

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS

**ANÁLISE DE MEDIDAS DE EXPOSIÇÃO DIÁRIA À
RADIÇÃO ULTRAVIOLETA (R-UV)**

LUCIANA DE CARVALHO MACHADO PIRES

ITAJUBÁ/MG
JUNHO/2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS

LUCIANA DE CARVALHO MACHADO PIRES

ANÁLISE DE MEDIDAS DE EXPOSIÇÃO DIÁRIA À
RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA (R-UV)

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências em

Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCELO DE PAULA CORRÊA

ITAJUBÁ/MG

JUNHO/2011

Aos meus pais

Ao meu filho

De onde vim e para onde vou ...

Agradecimentos

Grandes descobertas e progressos invariavelmente envolvem a cooperação de várias mentes.

(Alexander Graham Bell)

À UNIFEI pela oportunidade de cursar o mestrado, e indiretamente, a todos que contribuíram para a implantação do novo programa.

Ao Prof. Dr. Marcelo de Paula Corrêa, pela orientação sempre presente, pela competência, pelos ensinamentos transmitidos e por ter me conduzido apesar de minha inexperiência acadêmica.

À prof^a. Dr.^a Adriana Prest Mattedi e ao prof. Dr. Luiz Felipe Silva, por suas observações no exame de qualificação e contribuições posteriores.

Aos demais professores do curso que contribuíram para minha formação.

Aos colegas do mestrado, pela parceria e convívio, e em especial ao colega e amigo Jaime Rodriguez Coariti pelos momentos divididos, pela troca de experiências.

Aos meus pais, por terem suprido minhas necessidades antes mesmo que eu as percebesse.

Ao meu irmão, pelo amor, amizade e por ser um grande incentivador.

À minha cunhada, pelos bons momentos e pelo otimismo de sempre.

Ao meu marido e meu filho, por terem compartilhado as alegrias e dificuldades deste percurso.

À minha avó, por todo o amor que me dedicou. Ao meu avô e minhas primas, Karla e Joyce, pelo carinho que nos une.

À professora Diva Moutinho, pela generosidade com que me acolheu. Pelo exemplo de ser humano e por ter me dispensado seu tempo e seus conhecimentos no momento mais difícil do percurso.

Ao médico e amigo Willian Krempser, sem o qual minhas escolhas teriam sido diferentes.

À Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, pela concessão de seis meses de licença, devido à incompatibilidade de horário.

E a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta dissertação.

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	vi
Lista de Tabelas.....	viii
Lista de Símbolos e Abreviações.....	ix
Resumo.....	x
Abstract.....	xi

INTRODUÇÃO

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
1.1. A radiação solar e o espectro eletromagnético	3
2. EFEITOS DA R-UV NA SAÚDE.....	8
2.1. Estrutura da pele e dos olhos	8
2.2. Efeitos nocivos:	13
2.2.1. Efeitos Nocivos sobre a pele	13
2.2.2. Efeitos nocivos sobre os olhos:	16
2.3 Efeitos benéficos:	18
3. RADIAÇÃO PONDERADA PELA RESPOSTA FOTOBIOLOGICA	30
3.1. Doses Eritematosas:	30
3.2. Índice Ultravioleta (IUV):	31
4. PERFIL SOCIOECONÔMICO E DE SAÚDE.....	33
4.1. Perfil socioeconômico.....	235
4.2. Dados de Saúde.....	25
5. METODOLOGIA:	27
4.1. Análise dos dados:	2837
6. RESULTADOS:	40
6.1. Comparação entre os dados referentes ao inverno/2008 e verão 2008/2009	42
6.2. Avaliação da dose acumulada diária durante os quatro dias de carnaval, feriado tradicionalmente ligado às atividades de lazer ao ar livre.....	37

6.3. Análise da seleção dos dias com a menor e maior dose acumulada em todo o período de medições	39
7. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS:.....	54
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	56
9. ANEXO.....	60

LISTA FIGURAS

Figura 1: Representação de onda eletromagnética (SALMERON, 2007).....	3
Figura 1: Comprimento de onda (SALMERON, 2007).....	4
Figura 3: O espectro eletromagnético.....	4
Figura 4: Atenuação da R-UV pela atmosfera.....	5
Figura 6: Incidência de R-UV influenciada pelo movimento de translação.....	7
Figura 7: Estrutura da pele humana (AMABIS E MARTHO, 2006).....	9
Figura 8: As quatro camadas da epiderme (AMABIS E MARTHO, 2006).....	10
Figura 9: Melanócito e liberação de melanina aos queratócitos adjacentes	10
Figura 10: Influência da quantidade de melanina sobre as tonalidades de pele	11
Figura 11: Estruturas oculares	12
Figura 12: Sardas (ou efélides) e melasma, respectivamente	14
Figura 13: Fotoenvelhecimento em região exposta ao sol	15
Figura 14: Formação da catarata	17
Figura 15: Olho com pterígio	18
Figura 16: Classificação do IUV (CPTEC/INPE)	22
Figura 17: Distribuição do trabalho formal	24
Figura 18: Área de estudo (IBGE, 2005).....	27
Figura 19: Biômetro UVB 501 A SOLAR LIGHT	28
Figura 20: Histograma de frequência relativa - os valores apresentados no eixo x indicam valores máximos da classe.....	31
Figura 21: Variação sazonal da dose diária acumulada de R-UV	31
Figura 22: Comportamento da R-UV durante o inverno 2008 e verão 2008/2009.....	32
Figura 23: Doses máximas e mínimas, de R-UV, durante o inverno e verão 2008/2009 - São Paulo	33
Figura 24: Doses máximas e mínimas, de R-UV, durante o inverno 2008 e verão 2008/2009 – Itajubá.....	33
Figura 25: Doses máximas e mínimas, de R-UV, durante o inverno 2008 e verão 2008/2009 – Ilhéus	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação de fototipos cutâneos, segundo Fitzpatrick	21
Tabela 2: Indicadores socioeconômicos	23
Tabela 3: Óbitos por neoplasia de pele.....	25
Tabela 4: Óbitos por câncer em 2008.....	26
Tabela 5: Coeficiente de mortalidade	26
Tabela 6: Síntese dos dados.....	30
Tabela 7: Perfil das doses diárias acumuladas durante o inverno e o verão.....	34
Tabela 8: Simulação de exposição para o trabalhador (inverno 2008).....	35
Tabela 9: Simulação de exposição para o estudante (inverno 2008).....	35
Tabela 10: Simulação de exposição para o trabalhador (verão 2008/2009).....	36
Tabela 11: Simulação de exposição para o estudante (verão 2008/2009).....	37
Tabela 12: Tempo de exposição para atingir a dose eritematosa mínima durante o dia com menor R-UV do carnaval 2009 (início da exposição: 14h00 – hora local)	38
Tabela 13: Simulação de exposição para o trabalhador (dia com menor dose de R-UV em todo o período coberto pelos dados).....	42
Tabela 14: Simulação de exposição para o estudante (dia com menor dose de R-UV em todo o período coberto pelos dados).....	43

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

λ	Comprimento de onda
ε_{λ}	Resposta espectral da pele humana
I_{λ}	Irradiância solar ultravioleta
Ery	Irradiância eritêmica (W/m^2)
CAGED	Cadastro Geral de Empregados e Desempregados
CBC	Câncer Basocelular
CEC	Câncer Espinocelular
CPNM	Câncer de Pele Não Melanoma
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DASIS	Departamento de Análise da Situação de Saúde
DATASUS	Banco de Dados do Sistema Único de Saúde
DEM	Dose Eritematosa Mínima
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH-M	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IFDM	Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IUV	Índice Ultravioleta
MC	Melanoma Cutâneo
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NWS	<i>National Weather Service</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
PIB	Produto Interno Bruto
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
SVS	Secretaria de Vigilância em Saúde

RESUMO

Os hábitos da população em relação à exposição ao sol têm se modificado ao longo da história. Atualmente, a pele bronzeada é considerada um atributo de beleza. Somado a isto, a valorização do lazer, o incentivo à prática de esporte e atividade física, assim como o aumento na expectativa de vida da população, tem se traduzido em maiores níveis de R-UV acumulada ao longo da vida do indivíduo. Este aumento da exposição ao sol tem se refletido no aumento expressivo de novos casos de câncer de pele, entre outros efeitos. O objetivo deste trabalho foi quantificar a dose de R-UV acumulada a que a população está exposta em atividades cotidianas e comparar as doses recebidas à necessidade diária para o indivíduo saudável - dose recomendada pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Verificou-se que, nas três cidades analisadas – São Paulo (SP), Ilhéus (BA) e Itajubá (MG), breves períodos de exposição ao sol podem exceder a dose necessária para a manutenção da saúde. Uma pessoa exposta durante um dia inteiro de verão pode receber mais de 60 vezes a dose diária recomendada e um estudante pode chegar a receber até três vezes a dose recomendada de R-UV, em apenas 20 minutos, durante o recreio escolar. Em função desses resultados preocupantes, a divulgação da dose acumulada de R-UV a que estamos expostos diariamente e de seus possíveis efeitos sobre a saúde é uma ferramenta importante para alertar a população sobre a necessidade inadiável de fotoproteção.

ABSTRACT

The habits of the population in relation to sun exposure have been changing throughout history. Currently, tanned skin is considered an attribute of beauty. Added to this, the valuation of leisure, encouragement to sports and physical activity as well as the increase in life expectancy of the population, have been reflected into higher levels of UV-R accumulated over the life of the individual. This incremented exposure to sunlight is being reflected in the increased number of new cases of skin cancer, among other effects. The aim of this study was to quantify the dose of UV-R accumulated that the population is exposed to in everyday activities and to compare the doses received to the daily necessity for the healthy individual – the recommended dose according to the World Health Organization (WHO). It was found that in the three cities examined - São Paulo (SP), Ilhéus (BA) and Itajubá (MG), short periods of sun exposure may exceed the dosage which is needed to health maintenance. A person exposed over a full day of summer may receive more than 60 times the recommended daily dose and a student might receive up to three times the recommended dose of UV-R in just 20 minutes during the school break. Due to these concerning results, disclosure of the cumulative dose of UV-R that we are exposed every day and its possible effects on health is an important tool to alert the public about the urgent need of photoprotection.

INTRODUÇÃO:

O Instituto Nacional de Câncer (INCA) aponta, desde 2003, que os diversos tipos de cânceres representam a segunda maior causa de morte na população brasileira (INCA, 2009). O alto índice de mortalidade está associado ao difícil diagnóstico e/ou ao diagnóstico tardio. Além disso, os custos envolvidos no tratamento dessa doença representam um impacto significativo sobre os sistemas público e privado de saúde, que repercute em menor investimento na saúde e no valor das mensalidades dos planos de saúde. Por essas razões, há um consenso entre a classe científica que o melhor prognóstico está diretamente ligado ao diagnóstico precoce, realizado no estágio inicial da doença.

Atualmente, dentre todos os cânceres, o câncer de pele tem a maior taxa de incidência em nosso país, representando cerca de ¼ das notificações. Mas, apesar do expressivo número de ocorrências, a letalidade (número de óbitos em relação ao número de casos) desse tipo de câncer é baixa. De qualquer modo, trata-se de uma doença que implica em tratamentos custosos e, por vezes, recorrentes. Sua prevenção é a melhor forma de mitigação e a mesma está associada às mudanças simples de hábito, principalmente em relação à exposição ao sol. Os cuidados à exposição ao sol são imprescindíveis, pois a radiação solar ultravioleta (R-UV) é um agente carcinogênico (ICNIRP, 2004).

De acordo com Elwood et al (1985) e Garbe e Buettner (2000), apud Szklo (2003), as três principais razões pelas quais as pessoas se expõem ao sol podem ser resumidas em lazer, trabalho e atividades domésticas.

Um ponto de interesse para este trabalho é o comportamento do indivíduo durante as viagens de lazer. Segundo Andrade (1992, apud Gouvêa e Yamauchi, 1999) e Urry (1996), o período de lazer é uma aspiração latente do homem moderno, que visa nestes períodos uma ruptura com a rotina de trabalho e a vivência de experiências prazerosas. As viagens são vistas como oportunidades de renovação da saúde física e mental. Logo, é de se esperar que haja uma suspensão ou inversão das atividades cotidianas, e neste contexto há o que Burns (2002) e Ross (2001, apud Santos e Paiva, 2010) denominam de ‘inversão comportamental’, com atenuação de regras, inibição de limites e até descuido com a própria saúde.

A vida escolar também é alvo de preocupação por ser uma fonte potencial de exposição ao sol, ignorada pela maioria das pessoas. Atividades corriqueiras e triviais

como as aulas de educação física na escola e o horário de recreio ao ar livre no pátio podem representar um risco à saúde da pele e dos olhos, que devido ao caráter cumulativo da R-UV, só serão percebidos tardiamente.

Atividades profissionais que impõem ao indivíduo exposição crônica à R-UV, tais como camelôs, agricultores, carteiros, etc., também são de interesse para o presente trabalho.

Independente da razão que determina a exposição solar, pesquisadores como Angeli et al (1997), Szklo et al (2003), Bakos et al (2006) demonstraram em seus estudos que a população jovem é a mais exposta e menos protegida em relação aos danos causados pelo excesso de exposição solar, confirmando que ainda é necessário investir em campanhas de esclarecimento e conscientização.

Em virtude da importância do tema, o presente trabalho consiste de uma avaliação sobre as doses de R-UV medidas em três cidades brasileiras. Trata-se da mensuração da dose acumulada por meio de simulações de períodos de exposição, em diferentes situações cotidianas, com a finalidade de contribuir para um maior entendimento sobre os riscos da exposição solar.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1. A radiação solar e o espectro eletromagnético:

O sol é o principal emissor de energia radiante que atinge a superfície terrestre. Essa energia se propaga no espaço por meio de ondas eletromagnéticas constituídas da combinação de campos elétrico e magnético (Figura 1). A onda eletromagnética é representada por uma oscilação contínua que apresenta máximos e mínimos, ciclicamente. A distância entre dois máximos (ou dois mínimos) consecutivos é denominada comprimento de onda (λ) (Figura 2); o número de máximos (ou de mínimos) que durante certo intervalo de tempo passa por um ponto é a frequência da onda. A radiação eletromagnética é distribuída em uma faixa contínua que representa as diversas frequências e comprimentos de onda.

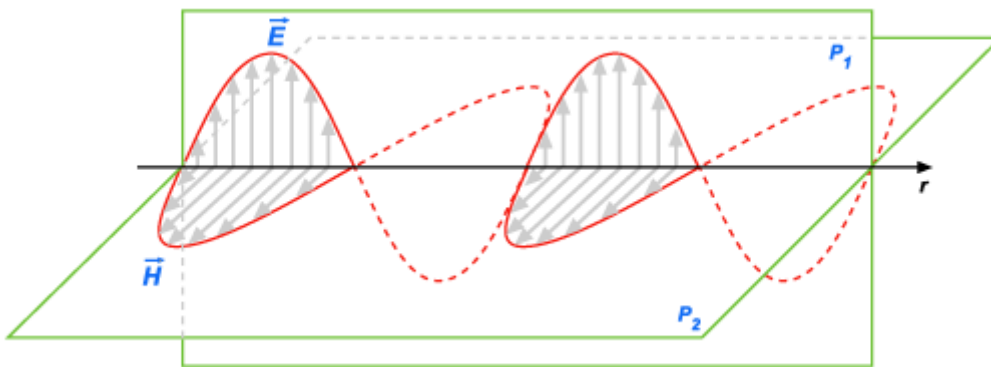


Figura 2: Representação de onda eletromagnética (SALMERON, 2007)

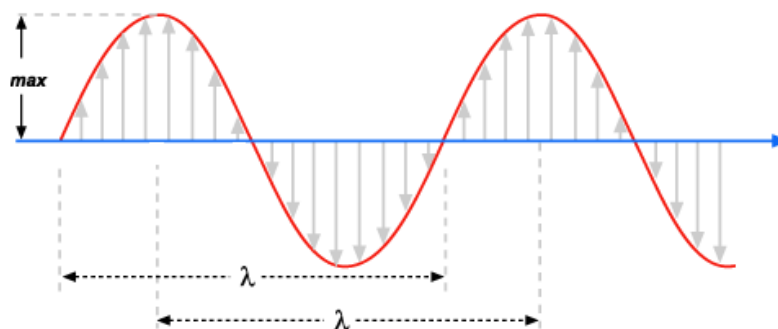


Figura 3: Comprimento de onda (SALMERON, 2007)

De acordo com a quantidade de energia, uma radiação pode ser descrita como não ionizante ou ionizante. É considerada radiação ionizante aquela capaz de retirar elétrons dos átomos, transformando-os em íons (ionização) no processo de interação com a matéria. Radiações denominadas não ionizantes provocam excitação de elétrons. A R-UV se encontra na faixa de separação entre radiações ionizantes e não ionizantes, mas, de acordo com a radiobiologia, é classificada como não-ionizante por ter poder de penetração inferior ao da luz visível (Okuno e Vilela, 2005).

