorgânicos apresentam um amplo espectro de absorção, sendo associados a protetores orgânicos para aumentar o FPS ou limitar a penetração percutânea dos mesmos. O óxido de zinco possui eficiência máxima de reflexão da radiação UV com partículas de cerca de 800 nm. O dióxido de titânio apresenta melhor reflexão em partículas de 250 nm. Partículas com tamanho abaixo de 800nm apresentam uma queda drástica na eficiência de reflexão, e partículas abaixo de 200 nm tornam os protetores solares virtualmente invisíveis.¹⁸

Além do tamanho das micropartículas utilizadas em protetores solares inorgânicos, é necessário ressaltar a importância de outra propriedade: o índice de refração. Quanto maior o valor do índice de refração maior será a visibilidade das partículas. O dióxido de titânio apresenta um índice de refração de 2,6, enquanto o óxido de zinco, 1,9. Isso significa que o óxido de zinco pode ser mais facilmente usado em formulações de protetores solares, tendo em vista sua menor visibilidade.¹⁸

A formulação de um protetor solar envolve não apenas o uso de substâncias com características de absorção e reflexão, mas também a sua dispersão em um veículo adequado. Diversos são os veículos possíveis de serem usados em protetores solares,

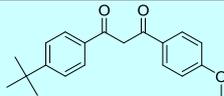
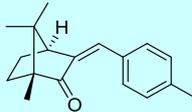
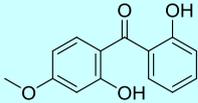
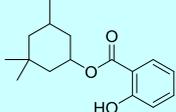
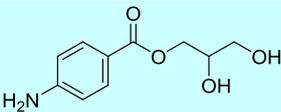
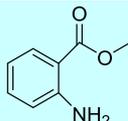
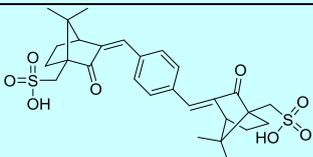
envolvendo desde simples soluções até emulsões.¹⁴

As loções hidro alcoólicas são compostas principalmente de água e álcool, e apresentam bom espalhamento sobre a pele e rápida evaporação. Seu uso, no entanto, tem sido questionado devido aos baixos níveis de proteção obtidos. Já as emulsões representam o que há de melhor em veículos para os protetores. Por possuírem componentes apolares e polares as emulsões carregam estruturas hidrossolúveis e lipossolúveis, o que torna seu uso bastante saudável.¹⁴

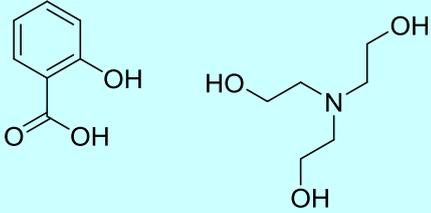
Existem ainda os géis, veículos obtidos a partir de espessantes hidrofílicos. Geralmente, eles não oferecem os mesmos níveis de proteção das emulsões e sua transparência exige que as substâncias protetoras sejam hidrossolúveis. Os protetores inorgânicos evitam o uso dos géis como veículos, pois resultam em aglomerações visíveis ao olho do consumidor e baixo índice de proteção.¹⁴

A Tabela 2 a seguir apresenta algumas das substâncias empregadas como filtros químicos e físicos e suas respectivas faixas de absorção.

Tabela 2. Substâncias comumente usadas como filtros químicos e físicos em formulações de protetores solares. Adaptado de Torres (2005).²⁵

Ingrediente / CAS	Nomenclatura INCI*	Faixa de Proteção (nm)	Proteção UVA	Proteção UVB	Estrutura
Avobenzona 70356-09-1	Butyl Methoxydibenzoylmethane	400 - 320	Sim	Não	
4-Metilbenzilideno Cânfora 36861-47-9	4-Methylbenzylidene Camphor	300 - 290	Não	Sim	
Dioxibenzona 131-53-3	Benzophenone-8	390 - 250	Sim	Não	
Homosalato 118-56-9	Homosalate	330 - 294	Sim	Não	
Lisadimato 136-44-7	Glyceryl PABA	315 - 264	Não	Sim	
Menthyl Anthranilate 134-20-3	Methyl Anthranilate	380 - 260	Sim	Não	
Mexoryl SX 92761-26-7	Terephthalylidene Dicamphor Sulfonic Acid	400 - 290	Sim	Sim	

