

# ATAQUE À PELE

**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.**

► filtros solares, bronzeamento, radiação ultravioleta ◀

**U**ma 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. 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 bron-

zeado.

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

**Michelle L. Costa** Aluna de graduação do Departamento de Química da Universidade de Brasília, Brasília - DF

**Roberto Ribeiro da Silva** Bacharel em Química, doutor em ciências pela Universidade de São Paulo. Docente do Departamento de Química da Universidade de Brasília, Brasília - DF

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).

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

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

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

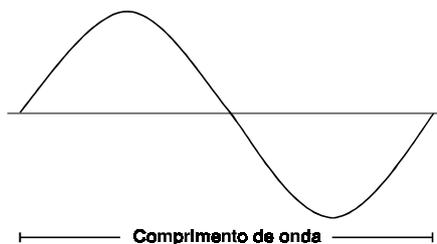


Figura 1: Uma onda e o seu comprimento de onda.

suas propriedades físicas e com seus efeitos biológicos, a faixa ultravioleta é normalmente dividida em sub-regiões. São elas: UV-C, UV-B, UV-A.

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 UV-B 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 desses 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 refletores como o dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) 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 bronzeamento sem queimaduras, apesar de algum dano ainda ocorrer.

Um dos agentes de proteção solar mais antigos e ainda amplamente usado é o ácido p-aminobenzóico, 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<sub>pp</sub> é o tempo de exposição mínima para produção de eritema em pele protegida, e T<sub>pd</sub> o tempo de

exposição mínima para produção de eritema em pele desprotegida.

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 FPS 2. 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

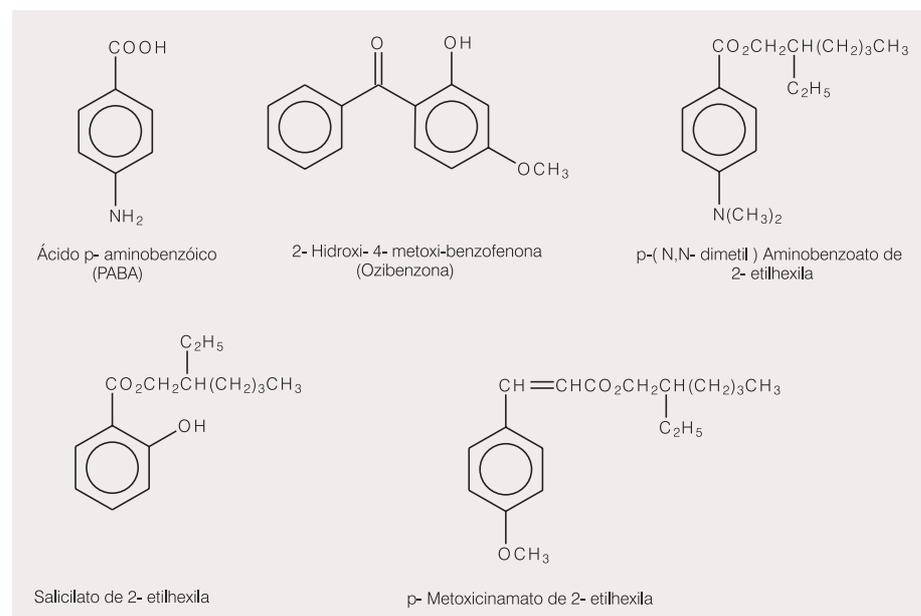


Figura 2: Substâncias comumente usadas em protetores solares.

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.

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

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 popu-

lação 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.

### 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 freqüentes 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 queratinó-