O sol emite energia em diferentes comprimentos de ondas (Figura 3), da seguinte forma (Liou, 2002):

- a) Radiação ultravioleta (R-UV), com comprimento de ondas entre 100 e 400 nm, concentrando, aproximadamente, 10% da emissão solar;
- b) Radiação visível, com comprimento de ondas entre 400 e 700 nm, representando cerca de 40% da emissão;
- c) Radiação infravermelha, a partir de 700 nm, com cerca de 50% da emissão; e
- d) Microondas, ondas de rádio, raios-x e raios gama representando apenas uma pequena fração do espectro emitido pelo sol.

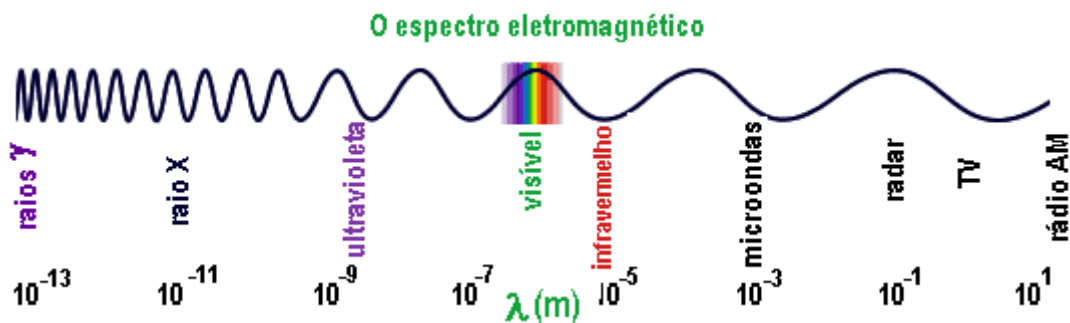


Figura 4: O espectro eletromagnético
 Fonte: <http://cdcc.sc.usp.br/cda/producao/2007-com-ciencia/galeria-de-imagens.html>

A faixa do espectro de interesse para este estudo, a R-UV, corresponde a ondas de comprimento entre 100 e 400 nm, sendo subdividida em UVC (100 a 280 nm), UVB (280 a 315 nm) e UVA (315 a 400 nm) (ICNIRP,2004).

A R-UVC é extremamente danosa aos seres vivos, mas não alcança a superfície da Terra por ser totalmente absorvida pelo ozônio e oxigênio presentes na estratosfera (Figura 4). É utilizada em processos de esterilização, a partir de fontes artificiais, por sua reconhecida ação germicida.

A R-UVB, que sofre atenuação considerável pela camada de ozônio, é associada às queimaduras solares, na pele e nos olhos (fotoqueratite e fotoconjuntivite), além de lesões ao DNA celular (é considerada de alto poder carcinogênico). Por outro lado, está relacionada à síntese de vitamina D, importante para funções vitais dos seres humanos; como a absorção e fixação de cálcio nos ossos.

A R-UVA é pouco atenuada pela camada de ozônio e representa a maior parte da R-UV que atinge a superfície. Também está relacionada à síntese de vitamina D, porém, por ter maior poder de penetração nos tecidos, é apontada como a principal responsável pelo fotoenvelhecimento e pela catarata, também provoca danos ao DNA.

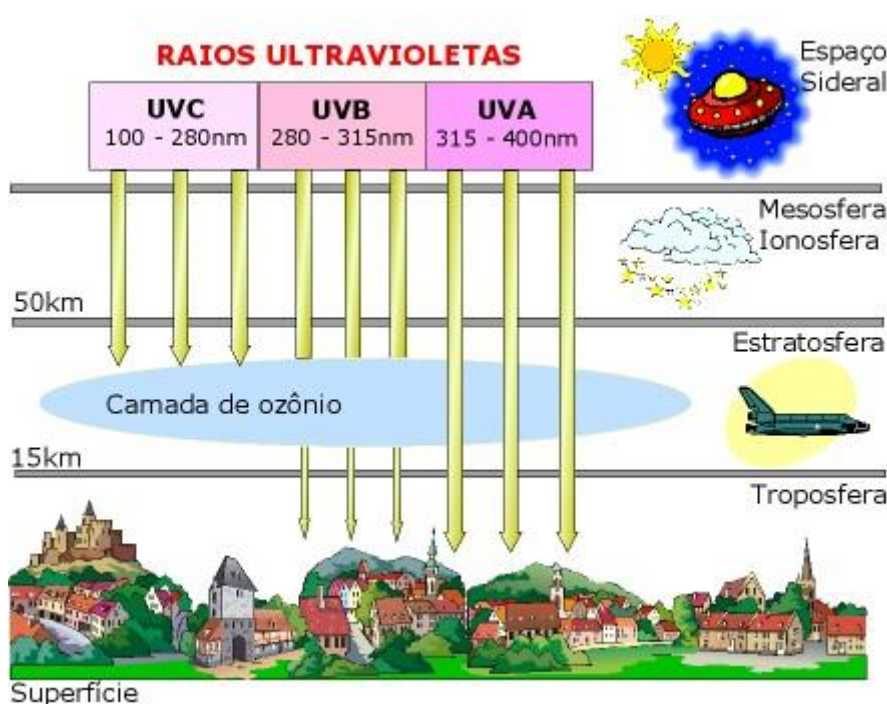


Figura 5: Atenuação da R-UV pela atmosfera
 Fonte: <http://solamigo.com.br>

Devido à influência exercida por fatores atmosféricos, geográficos e temporais, a distribuição da R-UV no globo é heterogênea.

Os fatores atmosféricos dizem respeito às interações que a R-UV irá sofrer com gases, nuvens e aerossóis presentes na coluna atmosférica. O ozônio (O₃) compõe apenas 0,000064% da atmosfera terrestre e, deste total, 90% encontram-se na estratosfera, entre 15km e 50km de altitude (Laboratório de Luz Ultravioleta - LLUV¹). A região de maior concentração, a aproximadamente 25 km da superfície, é comumente

¹ <http://www.dfq.pucminas.br/PUV/index.html>

denominada camada de ozônio. O ozônio estratosférico é um importante absorvedor de R-UV, fenômeno associado à formação do próprio ozônio, devido à ação da R-UV sobre moléculas de gás oxigênio (O₂) na alta atmosfera (Mecanismo de Chapman)(Chapman, 1930 apud Corrêa 2003).

A radiação que atinge a superfície é composta por uma componente direta, aquela proveniente na direção da fonte emissora, no caso o sol, e uma componente difusa, resultante da re-irradiação proveniente de todas as outras direções. A presença de nuvens tende a diminuir a componente direta e aumentar a componente difusa. Desta forma, as nuvens geralmente diminuem a R-UV que atinge a superfície, pois a atenuação da radiação direta é mais eficaz que o aumento de radiação difusa. Em ocasiões em que o céu esteja totalmente encoberto, esta redução pode ser de até 70%. Porém, alguns tipos de nuvens, tais como cirrus e cumulus, podem exercer efeito contrário, intensificando momentaneamente a quantidade de energia em superfície (Corrêa, 2003).

Por fim, os aerossóis também constituem fator de atenuação da R-UV por espalhar e absorver a radiação que incide sobre os particulados. Estudos mostram que essa atenuação pode ser significativa em casos de ambientes poluídos, como grandes centros urbanos, com atenuações da ordem de 20% (Corrêa e Plana-Fattori, 2006), ou em episódios de queimadas nas quais atenuações extremas da ordem de até 90% podem ser observadas (Corrêa e Coronel, 2007).

Em relação aos fatores geográficos, a latitude e altitude são aspectos relevantes no entendimento da variação de R-UV no globo. Latitudes próximas a linha do equador recebem a radiação solar com maior intensidade, devido ao menor ângulo de incidência entre os raios solares e a superfície (Figura 5). Grandes altitudes representam um menor caminho óptico a ser percorrido pela R-UV na atmosfera e, conseqüentemente, há menor atenuação principalmente relacionada ao espalhamento da radiação.

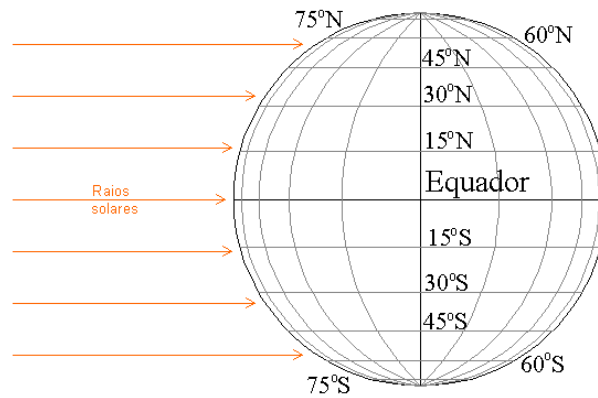


Figura 5: Incidência de R-UV em diferentes latitudes

Por fim, os fatores temporais, como o período do dia e a estação do ano, também influenciam os valores de R-UV. O horário de maior intensidade é próximo ao meio-dia, devido ao maior ângulo de incidência do sol; e em relação às estações, no verão são observadas maiores intensidades em relação ao inverno; fato explicado pela inclinação do planeta em relação ao sol devido ao movimento de translação (figura 6).

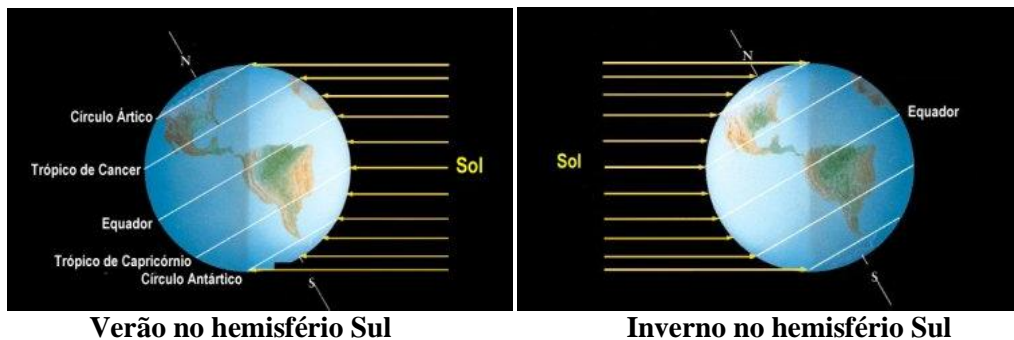


Figura 6: Incidência de R-UV influenciada pelo movimento de translação
 Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/tempo/mas.htm>

2. EFEITOS DA R-UV NA SAÚDE

A R-UV pode ser útil ou nociva para os seres humanos. Os inegáveis efeitos benéficos à saúde foram descritos desde a antiguidade. Um histórico pormenorizado pode ser encontrado no artigo “Breve História do Raquitismo e da Descoberta da Vitamina D” (Martins e Silva, 2007). Outros relatos são descritos por Ring e colaboradores (2005), no livro “*Handbook of atopic eczema*”. Um consenso é a necessidade de R-UV para a síntese de vitamina D e a importância desta para a saúde humana, como afirmam Webb e Holick (1988) apud Corrêa (2003), Okuno e Vilela (2005) entre outros. Porém, o excesso de exposição à R-UV tem sido associado a diversos males que acometem a população mundial de forma crescente nas últimas décadas. A literatura sobre o assunto indica que os tecidos mais danificados pelo excesso de R-UV são a pele e os olhos, e os efeitos nocivos dessa exposição vão desde um desconforto moderado até a morte, sempre com redução da qualidade de vida, seja temporária ou permanente. Nesta seção, são apresentados os elementos principais da pele e dos olhos, órgãos mais sensíveis à R-UV.

2.1. Estrutura da pele e dos olhos

A pele é o maior órgão do corpo humano e tem a função de revestir o organismo para protegê-lo da ação de agentes físicos, químicos e biológicos; além de manter a homeostase térmica, sintetizar vitamina D, e ser um órgão sensorial. A extensão total de pele em um adulto é estimada em aproximadamente $2,0 \text{ m}^2$, representando aproximadamente 12% do peso corporal, justificando assim sua posição como maior órgão do corpo humano (Montagu, 1988). A pele, composta pela epiderme e derme, se apoia sobre uma camada de tecido conjuntivo frouxo denominada tela subcutânea ou hipoderme que, apesar da proximidade, não faz parte da pele (Figura 7).

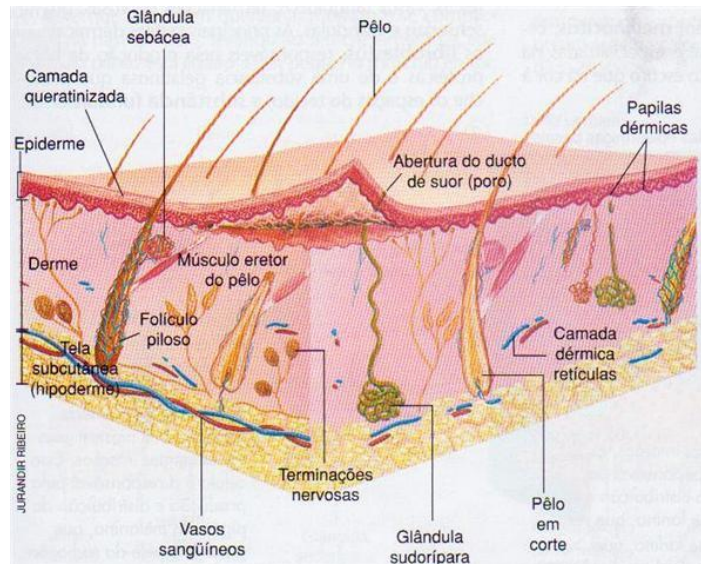


Figura 7: Estrutura da pele humana (AMABIS E MARTHO, 2006)

A epiderme, camada mais externa da pele, é composta por camadas de células sobrepostas. A mais interna dessas camadas é denominada camada basal ou camada germinativa. É formada por células que se dividem continuamente por mitose (Figura 8). As células recém-originadas empurram progressivamente as células mais antigas para a superfície da epiderme. Nesse percurso as células sofrem modificações como:

- o desenvolvimento de projeções citoplasmáticas (desmossomos) na camada imediatamente superior, a camada espinhosa, o que garante resistência a atritos e fricções;
- desenvolvimento de grânulos contendo querato-hialina (substância precursora da queratina) na camada seguinte, a camada granulosa, e
- queratinização e morte das células na camada mais externa da epiderme, a camada córnea, apresentando então formato de escamas (queratinócitos).

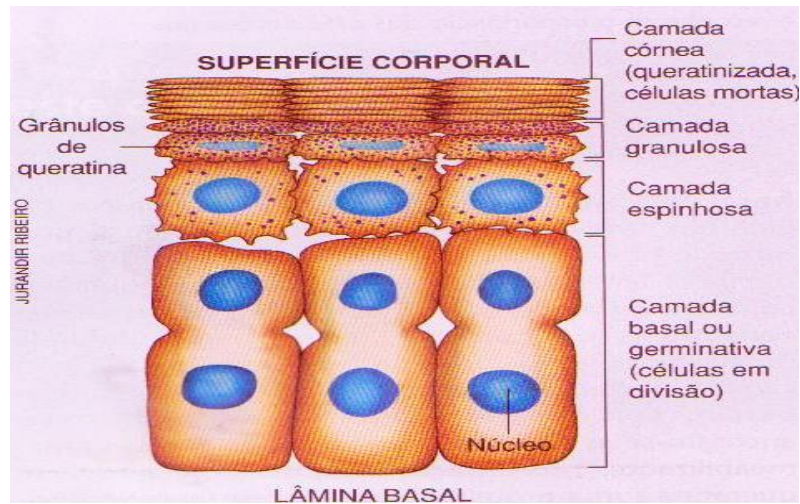


Figura 8: As quatro camadas da epiderme (AMABIS E MARTHO, 2006)

Na camada basal, região limítrofe entre epiderme e derme, se encontram células produtoras de melanina, os melanócitos, onde existem organelas denominadas melanossomos com a função de sintetizar e armazenar a melanina (Figura 9). Segundo Jimbow et al (1999, apud Miot et al, 2007) a melanina é o principal pigmento biológico envolvido na coloração cutânea (Figura 10). A melanina também apresenta atividade fotoprotetora, por absorver e dissipar a R-UV, atenuando sua penetração na pele. A síntese de melanina ocorre a partir do aminoácido tirosina em uma série complexa de reações que envolvem fatores genéticos, hormonais e R-UV (Miot et al, 2007).

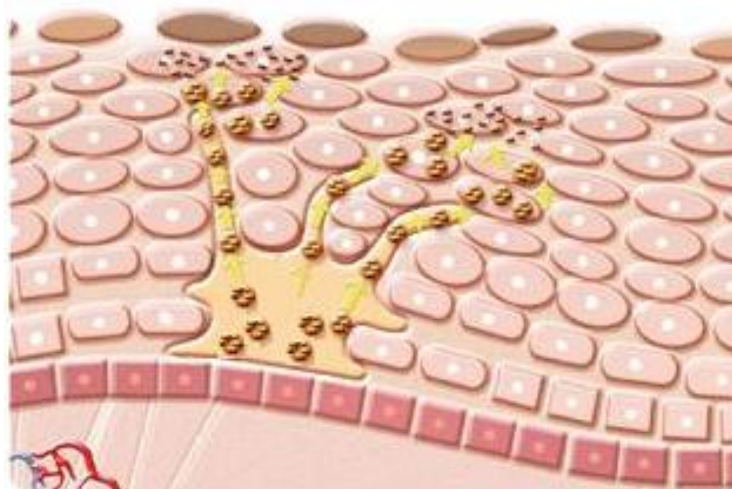


Figura 9: Melanócito e liberação de melanina aos queratócitos adjacentes
 Fonte: Adaptado de <http://www.galenic.com/pt/exception/dossiersExperts/antiTaches.php>

A relação numérica entre melanócitos e queratinócitos é conhecida como unidade epidérmico-melânica e, geralmente se apresenta na proporção de um melanócito para aproximadamente trinta e seis queratinócitos (Bleehen et al, 1992, Suilamon e Kitchel, Storm et al, 2006 apud Miot et al, 2009).