Octocrileno 6197-30-4	Octocrylene	360 - 350	Não	Sim	
Octilmetoxicinamato 5466-77-3	Ethylhexyl Methoxycinnamate	320-290	Não	Sim	
Octilsalicilato 118-60-5	Ethylhexyl Salicylate	320 - 289	Não	Sim	
Padimate O 21245- 02-3	Ethylhexyl Dimethyl PABA	315 - 290	Não	Sim	
Ácido p- aminobenzóico 150- 13-0	PABA	313 - 260	Não	Sim	
Fenilbenzimidazol 27503-81-7	Phenylbenzimidazole Sulfonic Acid	340 - 290	Não	Sim	
Roxadimato 58882- 17-0	Ethyl Dihydroxypropyl PABA	330 - 289	Não	Sim	
Sulisobenzona (Eusolex 4360) 4065-45-6	Benzophenone-4	375 - 260	Sim	Não	

Salicilato de trolamina 2174-16-5	Tea-Salicylate	320 - 260	Sim	Não	
Dióxido de titânio 13463-67-7	Titanium Dioxide	700 - 290	Sim	Sim	
Óxido de zinco 1314-13-2	Zinc Oxide	700 - 200	Sim	Sim	

* INCI – “International Nomenclature of the Cosmetic Ingredients”.

Da observação da Tabela 2, nota-se que os filtros químicos absorvem apenas parte do espectro da radiação UV. As formulações disponíveis no mercado devem combinar diferentes filtros químicos a fim de alcançar uma ampla faixa de espectro. Filtros físicos, como o dióxido de titânio e óxido de zinco, são capazes de cobrir uma ampla faixa do espectro. Porém esses óxidos metálicos comprometem o fator estético, uma vez que deixam um aspecto esbranquiçado na pele.

Além disso, a eficiência de um protetor solar é mensurada pelo fator de proteção solar ou FPS. Segundo Flor; Davolos; Correa (2007),¹⁴ para o cálculo do FPS considera-se o tempo que uma pessoa poderá ficar exposta à radiação UVB sem que ocorra a formação de eritemas (*Dose Mínima Eritematosa – DME*). O valor do FPS é dado pela razão entre a DME para uma pele com proteção e a DME para uma pele sem proteção.

$$FPS = \frac{DME \text{ (pele com proteção)}}{DME \text{ (pele sem proteção)}}$$

Conforme exemplificado por Costa e Silva (1995),²⁶ “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” (p. 5).

Sem desconsiderar a proteção contra os raios UV, fornecida pelos filtros solares, uma discussão tem sido levantada na mídia.

Alguns filtros químicos absorvem apenas na região do UVB, deixando a pele desprotegida contra os raios UVA. Tal fato não é surpreendente diante do que foi tratado até o momento neste texto. Porém, a polêmica maior reside na especulação de que alguns filtros químicos poderiam ser absorvidos pela pele acarretando em alterações hormonais, como discorreremos mais adiante.