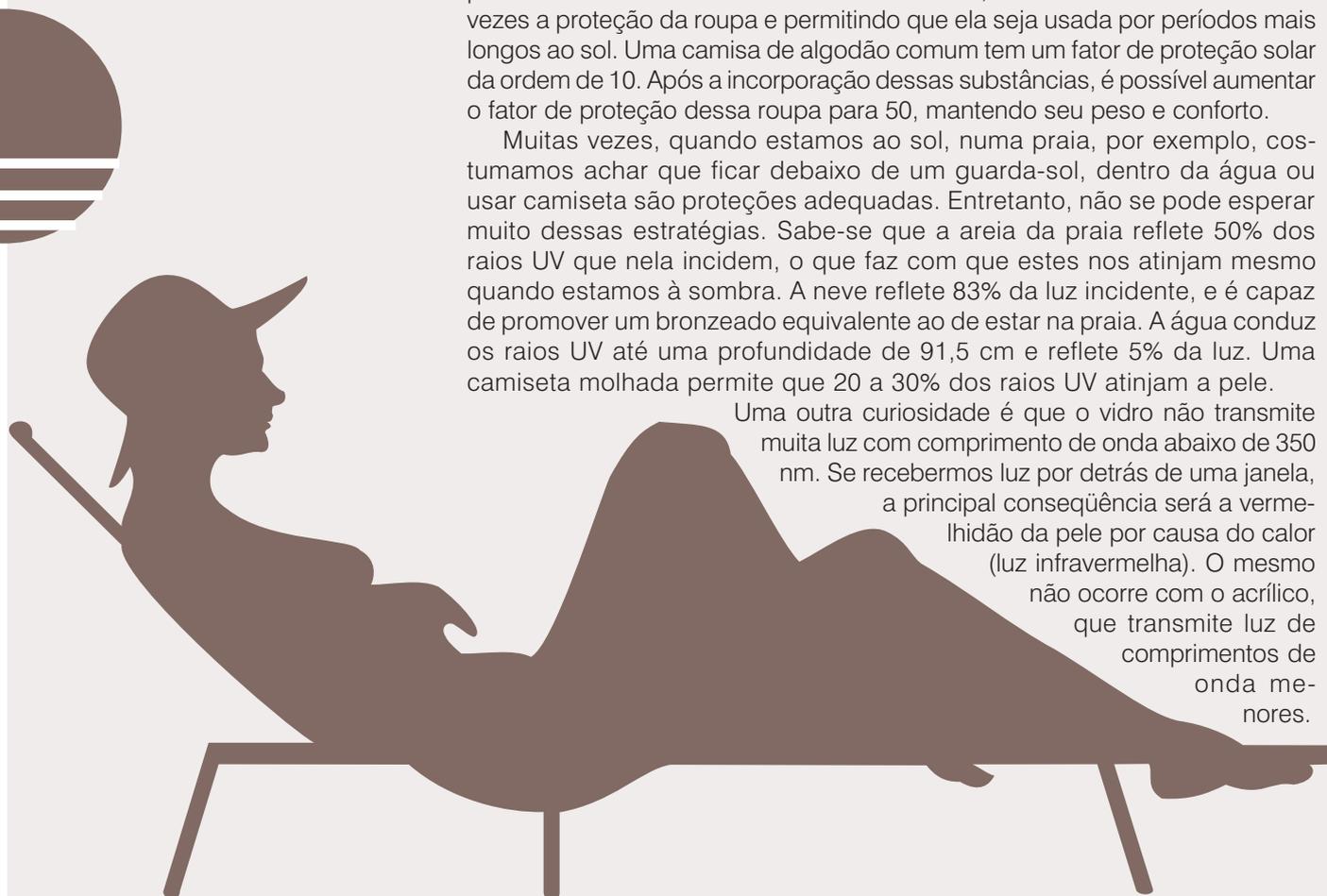
6

### 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.



## Planeje seu bronzeado

Cor da pele	Sensibilidade ao sol	Fator de proteção solar 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

citocitos 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 estes 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 freqüente com certas substâncias. Dentre esses agentes causadores de câncer, o mais comum tem

seido 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.

7

## EVENTOS

### XV EDEQ - ENCONTRO DE DEBATES SOBRE O ENSINO DE QUÍMICA

Ocorrerá nos dias 13 e 14 de outubro de 1995 o XV EDEQ, promovido este ano pelo Departamento de Química da Universidade do Rio Grande, sob a coordenação do prof. Moacir Langoni Souza.

Tema:

"A Qualidade no Ensino de Química".

Local:

Departamento de Química - URG, rua Alfredo Huch, 474, 96201 Rio Grande - RS.

Maiores informações:

Fone (0532) 32 9900, ramal 170.

### XVII ECODEQC - ENCONTRO CENTO-OESTE DE DEBATES SOBRE ENSINO DE QUÍMICA

Ocorrerá de 18 a 20 de outubro de 1985 o VII Encontro Centro-Oeste de Debates sobre Ensino de Química. Promovido pela Escola Técnica Federal de Goiás, pela Universidade Católica de Goiás, pela Universidade Federal de Goiás e pela Regional Goiás da SBQ, o evento terá como coordenadora a profa. Agustina Echeverria.

Maiores informações:

Rua 75, n 46, 74055-110 Goiânia - GO; fone (062) 223 1232, ramais 167/ 164/ 148/ 140; fax (062) 223 1544.