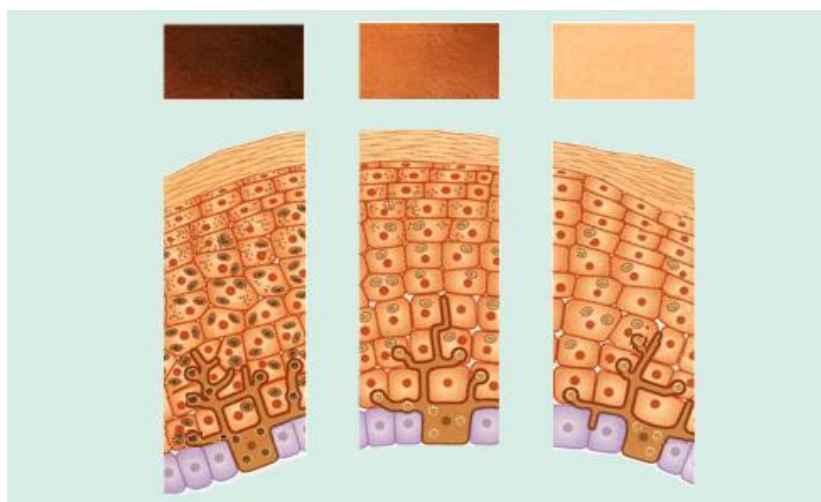


Figura 10: Influência da quantidade de melanina sobre as tonalidades de pele
Fonte: Adaptado de Laboratório Dom AVMM Inc., 2009

Ainda na epiderme, existem células imunoprotetoras denominadas células de Langerhans. Tratam-se de células dendríticas, móveis e com função de apresentar antígenos aos linfócitos T. Sua função é inibida pela R-UV (Clydesdale et al., 2001).

Abaixo da epiderme localiza-se a derme, tecido conjuntivo rico em fibras protéicas, vasos sanguíneos, glândulas sebáceas e sudoríparas e, terminações nervosas. Os fibroblastos, células dérmicas, produzem fibras colágenas (mais espessas e resistentes), fibras elásticas (mais finas e elásticas) e fibras reticulares (ainda mais finas e entrelaçadas). É o conjunto dessas fibras que confere a resistência e a elasticidade típicas da pele. (Amabis e Martho, 2006). A R-UVA penetra até a epiderme prejudicando a função desse tecido conjuntivo, provocando a perda de resistência dos tecidos e induzindo ao envelhecimento precoce da pele (Diffey, 1991).

Os olhos constituem um importante aparato de reconhecimento do ambiente e são igualmente afetados pela R-UV. São órgãos fotoreceptores altamente especializados. Didaticamente, podemos nos referir ao sistema óptico do olho comparando-o a uma câmara que focaliza e converte uma imagem visual em impulsos nervosos. O olho é revestido externamente por uma membrana transparente e

vascularizada denominada conjuntiva. É formado por três camadas de tecido (Figura 11). São elas:

a) esclera, camada mais externa e responsável pela forma esférica do olho (também conhecida como o “branco do olho”), apresenta uma região transparente à luz em sua região anterior denominada córnea;

b) coróide, situa-se abaixo da esclera e, sob a córnea, forma a íris (a região colorida do olho), é responsável pela oxigenação e nutrição das células oculares. No centro da íris há uma abertura auto-ajustável, a pupila, que controla a quantidade de raios luminosos que penetrarão no globo ocular. Os movimentos de contração e dilatação da pupila se devem a delicados músculos coordenados pelo sistema nervoso autônomo, e;

c) retina, camada mais interna, onde ocorrem reações químicas no interior celular que geram impulsos nervosos que serão conduzidos ao centro visual do córtex cerebral.

Embora a luz seja de vital importância para a visão, sua ação sobre as células oculares é muito semelhante ao que já foi dito em relação às células da pele.

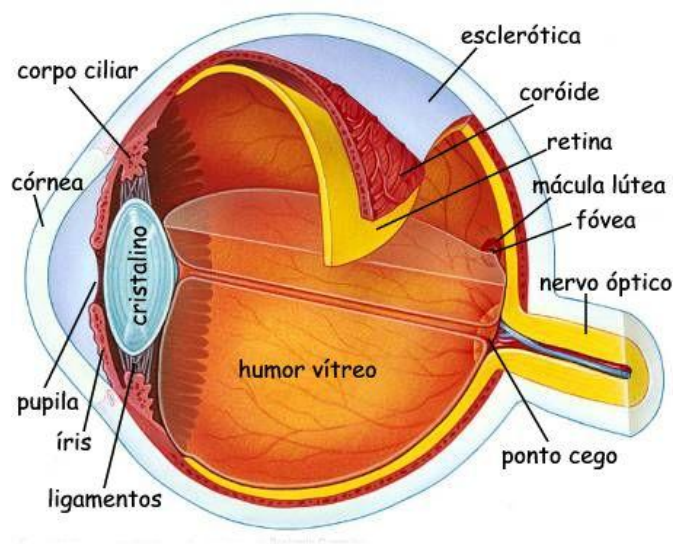


Figura 11: Estruturas oculares
Fonte: <http://www.gruporetina.org.br/index.htm>

2.2. Efeitos nocivos:

Os danos causados pela R-UV podem ser classificados como agudos ou crônicos. No primeiro grupo destacam-se danos imediatos, percebidos mais facilmente e geralmente acompanhados de desconforto passageiro, como o surgimento de eritema, fotoconjuntivite, fotoqueratite, entre outros. Os danos crônicos, advindos do acúmulo de R-UV ao longo da vida, geralmente são mais severos e, por vezes, irreversíveis, com possível comprometimento da qualidade de vida do indivíduo. Pode-se citar, como exemplos mais comuns, os cânceres de pele, o envelhecimento precoce, a catarata e o pterígio. Nesta seção os efeitos nocivos mais comuns são apresentados de maneira mais detalhada.

2.2.1. Efeitos Nocivos sobre a pele

a) Bronzeamento e Eritema (Queimadura solar):

São os efeitos agudos mais conhecidos. O bronzeamento da pele, ao contrário de saudável, é um sinal de alerta, uma manifestação de defesa do organismo, que aumenta a produção de melanina na tentativa de minimizar a ação da R-UV. De acordo com Okuno e Vilela (2005), o bronzeamento pode ser imediato, surgindo com alguns minutos de exposição e desaparecendo nas horas seguintes; ou tardio, surgindo com dias de exposição e se mantendo por semanas ou meses.

O eritema ou queimadura solar é uma inflamação cutânea que causa vasodilatação e aumento do fluxo sanguíneo local (Juchem et al, 1998). Em casos moderados e graves, apresenta-se dolorosa e extremamente desconfortável. De modo geral, queimaduras solares são classificadas como queimaduras de primeiro grau por atingirem apenas a epiderme. Em casos mais severos podem surgir bolhas, caracterizando que a derme também foi atingida (queimadura de segundo grau).

b) Melasma e efélides (sardas):

Os melasmas e as efélides (sardas) são dermatoses frequentes ligadas diretamente ao aspecto estético que podem repercutir na vida psicossocial do indivíduo com redução da qualidade de vida (Silva e Müller, 2007). Embora sejam dermatoses com etiologias

diferentes, têm na R-UV um fator desencadeante. Caracterizam-se por máculas acastanhadas, em regiões fotoexpostas, principalmente a face (Miot et al., 2009). O melasma pode atingir centímetros de diâmetro enquanto as efélides ou sardas não ultrapassam alguns milímetros.



Figura 12: Sardas (ou efélides) e melasma, respectivamente
Fonte: www.dermatologia.net

c) Fotoenvelhecimento:

O envelhecimento cutâneo é um processo natural e gradual de deterioração das estruturas celulares e de seu poder de regeneração (Hirata et al, 2004; Montagner e Costa, 2009). Em 1956, Harman observou que a irradiação em seres vivos levava à formação de radicais livres, e a presença destes levava à diminuição do tempo de vida e à mudanças semelhantes ao envelhecimento nos seres expostos (Wickens, 2001 apud Hirata et al, 2004). Atualmente, o entendimento deste mecanismo está consolidado e de acordo com Kohen (1992), Sousselier e Berthon (1998), Podda e Grundmann-Kollmann (2001), Wickens (2001) (apud Hirata et al, 2004), a R-UV representa a principal fonte exógena de radicais livres, constituindo, portanto, um fator relevante na aceleração do envelhecimento cutâneo. Esse fato justifica o termo “envelhecimento precoce” usado como sinônimo de fotoenvelhecimento. Como mostra a Figura 13, a pele fotoenvelhecida apresenta características como perda de elasticidade, discromias, rugas profundas e alterações na textura.



Figura 13: Fotoenvelhecimento em região exposta ao sol

Fonte: www.dermatologia.net

d) Câncer de pele:

Existem três tipos principais de cânceres de pele: os carcinomas basocelular (CBC) e o espinocelular (CEC), denominados cânceres de pele não-melanoma (CPNM); e, o melanoma cutâneo (MC). O CBC é o mais frequente e o menos agressivo. Surge como um pequeno nódulo de cor rósea que cresce lentamente por meses ou anos até se ulcerar (uma ferida visível). O segundo mais frequente, o CEC cresce mais rapidamente, é mais agressivo que o basocelular, e se ulcera precocemente. Aparece geralmente como uma crosta ou uma pequena ferida. Tanto o CBC como o CEC são mais encontrados em áreas expostas ao sol, como a face e os braços. Quanto ao MC, sua letalidade é elevada; porém sua incidência é baixa. Em seu *website*², a Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que anualmente ocorram cerca de 130 mil casos novos deste câncer no mundo e, em termos de prevalência, seja de aproximadamente 2,5%. Tem-se observado um expressivo crescimento na incidência desse tumor em populações de cor de pele branca.

Segundo o Instituto Nacional de Câncer (INCA, 2008), o número de casos novos de CPNM (CEC + CBC) estimado para o Brasil no ano de 2010 foi de, aproximadamente, 53 mil entre homens e de 60 mil em mulheres. Em todo o mundo, a

² <http://www.who.int>

OMS estima entre dois a três milhões de novos casos. O CPNM é o mais incidente em homens na maioria das regiões do Brasil, com um risco estimado de 85/100.000 pessoas na Região Sul, 55/100.000 na Região Nordeste, 53/100.000 na Região Sudeste e 25/100.000 na Região Norte; enquanto que na Região Centro-Oeste (44/100.000) é o segundo mais frequente. Nas mulheres é o mais frequente nas regiões Sul (87/100.000), Centro-Oeste (66/100.000), Nordeste (61/100.000) e Norte (28/100.000); enquanto que na Região Sudeste (56/100.000) é o segundo mais frequente (INCA, 2008).

2.2.2. Efeitos nocivos sobre os olhos:

A R-UV é mais nociva aos olhos do que a radiação visível ou infravermelha, e também mais perigosa por ser imperceptível aos sentidos humanos. A intensa exposição às radiações visível e infravermelha é percebida pelo desconforto com a claridade e calor, enquanto a R-UV tem uma ação “silenciosa”. De acordo com Okuno e Vilela (2005), as estruturas oculares mais danificadas são a córnea, membrana transparente responsável por 70% da refração do sistema óptico, e o cristalino, lente transparente responsável por focalizar o raio luminoso sobre a retina. As principais enfermidades dos olhos, relacionadas à R-UV, são:

a) Fotoqueratite e Fotoconjuntivite:

São efeitos agudos e dolorosos sobre os olhos, resultantes de intensa exposição à R-UV. A fotoqueratite é caracterizada pela inflamação da córnea e da íris, enquanto a fotoconjuntivite corresponde à inflamação da conjuntiva e interior da pálpebra. Os sintomas são lacrimejamento, vermelhidão, sensação de corpo estranho e ardor. O transtorno costuma ser temporário e não deixa sequelas, devido à grande capacidade de regeneração do epitélio ocular (Okuno e Vilela, 2005).

b) Catarata:

A literatura aponta para uma relação direta entre a exposição à R-UV e à formação da catarata (Taylor et al., 1988). Segundo a OMS, 75% dos casos de cegueira no mundo poderiam ser evitados e 50% destes são oriundos de cataratas. Estima-se que

em 2020 existirão no mundo 75 milhões de pessoas cegas e mais de 225 milhões de portadores de baixa visão, e que entre 60% e 75% destes casos de cegueira e baixa visão poderiam ser evitáveis e/ou curáveis.

A catarata ocorre com a perda da transparência do cristalino. É caracterizada por alteração protéica e rompimento da continuidade das fibras do cristalino. À medida que a catarata progride o cristalino, antes transparente, vai adquirindo aspecto esbranquiçado. A acuidade visual é inversamente proporcional ao grau de opacificação do cristalino (Dome, 2001). De acordo com o Conselho Brasileiro de Oftamologia³ (2009), por ano são realizadas aproximadamente 280 mil cirurgias de catarata pelo Sistema Único de Saúde (SUS) e entre 80 e 100 mil através de convênios e médicos particulares.

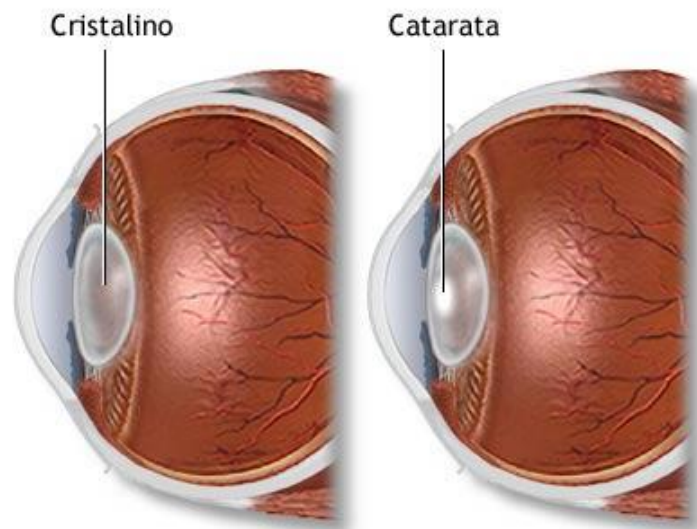


Figura 14: Formação da catarata

Fonte: <http://www.hospitalirmaospenteado.com.br/revista/?p=176>

c) Pterígio:

Outra doença importante que acomete os olhos é o pterígio, caracterizado pelo crescimento de tecido fibrovascular em direção à córnea (Duque-Elder, 1965 apud Schellini et al, 2000)(Figura 15). De acordo com Mackenzie e colaboradores (1992), as pessoas que exercem profissões que as expõem ao sol durante grande parte do dia, têm 20 vezes mais possibilidade de desenvolver pterígio, do que as que não se expõem. Da

³ Site da CBO (www.sboportal.org.br/)

mesma forma, os habitantes que moram nos seus cinco primeiros anos de vida em países de latitude inferior a 30°, têm 40 vezes mais chance de desenvolver pterígio do que aqueles de áreas localizadas em latitude maior do que 40°.

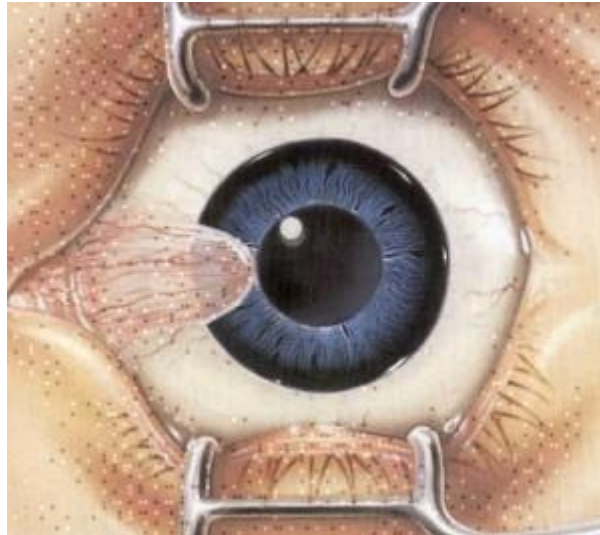


Figura 156: Olho com pterígio
Fonte: <http://centrovisualgyg.com/tips/>

2.3 Efeitos benéficos:

O mais difundido benefício da radiação solar está ligado ao bem estar psicológico (Flor et al, 2007). Porém, sua contribuição para a saúde vai mais além. O uso terapêutico dos raios solares, conhecido como helioterapia, tem seus primeiros registros no século XIV a.C (Fitzpatrick e Patha, 1959, apud Martins e Silva, 2007). A medicina moderna utiliza a R-UV no tratamento de dermatoses. Esta modalidade de tratamento, denominada fototerapia, é indicada para dermatoses inflamatórias de alta incidência e evolução crônica, portanto, de difícil controle, como psoríase, vitiligo, linfoma cutâneo de células T, entre outras (Duarte et al, 2006; Cestari et al, 2007).