4.1. O bronzeamento numa perspectiva sociocultural e psicológica

Muitas pessoas, a despeito dos riscos inerentes a uma exposição excessiva aos raios solares, adotam a prática do bronzeamento, na maioria das vezes, sem a devida proteção. Koblenzer (1998)²⁷ menciona em um estudo realizado com pacientes que tiveram câncer de pele, que mesmo após o tratamento, alguns deles não passaram a utilizar protetores solares adequadamente. Segundo a autora, esses pacientes “não sentiram que o câncer de pele foi um problema tão sério a ponto de fazê-los abandonar o bronzeado, o qual fazia sentirem-se bem” (p. 422). Para Arthey e Clarke (1995),²⁸ embora a população possua um bom nível de conhecimento acerca dos perigos de uma exposição excessiva ao sol, tal consciência não tem levado necessariamente a uma mudança de comportamento. Robinson *et al.* (1997)²⁹ também compartilham desse entendimento de que embora os programas de prevenção e

controle do câncer de pele sejam eficazes em aumentar o conhecimento sobre os riscos, a adoção de atitudes preventivas não tem sido algo proporcional.

Koblenzer (1998)²⁷ menciona em seu trabalho que uma exposição aos raios UVA por cerca de 15 minutos provoca uma grande elevação nos níveis de β -endorfina e β -lipotropina, Arthey e Clarke (1995)²⁸ afirmam que a elevação desses níveis proporciona uma melhora do humor. Entretanto, para esses autores não existem evidências médicas que sugiram uma melhora na saúde com a prática do bronzeado. Mais do que um hábito ou um simples resultado da falta de proteção adequada, com implicações bioquímicas e dermatológicas, o bronzeado deve ser considerado numa perspectiva sociocultural e psicológica.

Em seu estudo, Robinson *et al.* (1997)²⁹ menciona que os adolescentes estudados sentem-se melhor quando estão ao ar livre. Nesse sentido, a exposição ao sol está relacionada com uma maior possibilidade de interação com os amigos. Aprofundando a questão sociocultural, para Koblenzer (1998)²⁷, a pele é caracterizada, dentre outras coisas, pela capacidade de transmitir mensagens. Segundo ela, em diversos contextos culturais a cor da pele carrega mensagens numa comunicação não verbal. Para os antigos, a cor negra estava associada à força, à vitalidade e à fertilidade. Em diversas culturas a cor branca estava associada à pureza. Na Índia, por exemplo, a pele clara dava indícios de que o indivíduo pertencia a uma casta superior.

Ainda segundo Koblenzer (1998),²⁷ no ocidente a pele clara era um indicativo de status. Fornecia a mensagem de que a pessoa não necessitava trabalhar ao ar livre em atividades “braçais” provavelmente por possuir empregados que realizavam tais atividades. Conforme mencionam Arthey e Clarke (1995)²⁸, pele bronzeada indicava pobreza, a classe trabalhadora. Dessa forma, pessoas com a pele mais bronzeada eram associadas às atividades laborais tidas como “menos nobres”.

Porém, com a Revolução Industrial e a saída de pessoas do campo para as fábricas, a pele bronzeada passou a transmitir outra mensagem. Muitos que se expunham ao sol durante o trabalho passaram a trabalhar à sombra nos galpões das fábricas. Bronzear-se passou a ser uma questão de status, uma vez que as pessoas mais abastadas poderiam dedicar mais tempo às viagens e às atividades de lazer ao sol.

A designer de moda francesa, Coco Chanel, contribuiu enormemente para que o bronzeado se tornasse algo “*fashion*”, ainda na década de 1920. Na década seguinte, a prática de bronzear-se foi adotada como forma de alcançar benefícios sociais e intelectuais. Estar bronzeado ressaltava a boa condição física, a inteligência e um bom caráter, conforme Koblenzer (1998).²⁷ Em adição a isso, a descoberta de que a radiação UV poderia destruir o bacilo causador da tuberculose, médicos e pais incentivaram nas crianças o hábito de tomar banho de sol como uma prática saudável.

Para Koblenzer (1998),²⁷ a associação antiga da cor negra com um ideal de força e fertilidade talvez ainda perdure no inconsciente das pessoas, de modo que a pele escura transmite uma mensagem de maior potencial e maior atividade sexual. Nos estudos de Broadstock, Borland e Gason (1992),³⁰ observa-se que um aspecto bronzeado é tido como mais fisicamente atrativo do que outro não bronzeado. Conforme Koblenzer (1998),²⁷ na nossa cultura o branco muitas vezes é associado à bondade e pureza, algo menos excitante ou atraente para muitos. Essa referência à sexualidade provavelmente contribui, mesmo que inconscientemente, para a adoção de um visual bronzeado, mesmo diante dos riscos da exposição aos raios UV. Na nossa cultura, uma pele pálida pode denotar uma má alimentação ou fraqueza.