Outra importante contribuição à saúde está relacionada à vitamina D, que foi descoberta graças a sua ligação com o raquitismo. Em 1925, Hess e Weinstock demonstraram que se produz na pele, por meio de R-UV, um fator com atividade anti-raquítica. Mas apenas em 1971 sua estrutura química seria completamente decifrada. A expressão vitamina D é empregada para designar os diversos compostos que possuem a propriedade de prevenir e curar o raquitismo. Dos dez compostos que exercem essa

função os mais conhecidos e importantes são: vitamina D₂ (ergocalciferol, de origem vegetal) e vitamina D₃ (colecalfiferol, de origem animal). O colecalfiferol é sintetizado na pele através da ação da R-UVB, especialmente entre os comprimentos de onda de 290 a 310 nm, sobre o 7-deidrocolesterol existente na epiderme e, a partir daí, é metabolizado no fígado em 25-hidroxivitamina D. Este é o substrato para a formação do verdadeiro hormônio, a 1,25-dihidroxivitamina D, que ocorre sob a influência do cálcio sérico e do hormônio da paratireóide (Premaor e Furlanetto, 2006).

À exceção dos habitantes de latitudes muito elevadas, a maior parcela dos indivíduos com hábitos alimentares regulares, obtém a vitamina D mediante sua própria exposição à luz solar. Os suplementos contendo vitamina D são úteis para os indivíduos cronicamente privados da luz solar (Barral et al, 2007).

A presença de vitamina D no organismo é responsável pela manutenção dos níveis normais de cálcio no sangue, que interfere na estrutura óssea entre outras funções (Holick, 2007). Sua carência também tem sido associada a diversas patologias e processos fisiopatológicos, como diabetes, doenças auto-imunes, doenças neurodegenerativas, inflamações, doença cardiovascular, hipertensão e alguns tipos de câncer, como os de pele, próstata, cólon, mama, sangue (Young e Walker, 2005 apud Silva, 2008).

3. RADIAÇÃO PONDERADA PELA RESPOSTA FOTOBIOLOGICA

3.1. Doses Eritematosas:

A quantidade de R-UV recebida durante o período de exposição pode ser calculada pelo produto da intensidade da radiação pelo tempo de exposição:

$$\text{Dose acumulada de R-UV} = \text{Irradiância eritêmica} \times \text{Tempo de exposição} \quad (1)$$

Na equação (1), a irradiância eritêmica é medida em W/m^2 , o tempo em segundos, e a dose, em J/m^2 . A irradiância eritêmica (Ery) – ou irradiância biologicamente ativa – é o termo usado para a irradiância solar ultravioleta (I_λ) ponderada pela resposta espectral da pele humana (ϵ_λ) à R-UV. Isto é, matematicamente, a irradiância eritêmica é representada pela integral no espectro UV (280 a 400 nm) do produto entre a R-UV espectral e a resposta da pele a esse tipo de radiação em cada um dos comprimentos de onda no espectro UV. A equação (2) mostra a representação matemática desta integral:

$$Ery = \int_{280nm}^{400nm} I_\lambda \epsilon_\lambda d\lambda \quad (2)$$

Porém, cada indivíduo reage a esta interação de acordo com características raciais e genéticas (Laguardia, 2006). Para estimar os possíveis danos à saúde, adota-se, habitualmente, a dose eritematosa mínima (DEM), que é a menor dose de radiação capaz de produzir eritema perceptível. A DEM foi descrita pela primeira vez em 1928 por Jean Saidman (Roelandts, 2007 apud Schalka, 2009), porém a atual definição foi dada pela agência norte-americana *Food and Drug Administration* (FDA), em 1978.

A DEM varia de acordo com a resposta fotobiológica do indivíduo. Em função disto diversos pesquisadores tentaram classificar os tipos de pele de acordo com sua resposta eritematosa. Segundo Inforzato et al. (2008), a primeira destas classificações foi feita em 1939, por Edward e Duntley, e muitas outras surgiram depois. Porém, a classificação atual, utilizada oficialmente pelos órgãos internacionais de saúde, foi desenvolvida por Fitzpatrick, em 1988 (Tabela 1).

Tabela 1: Classificação de fototipos cutâneos, segundo Fitzpatrick

Fototipos (Fitzpatrick)	Características fenotípicas	Ocorrência de queimadura	Bronzeamento	DEM (J/m²)
I	Pele pálida, muito clara	Muito frequente	Raro	20 a 30
II	Pele, cabelo e olhos claros	Muito frequente	Pouco	25 a 35
III	Pele clara, tipicamente caucasiana	Moderada	Moderado	30 a 50
IV	Pele branca a morena, cabelos e olhos escuros	Moderada	Rápido	45 a 60
V	Pele mulata	Rara	Intenso	60 a 100
VI	Pele negra	Rara	Intenso	100 a 200

3.2. Índice Ultravioleta (IUV):

A divulgação de informações científicas à sociedade, principalmente para a prevenção de doenças, é fundamental e relativamente difícil, pois esbarra na compreensão do público leigo. O Índice Ultravioleta (IUV), elaborado em meados da década de 1990 por iniciativa da *Environmental Protection Agency* (EPA) e pelo *National Weather Service* (NWS), é um valor numérico adimensional que expressa a intensidade de Ery incidente sobre a superfície da Terra de uma forma clara e acessível à população. Assim, cada unidade do IUV corresponde a 25 mW/m² Ery (Vanicek et. al, 2000).

A preocupação com a medida e divulgação da quantidade de R-UV está associada ao aumento no número de casos de câncer de pele em diversos países. A divulgação da intensidade de R-UV incidente, de forma simplificada e dirigida ao público, visa à mudança dos hábitos de exposição ao sol para reduzir os danos à saúde. Segundo as recomendações da OMS, os valores do IUV são divididos em categorias de intensidade apresentadas na figura 16.



Figura 16: Classificação do IUV (CPTEC/INPE)
 (Disponível em <http://satelite.cptec.inpe.br>)

4. PERFIL SOCIOECONÔMICO E DE SAÚDE

4.1. Perfil socioeconômico

Em relação ao aspecto socioeconômico e nível de desenvolvimento dos municípios avaliados, foram utilizados parâmetros como o produto interno bruto (PIB) per capita, e indicadores como o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal⁴ (IDH-M) e o Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal⁵ (IFDM), dois indicadores reconhecidos nacionalmente. De acordo com os dados listados na tabela 2, Ilhéus se classifica como um município de médio desenvolvimento/desenvolvimento moderado enquanto, Itajubá e São Paulo, se posicionam como municípios com alto desenvolvimento humano.

Tabela 2: Indicadores socioeconômicos

<i>Indicador</i> <i>Socioeconômico</i>	<i>São Paulo</i>	<i>Itajubá</i>	<i>Ilhéus</i>
PIB Per Capita	R\$ 32.493,96	R\$14.468,22	R\$7.431,66
IDH-M	0,841	0,815	0,703
IFDM	0,8469	0,8037	0,6161

Fonte: IBGE/PNUD/FIRJAN

Em relação à ocupação, considerando o trabalho formal, o setor de serviços abriga o maior percentual de trabalhadores nos três municípios, enquanto, o comércio ocupa a segunda posição, também para os três municípios (Figura 17). Os trabalhadores da construção civil e da agropecuária ocupam a 5ª e 6ª posições (Ministério do Trabalho e Emprego – MTE, 2010).

O setor de serviços compreende ocupações com alta exposição à R-UV, como carteiros, garis, jardineiros, agentes de saúde, salva-vidas, entre outros; o comércio abriga um número considerável de vendedores ambulantes que se expõem ao sol em sua jornada integral de trabalho. Os trabalhadores da construção civil e agropecuária

⁴ O IDH-M varia de zero a um. São considerados de baixo desenvolvimento os municípios com IDH-M abaixo de 0,5; médio desenvolvimento, entre 0,5 e 0,8 e alto desenvolvimento acima de 0,8.

⁵ O IFDM também varia de zero a um, e estabelece quatro níveis de desenvolvimento, baixo entre 0,0 e 0,4; regular entre 0,4 e 0,6; moderado entre 0,6 e 0,8 e alto acima de 0,8.

também exigem atenção, pela exposição solar intensa a que estão submetidos no período laboral.

A preocupação com a exposição profissional, neste estudo, tem como justificativa a frequência do câncer de pele como entre os mais numerosos entre os tipos de cânceres relacionados ao trabalho (INCA, 2010). A tabela 3 retrata o perfil de ocupações do setor formal dos municípios envolvidos neste estudo.

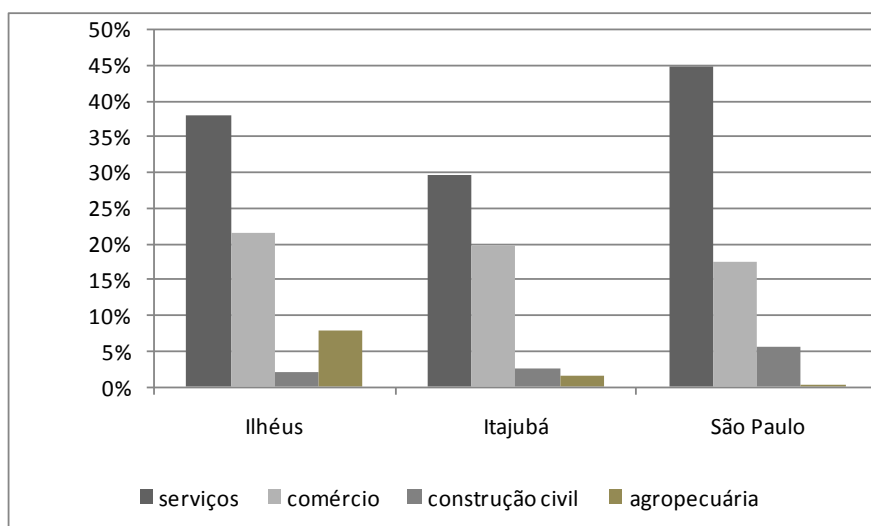


Figura 17: Distribuição do trabalho formal
Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego (CAGED, 2010)

Além da exposição profissional, há de se considerar que existem outras formas de exposição não menos importantes. As atividades de recreação ao ar livre, os passeios turísticos e o período de férias contribuem substancialmente no total de radiação acumulado. A infância também é um período importante em relação à exposição à R-UV.

Embora as estatísticas oficiais não demonstrem grande disparidade em relação às proporções de trabalhadores por tipo de ocupação, em relação aos três municípios, as estatísticas de saúde apontam em sentido contrário, como será demonstrado na próxima subseção.

4.2. Dados de Saúde

A tabela 3 aponta o número de óbitos por neoplasia maligna da pele.

Tabela 3: Óbitos por neoplasia de pele, na área de estudo, no período entre 2005 e 2008

	<i>São Paulo</i>	<i>Itajubá</i>	<i>Ilhéus</i>
2005	193	-	0
2006	181	2	1
2007	184	2	3
2008	173	4	0

Fonte: MS/SVS/DASIS

A partir destes dados, foi realizada uma análise superficial sobre o perfil da mortalidade por câncer de pele nos dois últimos anos (2007 e 2008).

Dos óbitos ocorridos em São Paulo (357), 219 pacientes eram do sexo masculino e 138 pacientes do sexo feminino. Os indivíduos com cor de pele branca representaram 287 casos, 36 pacientes tinham pele parda, 13 pacientes tinham pele negra, três pacientes de pele amarela e 18 pacientes tiveram sua cor de pele ignorada. O grau de instrução dos pacientes foi ignorado em 56 casos, 131 pacientes tinham oito ou mais anos de estudo, enquanto 170 pacientes tinham até sete anos de estudo. Em relação à idade, 32 pacientes tinham idade inferior a 40 anos na ocasião do óbito. Dentre os 325 pacientes com idade superior a 40 anos, apenas 162 alcançaram a sétima década de vida.

Entre os seis óbitos ocorridos em Itajubá, todos os pacientes eram do sexo feminino e com cor de pele branca. Quatro pacientes tiveram a escolaridade ignorada e dois possuíam baixa escolaridade (até três anos de estudo). Todos os pacientes tinham idade superior a 40 anos e apenas três deles alcançaram a sétima década de vida.

Dos três óbitos ocorridos em Ilhéus, dois pacientes eram do sexo masculino e um do sexo feminino. Dois destes pacientes tiveram sua cor de pele declarada como parda (e um caso ignorado). O grau de instrução foi ignorado. E todos os pacientes também tinham idade superior a 40 anos na ocasião do óbito, sendo que dois deles atingiram a sétima década de vida.

A fim de sintetizar a análise, foi utilizado o ano de 2008 para comparar os óbitos ocorridos por câncer de pele com os demais tipos de câncer (Tabela 4). Desta maneira foi possível calcular o coeficiente de mortalidade (risco de morrer) por ambas as causas (Tabela 5). É importante destacar que esta análise tem caráter apenas ilustrativo, uma

vez que as amostras utilizadas são pequenas, principalmente para as cidades de Ilhéus e Itajubá.

Tabela 4: Comparação entre o número de óbitos por câncer de pele e o número de óbitos por cânceres (exceto MC e CPNM), na área de estudo, em 2008

<i>Número de óbitos (2008)</i>	<i>São Paulo</i>	<i>Itajubá</i>	<i>Ilhéus</i>
Óbitos por câncer de pele	173	4	0
Óbitos por câncer (total)	13.118	106	149

Fonte: <http://www2.datasus.gov.br>

Tabela 5: Comparação entre o coeficiente de mortalidade por cânceres (exceto MC e CPNM) e por câncer de pele (por 100.000)

<i>2008</i>	<i>São Paulo</i>	<i>Itajubá</i>	<i>Ilhéus</i>
Coeficiente de mortalidade por câncer	116,66	116,89	80,87
Coeficiente de mortalidade por câncer de pele	1,13	4,41	0,54

Fonte: <http://www2.datasus.gov.br>

5. METODOLOGIA:

Nesta seção, são apresentados os procedimentos adotados neste trabalho, os materiais envolvidos, assim como a área de delimitação do estudo e a justificativa de sua escolha.

Para o presente estudo foram selecionadas as cidades de Ilhéus/BA (latitude $14^{\circ}47'S$, longitude $39^{\circ}02'W$, nível do mar), Itajubá/MG (latitude $22^{\circ}25'S$, longitude $45^{\circ}27'W$, altitude ~ 850 m) e São Paulo/SP (latitude $23^{\circ}32'S$, longitude $46^{\circ}38'W$, altitude ~ 850 m) (Figura 18). A razão para a seleção destas cidades se deve a presença de instrumentação adequada para medidas de IUV. Além disso, tratam-se de cidades de interesse para estudos desta natureza, uma vez que temos uma grande metrópole (São Paulo), um balneário turístico (Ilhéus) e um ambiente urbano/rural (Itajubá), todos eles localizados em regiões de intensa radiação solar em quase todas as épocas do ano (Corrêa et al., 2009).

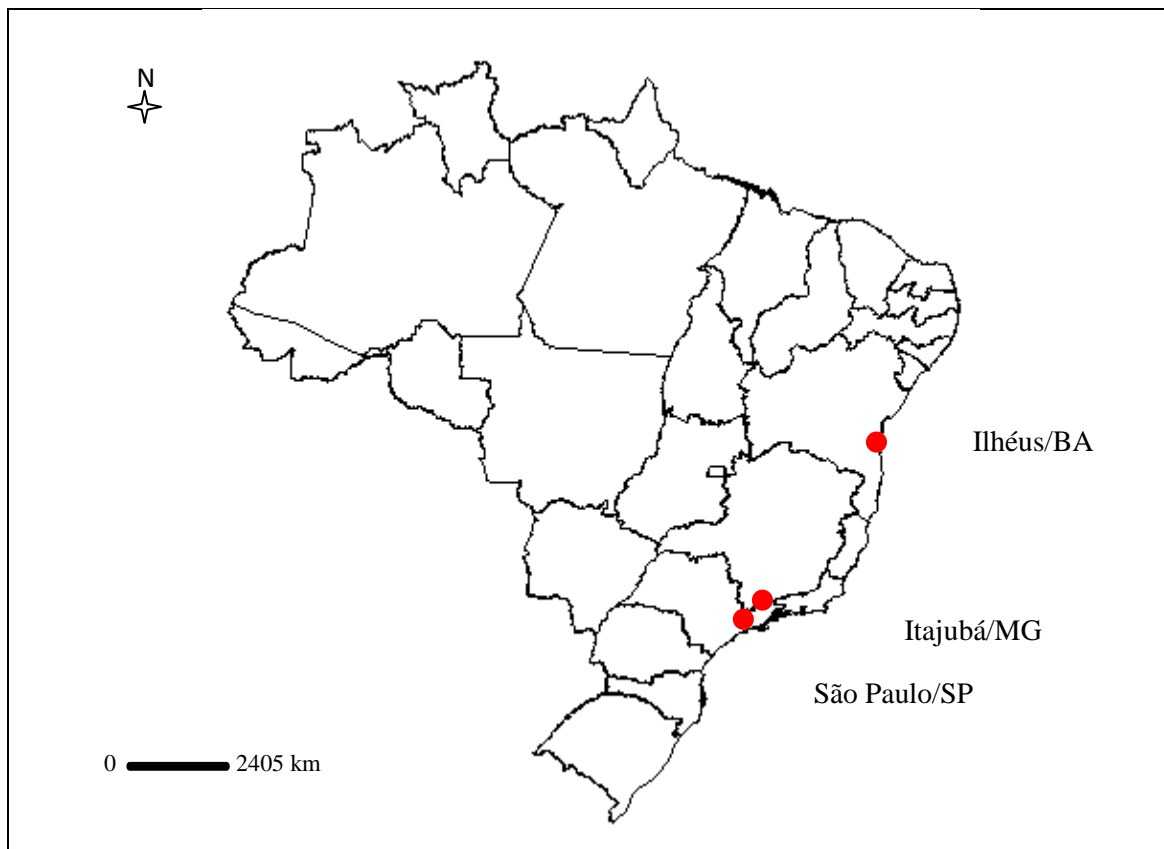


Figura18: Área de estudo (IBGE, 2005)

As medições de IUV foram realizadas diariamente, em intervalos de 10 minutos, formando uma extensa base de dados, contemplando cerca de 1.500 dias medidos em

São Paulo (período de junho/2005 a maio/2009); mais de 600 dias em Itajubá (julho/2007 a maio/2009); e, quase 500 em Ilhéus (outubro/2007 e maio/2009). As doses de R-UV foram calculadas de acordo com a equação (1).