Os efeitos adversos da exposição ao sol parecem não representar prejuízo, na compreensão de muitos que se bronzeiam. Para Koblenzer (1998),²⁷ a descamação da pele pode representar, inconscientemente,

uma renovação, purificação, “um desejo inconsciente pela imortalidade” (p. 425).

A busca pela pele bronzeada, enquanto tida como mais atraente, ocorre também no sentido de alcançar uma maior aceitação do grupo social. Conforme a autora, pessoas atraentes recebem mais respostas sociais positivas e possuem maior tendência a receber um bom tratamento na escola, até mesmo a conseguir melhores salários.

Alguns adeptos do bronzeado, embora conheçam os riscos de uma exposição excessiva ao sol, creem que tais problemas são superados pelos “benefícios” alcançados, conforme mencionam Arthey e Clarke (1995).²⁸ Para esses autores a crença em tais benefícios pode ser resultado do “reforçamento positivo direto ou indireto de outras pessoas” (p. 268). Para eles, ao receberem elogios sobre o visual bronzeado, as pessoas sentem-se encorajadas a continuar se expondo ao sol sem a proteção adequada.

Além dessas questões abordadas que inegavelmente contribuem para a prática do bronzeamento, diversos fatores são apontados pelas pessoas como justificativas para não se protegerem do sol. De acordo com o trabalho de Koblenzer (1998),²⁷ os homens geralmente se protegem menos que as mulheres. Para alguns homens, o uso de itens de chapelaria (chapéus, bonés etc.) é responsável pela calvície. Já o uso de camisas é algo desconfortável devido ao calor, ou ainda, algo para os “fracos”. No que diz respeito aos protetores solares, muitos homens o consideram como um item caro, difícil de ser usado, pegajoso e ainda se encontra alguns que dizem ser “coisa para mulher”. Quanto às mulheres, muitas consideram o protetor solar um item caro e difícil de ser usado. No entanto, para algumas, o uso de roupas que previnam uma exposição ao sol muitas vezes as fazem sentir-se fora de moda ou não atraentes.

Desse modo, compartilhando do entendimento de Broadstock, Borland e Gason (1992),³⁰ os adeptos do bronzeado demonstram uma preocupação com uma

aparência atraente e saudável, em prejuízo de um corpo realmente saudável. A necessidade de um bom reconhecimento social faz com que para muitos o “parecer” seja mais desejado que o “ser”.

5. O uso de protetores solares: consequências sociais e ambientais

Janjua *et al.* (2004)³¹ estudaram três filtros químicos: benzofenona-3; octil metoxicinamato e 3-(4-metilbenzilideno) cânfora. Após a aplicação tópica, esses três filtros foram detectados no plasma e na urina dos voluntários. Os autores concluíram que existe uma significativa penetração na pele, absorção sistêmica, seguida de uma excreção urinária dessas substâncias. Ainda, os autores comentam que a “presença sistêmica desses três filtros solares, entretanto, não significa que haja alguma influência nos níveis de hormônios reprodutivos endógenos em homens jovens e mulheres na pós-menopausa” (p. 58).

Contudo, para Janjua *et al.* (2004),³¹ as crianças na fase da pré-puberdade, devido aos seus baixos níveis de hormônios reprodutivos endógenos, são mais sensíveis a pequenos níveis de ação hormonal. Também, segundo os autores os mecanismos de eliminação de drogas são menos desenvolvidos que em adultos, além de as crianças possuírem uma maior área superficial por peso corpóreo em relação aos indivíduos adultos, possibilitando uma maior absorção e bio-acumulação. Desse modo, os autores consideram que havendo um estudo semelhante, realizado com crianças, existe a possibilidade de se observar efeitos adversos.