O instrumento utilizado nas medições foi o biômetro UVB 501A SOLAR LIGHT (Solar Light Co. Inc.,USA, <http://www.solarlight.com>) (Figura 19). O aparelho possui um filtro capaz de simular a resposta espectral da pele. A partir dos dados registrados, foi possível gerar a dose de R-UV acumulada ao longo do período de exposição solar.



Figura 19: Biômetro UVB 501 A SOLAR LIGHT
Fonte: <http://www.solarlight.com/products/501.html>

4.1. Análise dos dados:

Considerando o volume de dados, foram selecionados períodos específicos de interesse:

- I) Primeiramente é apresentada a comparação dos dados referentes ao inverno/2008 e verão 2008/2009. Estes períodos foram escolhidos por contarem com dados simultâneos das três áreas avaliadas, por serem estações do ano relevantes para este estudo por compreenderem, em média, as menores e maiores doses de R-UV ao longo do ano (Figura 20).
- II) O carnaval de 2009 também foi escolhido por contar com dados simultâneos e por representar uma das maiores festas populares do país. O período de carnaval é um feriado tradicionalmente ligado às festas de rua, havendo assim, maior tempo ao ar livre em relação à exposição habitual. Ilhéus se destaca por ser um dos destinos mais visitados no carnaval da Bahia. A festa

popular, organizada pela Secretaria Municipal de Turismo, acontece ao ar livre com conseqüente exposição maciça dos foliões à R-UV, que acompanham a apresentação de trios elétricos e blocos carnavalescos. A festividade ocorre oficialmente a partir das 14h. Em São Paulo, além do tradicional desfile das escolas de samba, diversos blocos de rua, tradicionais em alguns bairros da cidade, marcam suas concentrações também a partir das 14 horas. A partir destas informações, foi selecionado o período entre 14h e 18 h para o cálculo da potencial dose acumulada de R-UV.

- III) Para finalizar a análise, foram escolhidos os dias com os recordes (maior e menor) em dose acumulada de R-UV em todo o período com dados.

Definidos os períodos, o trabalho avalia as doses recebidas de R-UV através da simulação da dose acumulada em diferentes comportamentos, tais como: exposição crônica à R-UV por motivo profissional (como ocorre com policiais, carteiros, agricultores, pescadores, motoristas e trabalhadores do comércio informal), na vida escolar, durante o lazer ao ar livre e a prática de atividades físicas. E também faz uma associação entre o tempo de exposição e a dose recomendada pela OMS.

6. RESULTADOS:

Na natureza não existem recompensas nem castigos.

Existem consequências.

(Ingersoll)

A tabela 6 apresenta uma síntese estatística dos dados coletados nas três localidades estudadas.

Tabela 6: Síntese estatística dos dados

	São Paulo	Itajubá	Ilhéus
Dose máxima (J/m ²)	7466	6544	6051
Média	3377	3392	3823
Desvio padrão	1559	1359	1239
Total de medições	1388	602	454

Apesar de São Paulo apresentar o recorde diário para a dose, Ilhéus apresenta as maiores médias e a menor amplitude de valores. Tal fato é compatível com sua localização geográfica. Isto é, regiões mais próximas à linha equatorial apresentam menor amplitude entre as estações do ano. No entanto, como São Paulo se localiza na região da latitude de 23°S e o planeta Terra tem a mesma inclinação, o Sol encontra-se a pino no solstício de verão e, por essa razão, valores muito intensos podem ser observados no período.

A figura 18 fornece uma distribuição de frequências das doses observadas em todo o período de medições e mostra que São Paulo e Itajubá possuem, respectivamente, cerca de 50 e 55% dos dias com níveis de R-UV entre 2000 e 4000 J/m², enquanto Ilhéus possui cerca de 45% dos dias com doses entre 4000 e 6000 J/m². Essa distribuição assimétrica negativa para os dados de Ilhéus, demonstra maior frequência de maiores doses e, portanto, uma cauda mais longa à esquerda. Esse quadro confirma o comentário acerca da relação entre a posição das cidades e a dose média anual.

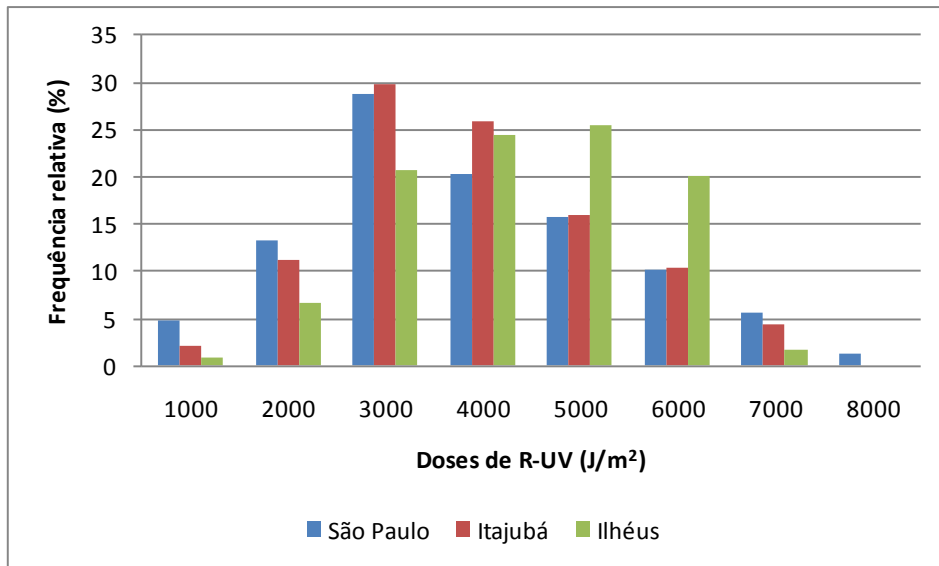


Figura 70: Histograma de frequência relativa - os valores apresentados no eixo x indicam valores máximos da classe

As medidas coletadas também mostram a existência de variações sazonais ao longo do ano (Figura 21), o que confirma a necessidade de cuidados redobrados nos períodos de verão, quando as atividades ao ar livre são mais procuradas.

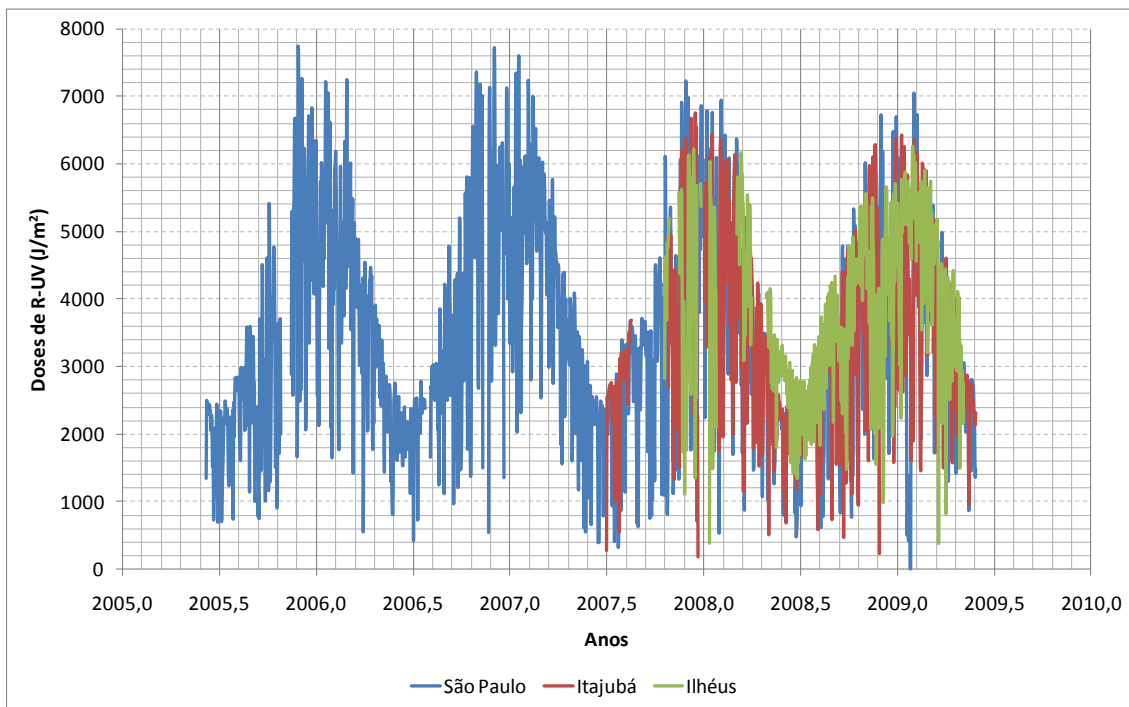


Figura 218: Variação sazonal da dose diária acumulada de R-UV

A Figura 21 deixa clara a sazonalidade dos valores. No verão, as doses acumuladas atingem valores próximos a 7000 J/m^2 , enquanto que no inverno esses valores caem para algo em torno de 2000 J/m^2 . É relevante observar que, como esperado, essa amplitude é menos pronunciada para a cidade de Ilhéus.

A seguir, a análise dos períodos citados na metodologia.

6.1. Comparação entre os dados referentes ao inverno/2008 e verão 2008/2009

Como dito anteriormente, os anos de 2008 e 2009 foram escolhidos por contarem com dados simultâneos das três áreas avaliadas e as estações inverno e verão, por compreenderem os períodos com menores e maiores doses de R-UV. A figura 22 demonstra o comportamento da R-UV nos períodos indicados.

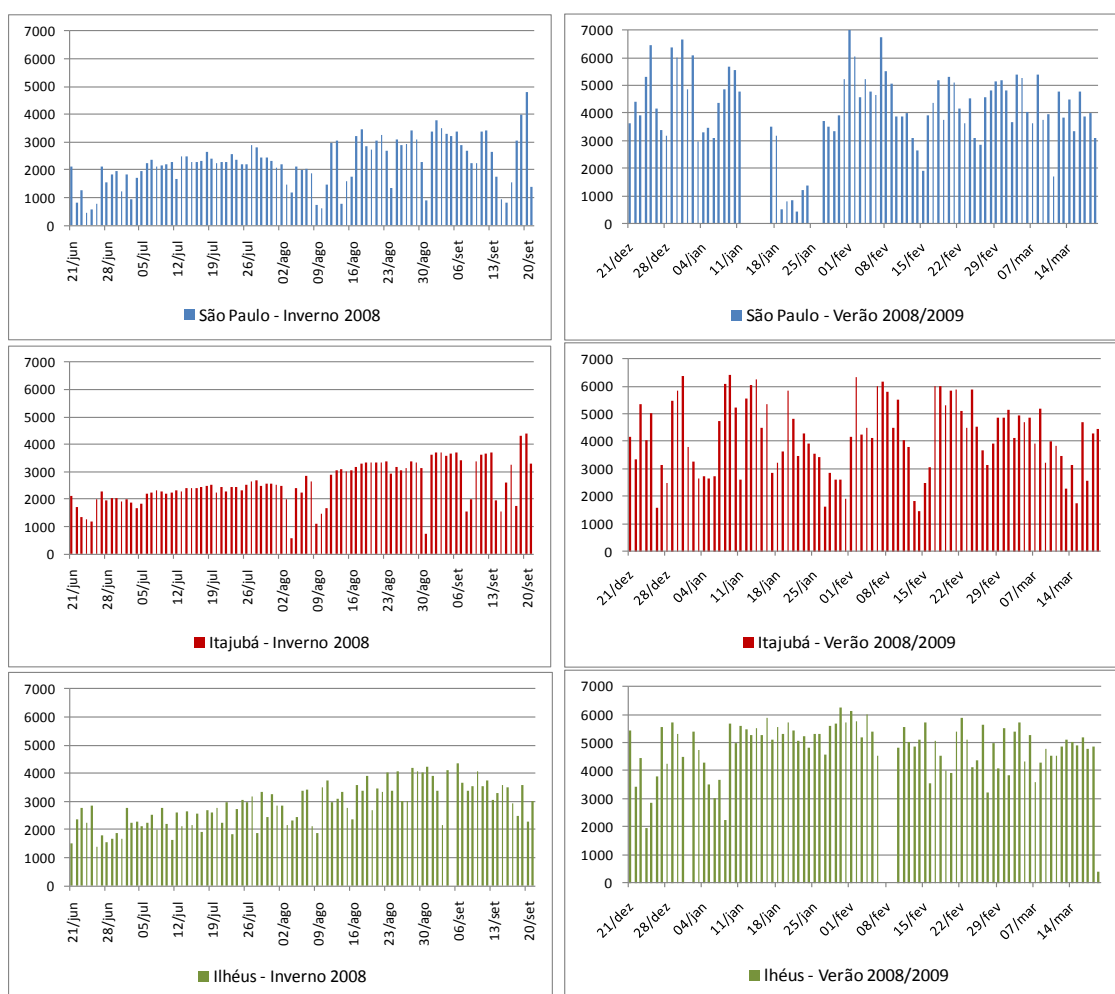


Figura 22: Comportamento da R-UV durante o inverno 2008 e verão 2008/2009 (Os valores representados no eixo y indicam as doses diárias de R-UV em J/m^2)

Como esperado, os dados demonstram maiores níveis de radiação nos dias de verão. O dado preocupante é observar que mesmo no inverno, estação com menor intensidade de R-UV, a dose recomendada pela OMS (108 J/m²), assim como as DEM para pessoas fotorresistentes – fototipo IV (450 J/m²) –, são ultrapassadas nas exposições entre 8h e 17 h, comum para muitos trabalhadores.

As Figuras 23, 24 e 25 mostram a dose acumulada de radiação durante o decorrer dos dias com maior e menor intensidades diárias, nas estações analisadas.

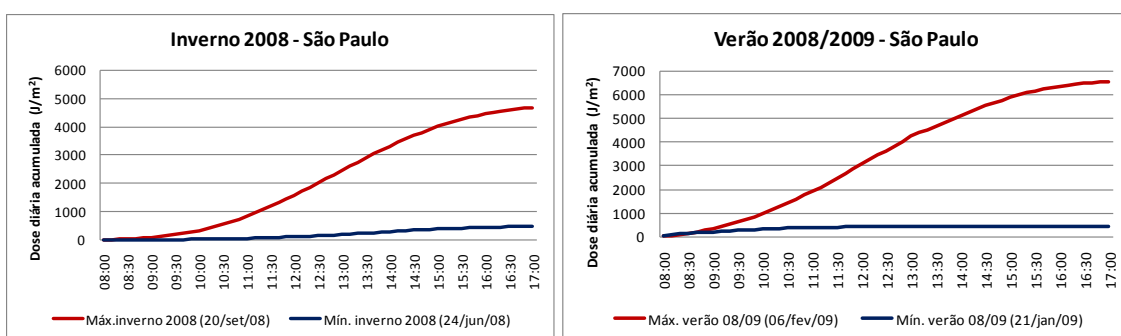


Figura 23: Doses máximas e mínimas, de R-UV, durante o inverno e verão 2008/2009 - São Paulo

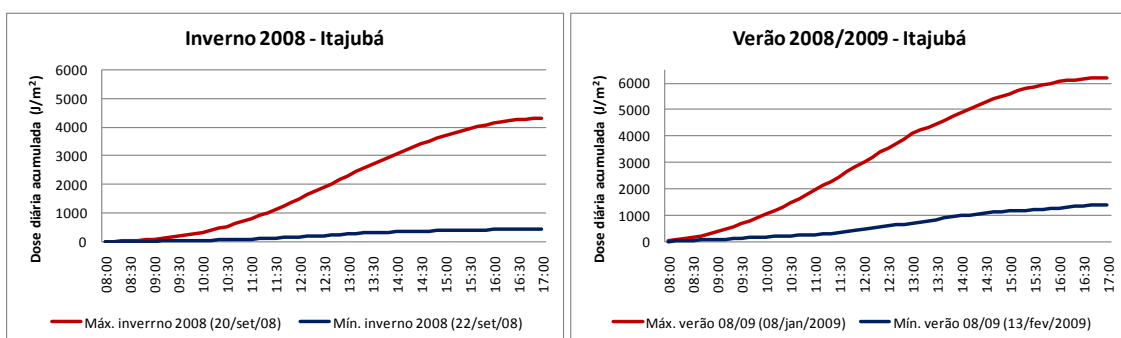


Figura 24: Doses máximas e mínimas, de R-UV, durante o inverno 2008 e verão 2008/2009 – Itajubá

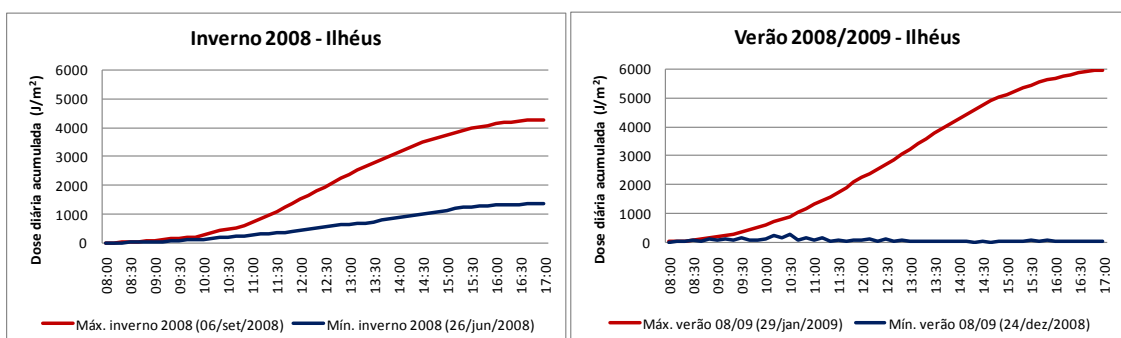


Figura 25: Doses máximas e mínimas, de R-UV, durante o inverno 2008 e verão 2008/2009 – Ilhéus

A tabela 7 resume os valores mínimos e máximos ocorridos nas estações avaliadas.

Tabela 7: Perfil das doses diárias acumuladas durante o inverno e o verão

	<i>Dose acumulada (J/m²)</i>							
	Inverno 2008				Verão 2008/2009			
	Máx.	Mín.	Méd.	Des. padrão	Máx.	Mín.	Méd.	Des. padrão
São Paulo	4784	471	2251	849	6731	1591	4041	1486
Itajubá	4402	583	2568	762	6424	1455	4180	1321
Ilhéus	4334	1373	2857	535	6253	1968	4798	960

Na tabela 8 é apresentada uma simulação da dose recebida por um trabalhador exposto ao sol em um dia de inverno (no caso, do ano de 2008). A exposição de um trabalhador durante o dia todo é representativa de uma parcela relevante dos trabalhadores brasileiros tal como, por exemplo, os camelôs. Também foi simulada a exposição que ocorre no intervalo para o horário de almoço, agora, abrangendo uma parcela maior de trabalhadores, não importando o tipo de ocupação.

Esta tabela demonstra que a exposição que ocorre ao longo de um dia todo de trabalho ao ar livre é bastante relevante em termos de saúde do trabalhador. Em um único dia o trabalhador pode acumular a dose que seria desejável para o período de um mês. Embora seja um período curto, o horário de almoço, que comumente ocorre entre 12h30min e 13h, também pode propiciar doses de R-UV muito além daquela recomendada pela OMS. Este também é o período em que muitos pais estão buscando ou levando seus filhos à escola, ou seja, uma atividade cotidiana considerada trivial, mas que ao longo dos anos pode se revelar bastante danosa a saúde da pele. Deve-se ressaltar que a tabela 8 se refere a dados coletados no inverno e, portanto, com níveis de radiação relativamente menores em relação à média observada em outras épocas do ano.

Tabela 8: Simulação de exposição para o trabalhador (inverno 2008)

TRABALHADOR - Simulação para o dia com maior dose de R-UV no inverno 2008			
	São Paulo	Itajubá	Ilhéus
Horário de almoço	594 J/m ²	303,5 J/m ²	584 J/m ²
30 minutos de exposição (12h30min às 13h)	5,5 vezes a dose recomendada pela OMS	2,8 vezes a dose recomendada pela OMS	5,5 vezes a dose recomendada pela OMS
Trabalho em tempo integral ao ar livre (8h às 17h)	4683 J/m ² 43,0 vezes a dose recomendada pela OMS	2191 J/m ² 20,0 vezes a dose recomendada pela OMS	4282 J/m ² 39,5 vezes a dose recomendada pela OMS

Tabela 9: Simulação de exposição para o estudante (inverno 2008)

ESTUDANTE - Simulação para o dia com maior dose de R-UV no inverno 2008				
		São Paulo	Itajubá	Ilhéus
Recreio escolar ao ar livre	Matutino	130 J/m ²	41,5 J/m ²	76 J/m ²
	20 minutos de exposição (9h30min às 9h50min)	1,2 vezes a dose recomendada pela OMS	equivale a 38,5% da dose recomendada pela OMS	equivale a 70% da dose recomendada pela OMS
	Vespertino	219,5 J/m ²	104 J/m ²	180 J/m ²
	20 minutos de exposição (15h30min às 15h50min)	2,0 vezes a dose recomendada pela OMS	equivale a 96% da dose recomendada pela OMS	1,5 vezes a dose recomendada pela OMS
Aula de Educação Física ao ar livre	Matutino	679 J/m ²	306 J/m ²	698, 5 J/m ²
	50 minutos de exposição (10h50min às 11h40min)	6,0 vezes a dose recomendada pela OMS	2,8 vezes a dose recomendada pela OMS	6,5 vezes a dose recomendada pela OMS
	Vespertino	829 J/m ²	419 J/m ²	702 J/m ²
	50 minutos de exposição	7,5 vezes a dose recomendada	3,8 vezes a dose recomendada pela	6,5 vezes a dose recomendada pela

(14h40min às 15h30min)	pela OMS	OMS	OMS
---------------------------	----------	-----	-----

A tabela 9 também se refere ao inverno/2008, porém simula a exposição ao sol para um estudante. É retratada a exposição durante o recreio escolar, quando geralmente as crianças se entregam às atividades livres a céu aberto e, também, às aulas de educação física ao ar livre. Verifica-se que em uma aula de educação física o aluno pode acumular mais de sete vezes a dose recomendada pela OMS.

A tabela 10 apresenta a simulação de exposição para o trabalhador, durante o verão 2008/2009. Os mesmos períodos apresentados na tabela 8 são retratados, agora enfocando as doses recebidas no verão. Em um dia de trabalho, ao ar livre, o indivíduo pode receber mais de 60 vezes a dose recomendada pela OMS. Este é um dado relevante para a história médica pregressa (anamnese) do trabalhador.

Tabela 10: Simulação de exposição para o trabalhador (verão 2008/2009)

TRABALHADOR - Simulação para o dia com maior dose de R-UV no verão 2008/2009			
	São Paulo	Itajubá	Ilhéus
Horário de almoço	752,5 J/m ²	698 J/m ²	513 J/m ²
30 minutos de exposição (12h30min às 13h)	7,0 vezes a dose recomendada pela OMS	6,5 vezes a dose recomendada pela OMS	4,7 vezes a dose recomendada pela OMS
Trabalho em tempo integral ao ar livre (8h às 17h)	6546,5 J/m ² 60,5 vezes a dose recomendada pela OMS	5039 J/m ² 46 vezes a dose recomendada pela OMS	5977 J/m ² 55 vezes a dose recomendada pela OMS

A tabela 11 se refere à exposição do estudante durante o verão 2008/2009. Os períodos de exposição da Tabela 9 foram mantidos, verificando-se que no verão as doses de R-UV são bem mais expressivas do que no inverno. No verão, a dose acumulada de R-UV durante a aula de educação física pode ultrapassar mais de 11 vezes a dose recomendada pela OMS.

Tabela 11: Simulação de exposição para o estudante (verão 2008/2009)

ESTUDANTE - Simulação para o dia com maior dose de R-UV no verão 2008/2009				
		São Paulo	Itajubá	Ilhéus
Recreio escolar ao ar livre	Matutino	329 J/m ²	339 J/m ²	228 J/m ²
	20 minutos de exposição (9h30min às 9h50min)	3,0 vezes a dose recomendada pela OMS	3,0 vezes a dose recomendada pela OMS	2,0 vezes a dose recomendada pela OMS
	Vespertino	235,5 J/m ²	209 J/m ²	294 J/m ²
	20 minutos de exposição (15h30min às 15h50min)	2,2 vezes a dose recomendada pela OMS	1,9 vezes a dose recomendada pela OMS	2,7 vezes a dose recomendada pela OMS
Aula de Educação Física ao ar livre	Matutino	1268 J/m ²	1033 J/m ²	879 J/m ²
	50 minutos de exposição (10h50min às 11h40min)	11,5 vezes a dose recomendada pela OMS	9,5 vezes a dose recomendada pela OMS	8,0 vezes a dose recomendada pela OMS
	Vespertino	609 J/m ²	582 J/m ²	753,5 J/m ²
	50 minutos de exposição (14h40min às 15h30min)	5,5 vezes a dose recomendada pela OMS	5,0 vezes a dose recomendada pela OMS	7,0 vezes a dose recomendada pela OMS

6.2. Avaliação da dose acumulada diária durante os quatro dias de carnaval, feriado tradicionalmente ligado às atividades de lazer ao ar livre

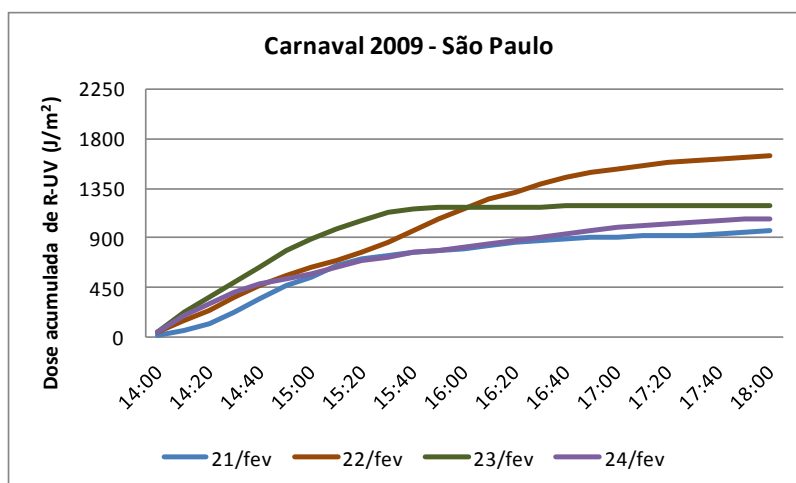
Como já foi dito, tanto em Ilhéus quanto em São Paulo, o início da festa ao ar livre geralmente acontece por volta de 14 h, seja para acompanhar o trio elétrico ou compor um bloco de rua. Logo, a simulação foi feita considerando este provável horário de exposição.

Considerando o dia com menor dose de R-UV, a dose recomendada pela OMS seria atingida com 20 minutos de exposição, em São Paulo; 15 minutos, em Itajubá e, 10 minutos em Ilhéus. A simulação ainda aponta que os foliões que acompanhassem, sem o uso de protetores solares, as festividades a partir do horário supracitado poderiam apresentar eritema, após os intervalos de tempo apresentados na Tabela 12.

Tabela 12: Tempo de exposição para atingir a dose eritematosa mínima durante o dia com menor R-UV do carnaval 2009 (início da exposição: 14h – hora local)

Dia com menor dose de R-UV durante o carnaval 2009			
Tempo de exposição para desencadear eritema (em minutos)			
	São Paulo	Itajubá	Ilhéus
Fototipo II	35	10	40
Fototipo IV	50	25	100

A figura 26 ilustra a evolução das doses acumuladas ao longo de cada um dos dias analisados. O indivíduo que tenha se exposto ao sol, entre às 14 e 18 h, pode ter recebido 4877 J/m² em São Paulo, 6699 J/m² em Itajubá e 5636 J/m² em Ilhéus, ao longo do feriado. Este é um impacto bastante significativo, principalmente para os indivíduos que se expõem ao sol de maneira esporádica, uma vez que exposições agudas à altas doses de R-UV são muito prejudiciais à saúde.



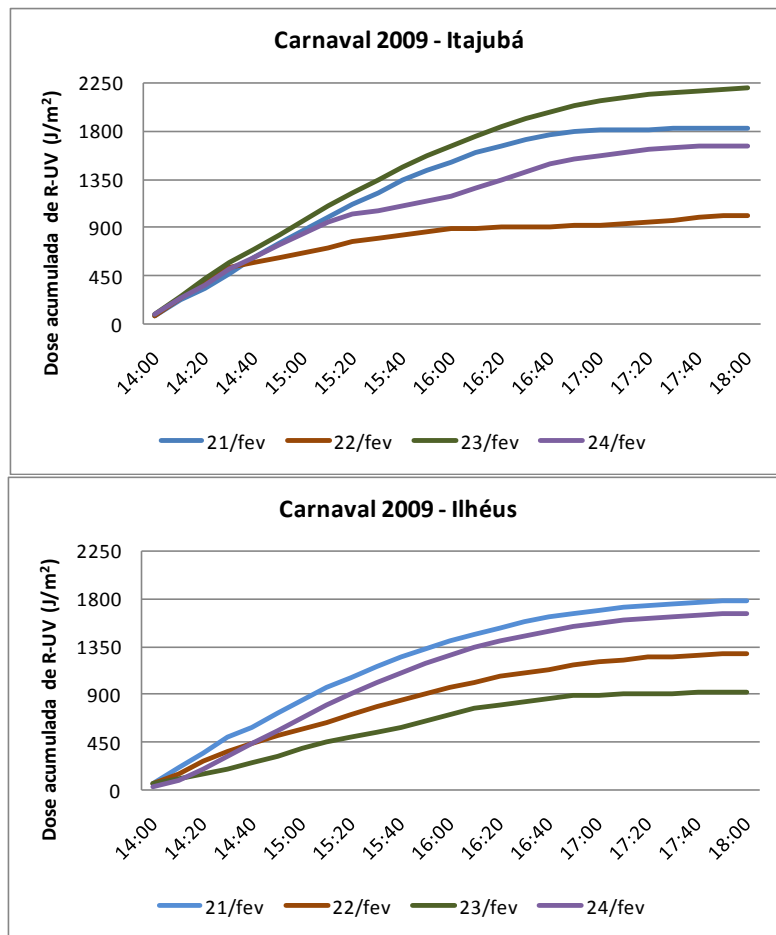


Figura 26: Doses acumuladas de R-UV, entre 14 e 18h, durante os dias do carnaval

6.3. Análise da seleção dos dias com a menor e maior dose acumulada em todo o período de medições

As menores doses acumuladas em um dia em São Paulo, Itajubá e Ilhéus foram, respectivamente, $283,5 \text{ J/m}^2$, 440 J/m^2 e $351,5 \text{ J/m}^2$, e geralmente estão associadas à presença de nebulosidade profunda associada à precipitação. Por outro lado, as maiores doses foram, respectivamente, 7466 J/m^2 , 6544 J/m^2 e 6051 J/m^2 . As figuras 27 e 28 ilustram as doses citadas.