Posteriormente, uma nova suspeita foi levantada de que algumas substâncias presentes em protetores solares estariam atuando como hormônio sexual feminino.¹³ Isto decorre do fato de que substâncias tais como 3-(4-metilbenzilideno, benzofenona e octilmetoxicinamato penetram no organismo após aplicação do protetor solar sobre a pele. A presença destes compostos tanto no

sangue como na urina de voluntários foi detectada. Essas substâncias atuam como falsos hormônios e podem alterar o ciclo menstrual e causar problemas, tais como endometriose e anormalidades na parede uterina, em mulheres usuárias. Já nos homens, elas podem causar alteração na quantidade de espermatozóides e atrofia dos testículos. No entanto, o risco potencial existe, apesar dos resultados obtidos não indicarem alterações, dentro do período de tempo que a pesquisa foi feita.³²

Mais recentemente, resultados de pesquisas³² realizadas no Brasil apontam a presença de substâncias denominadas de interferentes endócrinos em golfinhos. Estas substâncias podem provocar alterações no sistema hormonal de mamíferos. Estas substâncias estão presentes não só nos protetores solares como também em cremes de beleza, xampus, maquiagens e até mesmo em tintas para automóveis. Um exemplo de tal substância é o octocrileno, usado como filtro solar na maioria dos protetores solares comerciais. Altos teores desta substância foram encontrados no fígado de golfinhos, capturados na faixa litorânea que vai do Rio Grande do Sul ao Espírito Santo. Os teores de octocrileno variaram de 90 a 780 nanogramas por grama de lipídio do animal. O limite aceito é de 23 nanogramas por grama. Adicionalmente, a análise de uma fêmea grávida indicou a presença de octocrileno na placenta. Uma hipótese plausível é que se ocorre contaminação na placenta de golfinhos, é provável que o mesmo tipo de situação possa ocorrer na placenta humana.

Este fato é extremamente preocupante, pois experimentos realizados com ratos mostraram que interferentes endócrinos provocaram o aparecimento simultâneo de órgãos sexuais femininos e de sistema nervoso central característico de indivíduos do sexo masculino, num mesmo animal. Isto é decorrente da estimulação da produção de hormônio feminino (estrogênio) e inibição da produção de hormônio masculino (testosterona). Estudos realizados na Universidade de Zurick mostraram a presença

de octocrileno em leite materno. A contaminação foi associada ao uso de cosméticos e filtros solares.³²

Os estudos sobre os efeitos dessas substâncias no organismo estão se ampliando e as primeiras medidas de controle começam a aparecer. Mais recentemente, nos Estados Unidos, já é obrigatório o destaque nos rótulos de filtros solares a presença de substâncias tais como octocrileno, benzofenona, oxibenzona e vários outros.

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) é o órgão responsável pela avaliação e regulamentação dos produtos usados como filtros solares comerciais. A agência ainda não tem um posicionamento sobre essa questão.

6. Considerações Finais

Ao final da leitura desse texto, esperamos que o leitor possa perceber quão dinâmico é o conhecimento científico e como ele se faz presente em nossas vidas. A compreensão científica do que é a luz e de como ela interage com nossa pele tem levado a uma série de pesquisas importantes na área de medicina dermatológica. Os resultados desses estudos têm se traduzido no desenvolvimento de cosméticos, como os filtros solares, de inúmeros tratamentos à base de laser, de diagnóstico de doenças de pele e até de vestimentas que nos protegem do sol. No entanto, nossa interação com esses produtos e deles com o meio acabam gerando novas demandas para Ciência e até provocando a revisão ou o refinamento de conhecimentos consolidados.