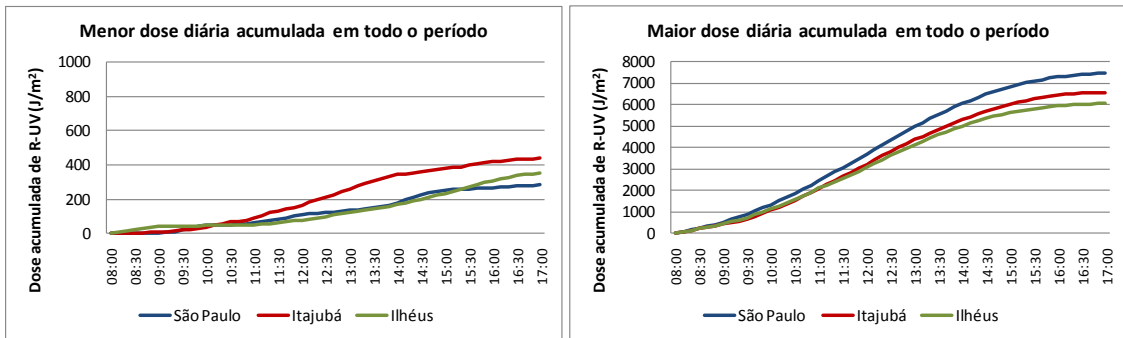


Figura 27: Menor e maior dose diária acumulada em todo o período

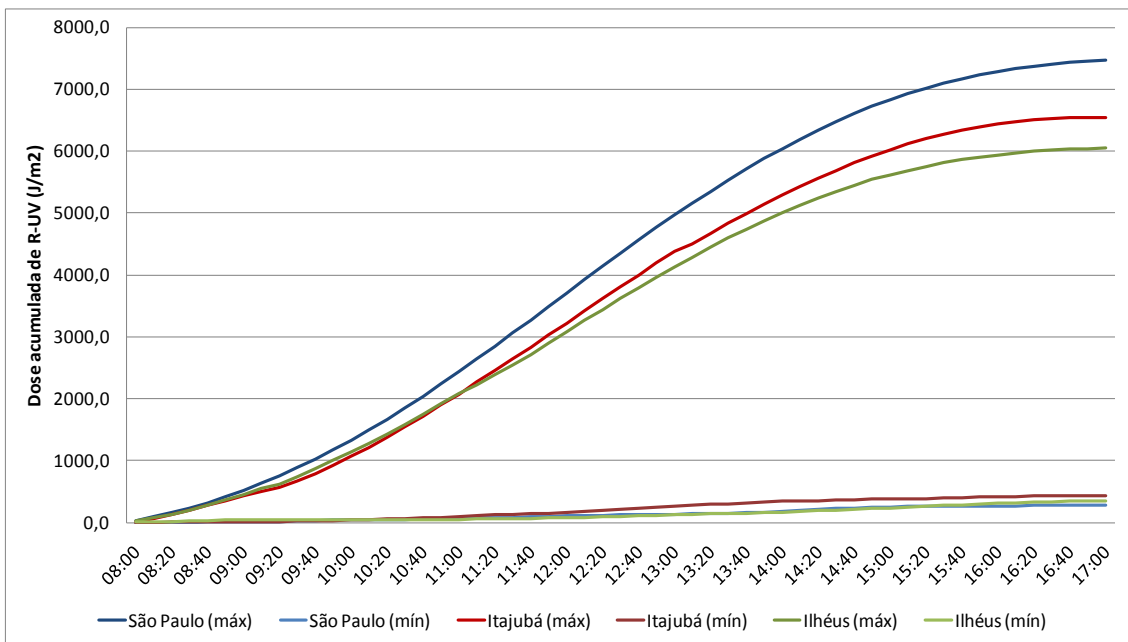


Figura 28: Comparativo entre as menores e maiores doses acumuladas observadas

As tabelas 13 e 14 simulam a potencial dose acumulada no dia com menor intensidade de R-UV em todo o período coberto pelas medições. Na tabela 13, as simulações indicam que mesmo em um dia atípico, com baixa quantidade de R-UV, a dose recomendada pela OMS é ultrapassada para um trabalhador que exerce suas atividades ao ar livre. Além disso, trinta minutos de exposição, entre 12h30min e 13h, podem ser suficientes para garantir mais de 50% da dose diária recomendada. No dia com maior dose acumulada as exposições citadas acima podem ultrapassar a dose recomendada pela OMS em 70 vezes e 7,5 vezes, respectivamente.

Tabela 13: Simulação de exposição para o trabalhador (dia com menor dose de R-UV em todo o período coberto pelos dados)

TRABALHADOR - Simulação para o dia com menor dose de R-UV			
	São Paulo	Itajubá	Ilhéus
Horário de almoço	19 J/m ²	61,5 J/m ²	30 J/m ²
30 minutos de exposição (12h30min às 13h)	17,5 % da dose recomendada pela OMS	57 % da dose recomendada pela OMS	28% da dose recomendada pela OMS
Trabalho em tempo integral ao ar livre (8h às 17h)	283,5 J/m ² 2,6 vezes a dose recomendada pela OMS	439,5 J/m ² >4 vezes a dose recomendada pela OMS	351,5 J/m ² 3,2 vezes a dose recomendada pela OMS

A tabela 14 apresenta a simulação para um estudante, sob as mesmas condições meteorológicas, e constata que os tradicionais cinquenta minutos de exposição de uma aula de educação física podem contribuir com até 90% da dose diária recomendada pela OMS.

Tabela 14: Simulação de exposição para o estudante (dia com menor dose de R-UV em todo o período coberto pelos dados)

ESTUDANTE – Simulação para o dia com menor dose de R-UV no verão 2008/2009				
		São Paulo	Itajubá	Ihéus
Recreio escolar ao ar livre	Matutino	29,5 J/m ²	13 J/m ²	20 J/m ²
	20 minutos de exposição (9h30min às 9h50min)	27% da dose recomendada pela OMS	12% da dose recomendada pela OMS	3% da dose recomendada pela OMS
	Vespertino	7,5 J/m ²	25 J/m ²	37 J/m ²
	20 minutos de exposição (15h30min às 15h50min)	7% da dose recomendada pela OMS	23% da dose recomendada pela OMS	34% da dose recomendada pela OMS
Aula de Educação Física ao ar livre	Matutino	38,5 J/m ²	70 J/m ²	19,5 J/m ²
	50 minutos de exposição (10h50min às 11h40min)	35,5% da dose recomendada pela OMS	65% da dose recomendada pela OMS	18% da dose recomendada pela OMS
	Vespertino	61 J/m ²	50 J/m ²	96,5 J/m ²
	50 minutos de exposição (14h20min às 15h30min)	56,5% da dose recomendada pela OMS	46% da dose recomendada pela OMS	90% da dose recomendada pela OMS

Concluindo a análise, a título de ilustrar a discrepância entre os valores observados, mínimo e máximo, a tabela 15 demonstra a comparação das doses acumuladas para a cidade de São Paulo.

Tabela 15: Comparação entre a dose acumulada nos dias com menor e maior dose acumulada observada em São Paulo.

Exposição Simulada	Menor dose diária observada	Maior dose diária observada
Trabalhador em período integral (8h às 17h)	283,5 J/m ² 2,5 vezes a dose recomendada pela OMS	7466 J/m ² 70 vezes a dose recomendada pela OMS
Horário de almoço (12h30min às 13h)	19 J/m ² 17,5 % da dose recomendada pela OMS	824 J/m ² 7,5 vezes a dose recomendada pela OMS
Recreio escolar (matutino) (9h30min às 9h50min)	29,5 J/m ² 27% da dose recomendada pela OMS	421 J/m ² 4 vezes a dose recomendada pela OMS
Aula de Educação Física (Matutino) (10h50min às 11h40min)	38,5 J/m ² 35,5% da dose recomendada pela OMS	1235 J/m ² 11,5 vezes a dose recomendada pela OMS

7. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS:

O progresso começa com a convicção de que o que é necessário é possível.

(Norman Cousins)

A análise da base de dados utilizada neste estudo indica que as três localidades estudadas, independente de se localizarem no litoral ou interior, apresentam doses acumuladas diárias muito elevadas, chegando a valores próximos de 7000 J/m² no verão. Esses números nos dão uma avaliação preliminar do problema, levando-se em conta que a OMS recomenda exposição diária à R-UV de 108 J/m² e que o desenvolvimento de eritema se dá com doses entre 250 a 450 J/m² em pessoas de fototipo II e IV, respectivamente. Estes fototipos estão entre os mais comuns no Brasil, principalmente na região sudeste. Isto é, uma pessoa exposta durante um dia inteiro de verão pode receber mais de 60 vezes a dose diária recomendada e 28 vezes a dose necessária para causar eritema numa pessoa de pele clara. Um estudante pode chegar a receber até três vezes a dose recomendada de R-UV apenas durante os 20 minutos de recreio escolar e, uma aula de educação física ao ar livre pode expor o aluno a uma dose 11 vezes superior a recomendação da OMS. Tais valores mostram, por si mesmos, a importância da proposta deste trabalho, pois quantificam as exposições cotidianas quanto à dose acumulada e podem de alguma forma contribuir para o melhor entendimento quanto ao risco do indivíduo desenvolver câncer de pele.

A problemática envolvendo o excesso de exposição solar vem sendo divulgada insistentemente nos últimos anos. No entanto, as pesquisas continuam constatando a falta de conhecimento e de conscientização da população, o que se reflete no número crescente de casos de câncer de pele. O custo do comportamento displicente vai além do aspecto financeiro, atingindo a qualidade de vida e afetando os aspectos psicológico e social dos pacientes. Embora existam na literatura diversos estudos constatando os danos advindos da superexposição, poucos quantificam a dose de radiação recebida com a atividade diária. Este foi o eixo norteador deste estudo, isto é, o de analisar as doses de radiação acumulada a que a população está exposta, sob diferentes circunstâncias do cotidiano.

Além disso, também existe uma lacuna em relação à exposição ocupacional. Dados sobre a prevalência de câncer de pele, em trabalhadores cronicamente expostos,

são escassos. Entretanto, alguns autores como Minelli et al (1987), Mantese et al (2006) e, Borsato e Nunes (2009) constataram que o trabalho rural e o serviço doméstico representam as ocupações com maior incidência de cânceres de pele. Este dado traz consigo a necessidade de se averiguar com maior profundidade atividades cotidianas aparentemente inócuas, como o trabalho doméstico. Sendo assim, associar incidência de câncer de pele ao perfil comportamental em relação à exposição acumulada de R-UV ao longo dos anos é sugestão para trabalhos futuros.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. Fundamentos de Biologia Moderna. São Paulo: Moderna, 2006

ANGELI, C.A.B.; FLAMIA, C.L.; MALLMANN, L.C.; BLANCO, L.F.O.; AMORETTI, R.K.; SUKSTER, E. Estudo comparativo sobre o conhecimento e comportamento de adolescentes e adultos frente à exposição solar. Anais Bras Dermatologia, n.7, p. 241-245, 1997.

BAKOS, R.M.; WAGNER, M.B.; BAKOS L.; DE ROSE, E.H.; GRANJEIRO NETO, J.A. Queimaduras solares e hábitos em um grupo de atletas brasileiros. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, n.12, p. 275-278, 2006.

BARRAL, D.; BARROS, A. C.; ARAÚJO, R. P.C. Vitamina D: uma abordagem molecular. Pesquisa Brasileira Odontopediatria Clínica Integrada, João Pessoa, vol. 7, n.3, p. 309-315, 2007

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> Acesso em: 19/fev/2011

BRASIL. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer (INCA). Coordenação de Prevenção e Vigilância de Câncer. Estimativas 2010: Incidência de Câncer no Brasil. Rio de Janeiro, 2009

BRASIL. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer (INCA). Coordenação de Prevenção e Vigilância de câncer. Vigilância do câncer relacionado ao trabalho e ao ambiente, 2ª Ed. Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM). Sistema de Informações. Departamento de Análise da Situação de Saúde (DASIS). Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0205&VObj=http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sim/cnv/obt10> Acesso em: 23/fev/2011

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). Cadastro Geral De Empregados e Desempregados (CAGED). Disponível em: <http://perfildomunicipio.caged.com.br/brasil.asp> Acesso em: 19/fev/2011

BORSATO, F.G. ;NUNES, E.F.P.A. Neoplasia de pele não melanoma: um agravo relacionado ao trabalho. Ciência, Cuidado e Saúde; vol.8, 2009

BURNS, P.M. Turismo e antropologia: uma introdução. São Paulo, Chronos, 2002.

CESTARI, T. F.; PESSATO, S.; CORRÊA, G. P. Phototherapy: clinical indications. In: Anais Brasileiros de Dermatologia., Rio de Janeiro, v. 82, n.1, 2007

CLYDESDALE, GJ; GEOFFREY, WD; MULLER, HK. Ultraviolet light induced injury: Immunological and inflammatory Effects. *Immunology and Cell Biology*, 547–568, 2001

CORRÊA, M. P. Índice ultravioleta: avaliações e aplicações. Tese de doutorado.2003,247p. Departamento de Ciências Atmosféricas, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo. 2003

CORRÊA, M.P.; CEBALLOS, J.C.; MOREGULA, A.; OKUNO, E.; FAUSTO, A.; MOL, A.; SANTOS, J. C. Recent studies on UV radiation in Brazil. In: *European Geosciences Union General Assembly 2009*, 2009, Viena. *Geophysical Research Abstracts*, 2009. v. 11.

CORRÊA, M. P.; CORONEL, G. Variabilidad de las irradiancias UV-B y eritêmica medidas en superficie en períodos de quemas. *Revista de la sociedade científica del paraguay*, v. 22, p. 25-34, 2007.

CORRÊA, M.P.; PLANA-FATTORI, A. Uma análise das variações do índice ultravioleta em relação às observações de conteúdo de ozônio e da espessura óptica dos aerossóis sobre a cidade de São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 21, n.1, p. 24-32, 2006.

DIFFEY, B.L. Solar ultraviolet radiation effects on biological systems. *Phys. Med. Biol.*, 36(3), 299-328, 1991

DOMÉ, E.F. Estudo do olho humano aplicado à optometria. Editora SENAC, São Paulo, 2001.

DUARTE, I; BUENSE, R.; KOBATA, C. Fototerapia. In: *Anais Brasileiros de Dermatologia.*, vol.81, n.1, p. 74-82, 2006

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – FIRJAN [Homepage]. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.firjan.org.br/data/pages/2C908CE9215B0DC4012164980B735B53.htm> Acesso em: 20/jan/2011

FLOR, J.; DAVOLOS, M.R. ; CORREA, M.A. Protetores Solares. *Química Nova*, vol.30, n.1, p. 153-158, 2007

GOUVÊA, M. A.; YAMAUCHI, E. C. I. Marketing de serviços: uma visão do turismo no Brasil. *Caderno de Pesquisas em Administração*, v. 1, n.9, p.15-32, 1999.

HIRATA, L. L.; SATO, M. E. O. ; SANTOS, C.A.M. Radicais livres e o envelhecimento cutâneo. *Acta Farmacéutica Bonaerense*; v.23, n.3, p.418-424, 2004

INFORZATO, H. C. B.; MARTINS, M. F.S; SIMÕES, R. S.; SIMÕES, M.J. Avaliação Clínica da pele: avaliação crítica. Revista Brasileira de Medicina, v.67, p.179-182, 2008

HOLICK MF. Vitamina D deficiency. N Engl J Med.2007

INTERNATIONAL COMMISSION OF NON-IONIZING RADIATION PROTECTION. Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelength between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation). Health Physics; v.87, n.2, p.171-186, 2004

JUCHEM, P.P.; HOCHBERG, J.; WINOGRON, A.; ARDENGHY, M.R. Riscos à saúde da radiação ultravioleta. Revista Brasileira de Cirurgia Plástica.v.13,n.2, 1998

LAGUARDIA, J. No fio da navalha: anemia falciforme, raça e as implicações no cuidado à saúde. Revista de Estudos Femininos, vol.14, n.1, p. 243-262, 2006

LIU, K. N. An introduction to atmospheric radiation. San Diego: Elsevier Science, 584 p, 2002.

MACKENZIE FD, HIRST LW, BATTISTUTTA D, GREEN A. Risk analysis in the development of pterygia. Ophthalmology. v.99, n.7, p.1056-1061,1992

MANTESE, S.; BERBERT, A.; GOMIDES, M.; ROCHA, A. Carcinoma Basocelular - Análise de 300 casos observados em Uberlândia - MG. Anais Brasileiros de Dermatologia, v.81,n.2, p.136-142, 2006

MARTINS E SILVA, J. Breve história do raquitismo e descoberta da vitamina D. Órgão Oficial Da Sociedade Portuguesa De Reumatologia - Acta Reumat. Port, p.205-229, 2007

MINELLI, L. Estudo estatístico do carcinoma basocelular em Londrina, Paraná, Brasil. Anais Brasileiros de Dermatologia, p.321-325, 1987

MIOT, D. B.; MIOT, H. A.; SILVA, M. G.; MARQUES, M. E. A. Estudo comparativo morfofuncional de melanócitos em lesões de melasma. Anais Brasileiros de Dermatologia. v.82, n.6, p.529-534, 2007

MONTAGNER S, COSTA A. Bases biomoleculares do fotoenvelhecimento. Anais Brasileiros de Dermatologia. V.84, n.3, p.263-269, 2009

MONTAGU, A. Toçar: o significado humano da pele. 7ª. ed. Tradução de Maria Sílvia Mourão Netto. São Paulo. Summus, 1988.

OKUNO, E.; VILELA, M.A.C. Radiação ultravioleta: Características e efeitos. São Paulo. Livraria da Física, 2005

PREMAOR, M.O.; FURLANETTO, T.W. Hipovitaminose D em adultos: entendendo melhor a apresentação de uma velha doença. Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia. v.50, n.1, p.25-37, 2006

RING, J.; PRZYBILLA, B.; RUZICKA, T. Handbook of Atopic Eczema. 2ªed., Springer, Germany, 2005

SALMERON, R. Introdução à eletricidade e magnetismo, 2007 Disponível em: <http://efisica.if.usp.br/eletricidade/> Acesso em: 05/Dez/2010

SANTOS, A.O.; PAIVA, V. Vulnerabilidade ao HIV: turismo e uso de álcool e outras drogas. Rev. Saúde Pública, São Paulo, 2010 .