Inserir temáticas em aulas de Ciência possibilita ao professor apresentar não somente o corpo de conhecimento produzido, mas permite discutir o processo pelo qual o conhecimento foi desenvolvido, como esse conhecimento se traduz no dia a dia, quão importante socialmente ele tornou-se, quais demandas ele gerou e até como se deu a evolução de um determinado conceito

estruturante. Por isso, defendemos a inserção em aulas de Química de temáticas sociocientíficas, entremeadas por aspectos políticos, ambientais, tecnológicos, econômicos, psicológicos e até filosóficos. Essas temáticas promovem significação aos conceitos abstratos das Ciências e passam a ser uma motivação para a busca pelo conhecimento.

Consequentemente, o ensino com ênfase nas relações Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) pode proporcionar maior envolvimento dos estudantes entre si, com os professores durante as aulas e também fora da escola. O estabelecimento dessa rede de relações promove o empoderamento dos indivíduos e pode ampliar a autonomia e a capacidade de identificar problemas, redimensionar valores, buscar soluções e de tomar decisões responsáveis.

Referências Bibliográficas

- ¹ Silva, R. M. G. Contextualizando aprendizagens em Química na formação escolar. *Química Nova na Escola* **2003**, *1*, 26. [\[Link\]](#)
- ² Méndez, M. M. A. La ciencia de lo cotidiano. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias* **2004**, *1*, 109. [\[Link\]](#)
- ³ Santos, W. L. P. Contextualização no Ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Revista Ciência & Ensino* **2007**, *1*, número especial. [\[Link\]](#)
- ⁴ Silva, M. G. L.; Núñez, I. B. Instrumentação para o Ensino de Química II - O contexto escolar, o cotidiano e outros contextos. Programa Universidade a Distância, UNIDIS Grad. Aula 03. Natal: UFRN, 2007. Disponível em: <<http://www.agracadaquimica.com.br/quimica/arealegal/outros/187.pdf>>. Acesso em: 24 julho 2014.
- ⁵ Aikenhead, G. S. Research into STS Science Education. *Educación Química* **2005**, *16*, 384. [\[Link\]](#)
- ⁶ Ramsey, J. The science education reform movement: implications for social responsibility. *Science Education* **1993**, *77*, 235. [\[CrossRef\]](#)
- ⁷ Santos, W. L. P.; Mortimer, E. F. A Abordagem de Temas Sociocientíficos em Aulas de Ciências: Possibilidades e Limitações. *Revista Investigações em Ensino de Ciências* **2009**, *14*, 191. [\[Link\]](#)
- ⁸ Martins, I. P.; Paixão, M. F. Em *CTS e Educação Científica: Desafios, Tendências e Resultados de Pesquisas*; Santos, W. L. P.; Auler, D, eds.; Editora UnB: Brasília, 2011, cap. 5.
- ⁹ Skoog, D. A.; Holler, F. James; Nieman, T. A. *Princípios de Análise Instrumental*, 5. ed., Bookman: Porto Alegre, 2002.
- ¹⁰ Corrêa, M. P. Radiação solar e terrestre. Universidade Federal de Itajubá. Instituto de Recursos Naturais. Disciplina Fundamentos de Meteorologia (EAM-010). Capítulo 2. p.1-23 Disponível em: <http://www.solar.unifei.edu.br/pdf/EAM10_CAP2.pdf>. Acesso em: 15 julho 2014.
- ¹¹ Hamilton, C. J. Traduzido por Kepler Oliveira. O sol. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/ast/solar/portug/sun.htm>>. Acesso em: 16 julho 2014.
- ¹² Greenwood, N. N.; Earnshaw, A. *Chemistry of the Elements*, Pergamon Press: Oxford, 1989.
- ¹³ Cecatto, J. R. Introdução à Astronomia e Astrofísica. Cap. 4 - Processo de produção de energia no sol. 2009. Disponível em: <http://www.das.inpe.br/ciaa/cd/HTML/sol/4_03_2.htm>. Acesso em: 15 julho 2014.
- ¹⁴ Flor, J.; Davolos, M. R.; Correa, M. A. Protetores Solares. *Química Nova* **2007**, *30*, 153. [\[CrossRef\]](#)
- ¹⁵ Costa, E. J.; Lacaz, E. Fotoprotetores. *Medicina cutânea ibero-latino-americana A* **2001**, *29*, 145. [\[Link\]](#)
- ¹⁶ Schaberle, F. A.; Silva, N. C. Introdução à Física da Radioterapia. Disponível em: <<http://www.fsc.ufsc.br/~canzian/intro/efeitos.html>>. Acesso em: 18 fevereiro 2010.
- ¹⁷ Lopes, A. D. Sol, modo de usar. São Paulo, 2008. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/160108/p_072.shtml>. Acesso em: 08 março 2010.
- ¹⁸ Araújo, T. S.; Souza, S. O. Protetores solares e os efeitos da radiação ultravioleta. *Scientia Plena* **2008**, *4*, 11, 1. [\[Link\]](#)
- ¹⁹ Linardi, F. Protetor solar: Egípcios e gregos

tenham curiosas maneiras de filtrar os raios do sol. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://historia.abril.com.br/comportamento/protetor-solar-435825.shtml>>. Acesso em: 06 março 2010.

²⁰ Susana, M. Fotoproteção – Sua história. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.sbdba.org.br/pdf/fotoprotecao.pdf>>. Acesso em: 11 março 2010.

²¹ Temperini, A. Sundown: História da marca. 2007. Disponível em: <<http://aletp.com/2007/01/24/sundown/>>. Acesso em: 08 março 2010.

²² McMurry, J. *Química Orgânica*, 6a. ed., Thomson: São Paulo, 2005.

²³ Ribeiro, R. P.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004. [Link]

²⁴ Lovati, F., Castanhas contra raios de sol. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/medicina-e-saude/castanha-contra-raios-de-sol/?searchterm=Castanha%20contra%20raios%20de%20sol>>. Acesso em: 16 março 2010.

²⁵ Torres, B. B., Bioquímica da beleza – Curso de verão. Apostila – Departamento de Bioquímica – Instituto de Química – Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.iq.usp.br/bayardo/bioqbeleza/bioqbeleza.pdf>>. Acesso em: 27 abril 2006.

²⁶ ²⁶ Costa, M. L.; Silva, R. R. Ataque à pele. *Química Nova na Escola* **1995**, *1*, 3. [Link]

²⁷ Koblenzer, C. S. The psychology of sun-exposure and tanning. *Clinics in Dermatology* **1998**, *16*, 421. [CrossRef]

²⁸ Arthey, S.; Clarke, V. A. Suntanning and sun protection: A review of the psychological literature. *Social Science & Medicine* **1995**, *40*, 265. [CrossRef]

²⁹ Robinson, J. K.; Rademaker, A. W.; Sylvester, J. A.; Cook, B. Summer sun exposure: Knowledge, attitudes, and behaviors of midwest adolescents. *Preventive Medicine* **1997**, *26*, 364. [CrossRef] [PubMed]

³⁰ Broadstock, M.; Borland, R.; Gason, R. Effects of suntan on judgements of healthiness and attractiveness by adolescents. *Journal of Applied Social Psychology* **1992**, *22*, 157. [CrossRef]

³¹ Janjua, N. R.; Mogensen, B; Andersson, A-M.; Petersen, J. H.; Henriksen, M.; Skakkebaek, N. E.; Wulf, H. C. Systemic absorption of the sunscreens benzophenone-3, octyl-methoxycinnamate, and 3-(4-methylbenzylidene) camphor after whole-body topical application and reproductive hormone levels in humans. *Journal of Investigative Dermatology* **2004**, *123*, 57. [CrossRef] [PubMed]

³² Kugler, H. Praia Tóxica: Filtros solares comercializados no Brasil têm substâncias que podem provocar distúrbios no sistema hormonal. *Ciência Hoje* **2014**, *315*, 44. [Link]