SCHALKA,S. Influência da quantidade aplicada de protetores solares no fator de proteção (FPS): Avaliação de dois protetores solares com os mesmos ingredientes em diferentes concentrações. Dissertação de mestrado, 152p. Departamento de Dermatologia, Universidade de São Paulo, 2009

SCHELLINI, Silvana A. et al . Uso do 5-fluorouracil no intra-operatório da cirurgia do pterígio. Arquivos Brasileiros de Oftalmologia, São Paulo, v.63, n.2, 2000

SILVA, A. A. Medidas de radiação solar ultravioleta em Belo Horizonte e saúde pública. Revista Brasileira de Geofísica. v.26, n.4, p. 417-425, 2008

SILVA, J.D.T., MÜLLER, M.C. Uma integração teórica entre psicossomática, stress e doenças crônicas de pele. Estudos de Psicologia, v.24,p. 247-256, 2007

SZKLO, A.S.; ALMEIDA, L.M.; FIGUEIREDO, V.; LOZANA, J.A.; MENDONÇA, G.A.S.; MOURA, L. Comportamento relativo à exposição e proteção solar na população de 15 anos ou mais de 15 capitais brasileiras e Distrito Federal, 2002-2003. Cadernos de Saúde Pública. V.23, p.823-834, 2007

TAYLOR, H.R.; WEST, S.K.; ROSENTHAL, F.S.; MUÑOZ, B.; NEWLAND, H.; ABBEY, H.; EMMETT, E.A. Effect of ultraviolet radiation on cataract formation. N Engl J Med.; v.320, n.19, 1285-1286, 1989

URRY, J. O olhar do Turista; Lazer e Viagens nas sociedades contemporâneas. São Paulo, Nobel, 1996

VANICEK, K., T. FREI, Z. LITYNSKA E A. SCHMALWIESER. UV Index for the Public. COST-713 Action. Luxembourg: Office for official publications of the European Communities, 2000

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO(OMS). Global Solar UV Index. Practical Guide. Disponível em: <http://www.who.int/uv/publications/en/UVIGuide.pdf>

Anexo

Este anexo apresenta o artigo Avaliação da dose acumulada de radiação solar ultravioleta em atividades cotidianas, submetido à Revista de Saúde Pública.

Avaliação da dose acumulada de radiação solar ultravioleta em atividades cotidianas

Resumo:

O perfil epidemiológico de diversas enfermidades vem se alterando em todo o mundo nas últimas décadas. A maior expectativa de vida da população tem evidenciado o crescimento das doenças crônico-degenerativas, entre elas, o câncer. Dentre os cânceres, o de pele tem destaque nesse novo cenário por ser o tipo mais incidente no mundo. No Brasil, representa cerca de ¼ das notificações de novos casos. A exposição à radiação ultravioleta (R-UV) proveniente do sol, ou de fontes artificiais, está diretamente relacionada à ocorrência dos cânceres de pele. Nesta temática, este estudo avaliou a potencial dose acumulada de R-UV a que a população está exposta em atividades cotidianas, tais como o trabalho ao ar livre, a exposição solar no horário de almoço, o recreio escolar e as aulas de educação física a céu aberto. Baseando-se em simulações de comportamento e em medidas de R-UV realizadas em diferentes localidades brasileiras, verificou-se que as doses recebidas no dia a dia são bastante superiores às recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS), o que torna a população brasileira bastante suscetível aos efeitos nocivos da superexposição ao sol e explica, em parte, a alta incidência de câncer de pele no país.

Introdução:

O câncer de pele não-melanoma (CPNM) é o câncer mais incidente no Brasil, contabilizando cerca de 114.000 dos cerca de 500.000 novos casos de câncer diagnosticados anualmente (INCA, 2009). Para contribuir com esse quadro negativo, o número de óbitos decorrentes desta doença quadruplicou no país desde os anos 1980 (DASIS, 2011). Embora seja um câncer de alta incidência, possui baixa letalidade sendo curável quando diagnosticado precocemente. Além disso, como está relacionado à

exposição à R-UV, pode ser evitado, o que justifica a pertinência de estudos relacionados à sua etiologia e prevenção.

A R-UV é o nome dado às ondas eletromagnéticas entre os comprimentos de onda entre 100 e 400 nm, constitui de uma pequena fração da radiação solar que atinge a atmosfera terrestre e, por sua reconhecida ação mutagênica, é considerada o principal fator desencadeante para os cânceres cutâneos (ICNIRP, 2004). Além dos cânceres, o eritema (avermelhamento da pele), as queimaduras solares, o envelhecimento precoce da pele, manchas, como nevos, melasmas e efélides (sardas), e danos aos olhos, como fotoconjuntivite, fotoqueratite, pterígio e catarata, também são atribuídos ao excesso de exposição ao sol. Além dessas enfermidades, também pode ser responsável pela supressão do sistema imunológico, o que torna o organismo mais suscetível a outras doenças (Rajeshwar and Häder, 2002; Diffey, 2002; Jonhson, 2004; Bouillon et al., 2006; Dessinioti et al., 2010).

Entretanto, em quantidades adequadas, a R-UV é indispensável à saúde humana, principalmente por estar relacionada à síntese de vitamina D (Zhu e Okamura, 1995). A exposição à radiação solar é o principal responsável pelo aporte adequado desta vitamina, apontada como fundamental na prevenção de diversas doenças como raquitismo, osteoporose, diabetes tipo I, doenças cardíacas e diferentes tipos de câncer, como o de próstata, mama e cólon (Holick, 2004; Premaor e Furlanetto, 2006).

A parte mais energética da R-UV, denominada R-UVC, compreende os comprimentos de onda inferiores a 280 nm. Porém, é completamente absorvida pelo oxigênio e pelo ozônio presentes nas camadas mais altas da estratosfera terrestre. Os citados efeitos sobre os seres humanos são principalmente desencadeados por exposição às bandas de R-UVB e R-UVA, compreendidas respectivamente, entre os comprimentos de onda de 280 a 315 nm e 315 a 400 nm. A R-UVB é fortemente absorvida pelo ozônio estratosférico e espalhada por moléculas e aerossóis, e chega à superfície em quantidades muito pequenas. No entanto, estas radiações possuem uma resposta fotobiológica muito intensa e, mesmo em quantidades da ordem de alguns miliwatts por metro quadrado, são suficientes para desencadear processos fotoquímicos e fotobiológicos importantes. Por fim, devido à fraca absorção sofrida na atmosfera, a R-UVA constitui a maior parte da R-UV que atinge a superfície. Embora seu espectro de ação seja menos eficiente que a R-UVB (McKinlay e Diffey, 1987), estudos recentes apontam importantes contribuições da R-UVA relacionadas ao aumento do poder eritêmico da R-UVB, ao desencadeamento de processos inflamatórios, ao

envelhecimento precoce e à formação de tumores (Halliday e Lions, 2007). Esse reconhecimento científico do poder nocivo da R-UVA levou, em 2009, à proibição das câmaras de bronzamento artificial pela Agência de Vigilância Sanitária Brasileira (ANVISA, 2009).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda a divulgação dos níveis de R-UV, por meio do índice ultravioleta (IUV), como uma das formas de prevenção. O IUV é uma escala adimensional equivalente a 25 mW/m² de R-UV ponderada pela resposta espectral da pele humana para formação de eritema (WHO, 2002). A partir de medidas de IUV em intervalos de tempo próximos, é possível avaliar as doses acumuladas de R-UV eritêmica, uma vez que:

$$\text{Dose} = \frac{1}{100} \int_{\Delta t} \frac{\text{IUV}(t)}{0,025} dt \quad [\text{SED}] \quad (1)$$

Onde 0,025 é o fator de conversão de IUV para R-UV eritêmica, IUV(t) corresponde às medidas realizadas em intervalos de tempo relativamente curtos (p.ex., 10 min) e T, em segundos, é o período de exposição avaliado. As doses de R-UV eritêmica geralmente são apresentadas em função da Dose Eritêmica Padrão (SED, do inglês *Standard Erythema Dose* → 1 SED = 100 J/m²) por recomendação da Comissão Internacional de Iluminação (CIE) (Diffey, 1997).

Recomendações internacionais apontam que uma dose diária de 1,08 SED seja adequada para suprir a necessidade diária de vitamina D. Por outro lado, doses entre 1,5 a 3,0 SED são suficientes para produzir eritemas perceptíveis em indivíduos de pele mais clara e não habituados às exposições ao sol (Hammond et al., 2009; Diffey, 2002). Doses mais elevadas, em torno de 4,5 SED, são necessárias para produzir eritema em indivíduos de pele mais escura, que geralmente se bronzeiam ao invés de se queimarem (Fitzpatrick, 1988). A tabela 1 mostra as doses mínimas de R-UV necessárias para provocar eritema nos diferentes fototipos (Fitzpatrick, 1988).

Tabela 1: Dose eritematosa mínima (em SED) para diferentes fototipos (adaptado de Fitzpatrick, 1988)

Cor da pele	Fototipo	Queima	Bronzeia	SED
Branca	I	Sim	Não	2,0 – 3,0

	II	Sim	Mínimo	2,5 – 3,5
	III	Sim	Sim	3,0 – 5,0
	IV	Não	Sim	4,5 – 6,0
Mulata	V	Não	Sim	6,0 – 10,0
Negra	VI	Não	Sim	10,0 – 20,0

Por se tratar de um país predominantemente tropical, uma vez que a maior parte de seu território em baixas latitudes, o Brasil é atingido por altos níveis de radiação solar. Isto contribui para que doses elevadas de R-UV sejam alcançadas em breves períodos de exposição (Corrêa e Ceballos, 2010). O agravante da situação é que a população brasileira é amplamente miscigenada, de fototipos distintos, com predominância caucasiana européia na região sul do país e mulata e mestiça nas norte e nordeste.

Independente do fototipo, a literatura científica mostra que as atividades profissionais e de lazer representam as principais razões de exposição ao sol (Szklo et al., 2007; Hammond et al., 2009; Serrano et al., 2010; Mahé et al., 2011). O último levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) sobre a economia informal urbana, revelou que o país possui cerca de 14 milhões de trabalhadores informais e que mais de 50% destes trabalhadores se ocupam da construção civil, do comércio e da reparação (IBGE, 2003). A agricultura, a construção civil e o comércio realizado por vendedores ambulantes (camelôs) são atividades de alta exposição solar. Porém, seja formal ou informal, o trabalho não é a única forma de exposição. Períodos destinados ao lazer, prática de esportes e atividades físicas geralmente consistem de períodos de exposição a doses agudas e excessivas de R-UV.

Em virtude da importância do tema para a saúde das populações, e das condições propícias para altos níveis de R-UV no Brasil, torna-se imperativo a disseminação de práticas que modifiquem os hábitos de exposição solar da população. Neste sentido, o presente artigo compara níveis de R-UV medidos em uma metrópole, uma cidade do interior e outra litorânea, com períodos de exposição comumente observados em atividades de trabalho, lazer e esporte.

Metodologia:

As medidas de IUV foram realizadas em três cidades brasileiras com perfis econômicos e de urbanização distintos: 1) São Paulo/SP (23°32'S, 46°38'W, altitude: ~850 m), grande metrópole e centro econômico-financeiro do país, com mais de 11 milhões de habitantes; 2) Itajubá/MG (22°25'S, 45°27'W, altitude: ~850 m), município com pouco mais de 90.000 habitantes, localizado em um ambiente urbano/rural na região da Mantiqueira; 3) Ilhéus/BA (14°47'S, 39°02'W, nível do mar), balneário turístico com 220.000 habitantes.

A coleta de dados não foi integralmente simultânea. Em São Paulo, ocorreu no período de junho/2005 a maio/2009; em Itajubá, entre julho/2007 e maio/2009, e em Ilhéus, de outubro/2007 a maio/2009. As medidas de R-UV foram realizadas diariamente, em intervalos de 10 minutos, com biômetros Solar Light UVB 501A (<http://www.solarlight.com>) devidamente calibrados.

A partir das medições de IUV foram avaliadas as doses de R-UV eritêmica acumuladas ao longo dos períodos de exposição solar (equação 1). Para tanto, foram selecionados períodos nos quais ocorreram medições concomitantes nas três localidades.

A fim de simular comportamentos distintos nos diferentes períodos de exposição, foram consideradas as seguintes opções de exposição: i) de um trabalhador, atuando ao ar livre, em período integral (8h); ii) no intervalo para o almoço (30 min no horário de pico de insolação); iii) durante o recreio escolar (20 min) e aula de educação física (50 min), quando ocorrem em ambiente aberto; iv) nos horários recomendados, antes das 10h e após as 16h; e, v) durante uma partida de futebol realizada no horário convencional de campeonatos brasileiros (16 às 18h).

Resultados:

De modo a caracterizar os níveis de R-UV comumente observados nas três localidades, uma avaliação de toda a base de dados disponível é apresentada. A figura 1 ilustra a sazonalidade das medidas de R-UV, com destaque para as doses acumuladas diárias elevadas observadas principalmente no verão, quando comumente ultrapassam 60 SED (6000 J/m²).

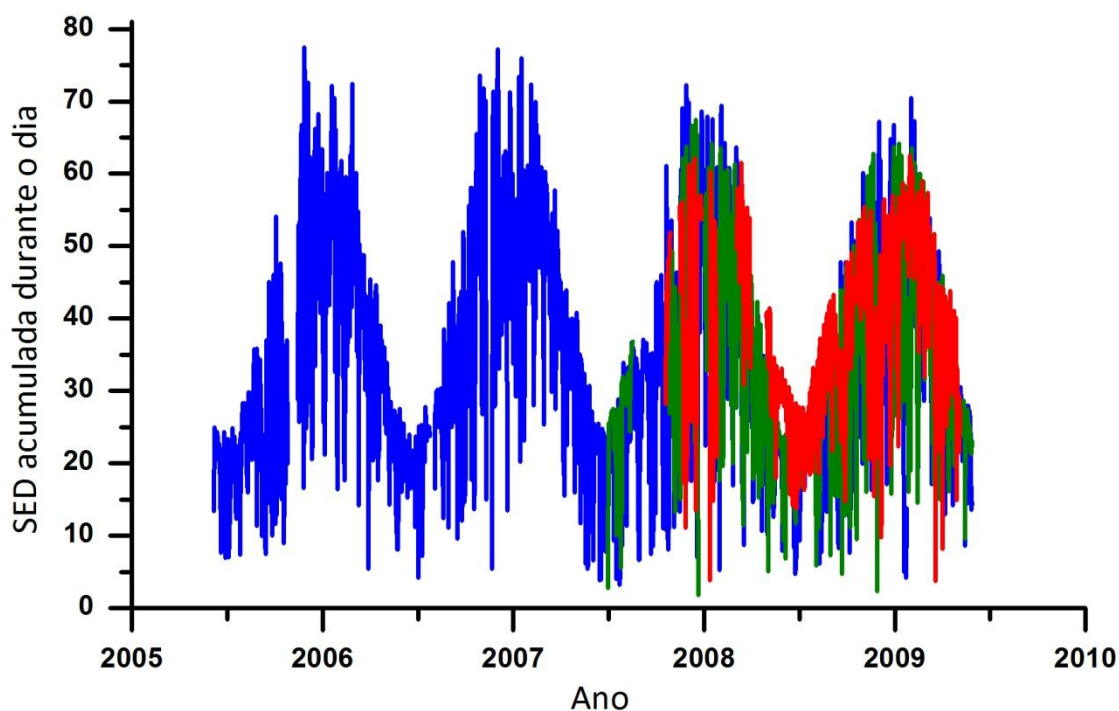


Figura 1: Variação sazonal da R-UV

A figura 2 mostra a distribuição de frequências relativas das SED diárias observadas nos 407 dias de medidas concomitantes. Uma segunda análise envolvendo toda a série disponível mostrou resultados muito semelhantes. Em destaque, no alto à direita, observa-se o comportamento da distribuição. Quando analisada em conjunto com a figura 1, pode-se destacar que apesar da cidade de São Paulo (em azul) apresentar picos extremos de R-UV, a cidade de Ilhéus (em vermelho) acumula um maior número de dias com níveis de radiação, em média, mais elevados. Enquanto São Paulo e Itajubá, mais ao sul do país, apresentam em aproximadamente metade do período doses acumuladas diárias entre 20 e 40 SED, a cidade Ilhéus, mais próxima da linha equatorial e, portanto, menos afetada pela sazonalidade, tem essa distribuição deslocada para níveis entre 30 e 50 SED. Valores acima de 50 SED são observados em mais de 15, 17 e 22% das observações em Itajubá, São Paulo e Ilhéus, respectivamente.

A posição geográfica explica a maior amplitude entre as doses no inverno e no verão. O efeito da sazonalidade é mais evidente nas cidades de maior latitude, com maior discrepância entre os picos de radiação entre o verão e o inverno, devido à variação da posição do sol entre as estações. Por exemplo, a cidade de Ilhéus apresenta as maiores médias, porém a menor amplitude de R-UV. Por outro lado, a maior

concentração de doses diárias de R-UV acumuladas superiores a 60 SED são observados em Itajubá e São Paulo. Nesta região o sol permanece visível por maior número de horas e atinge maior elevação em relação ao horizonte durante o verão. Deste modo o caminho óptico da radiação na atmosfera é menor, proporcionando doses mais elevadas. Esse fenômeno é ainda mais evidente à latitude de 23°. Uma vez que o planeta Terra está inclinado deste mesmo ângulo, o sol passa próximo ao zênite e, assim, níveis mais intensos de radiação solar são observados. De qualquer modo, o que se destaca no país são níveis de R-UV elevados e que exigem atenção com a exposição em qualquer época do ano.

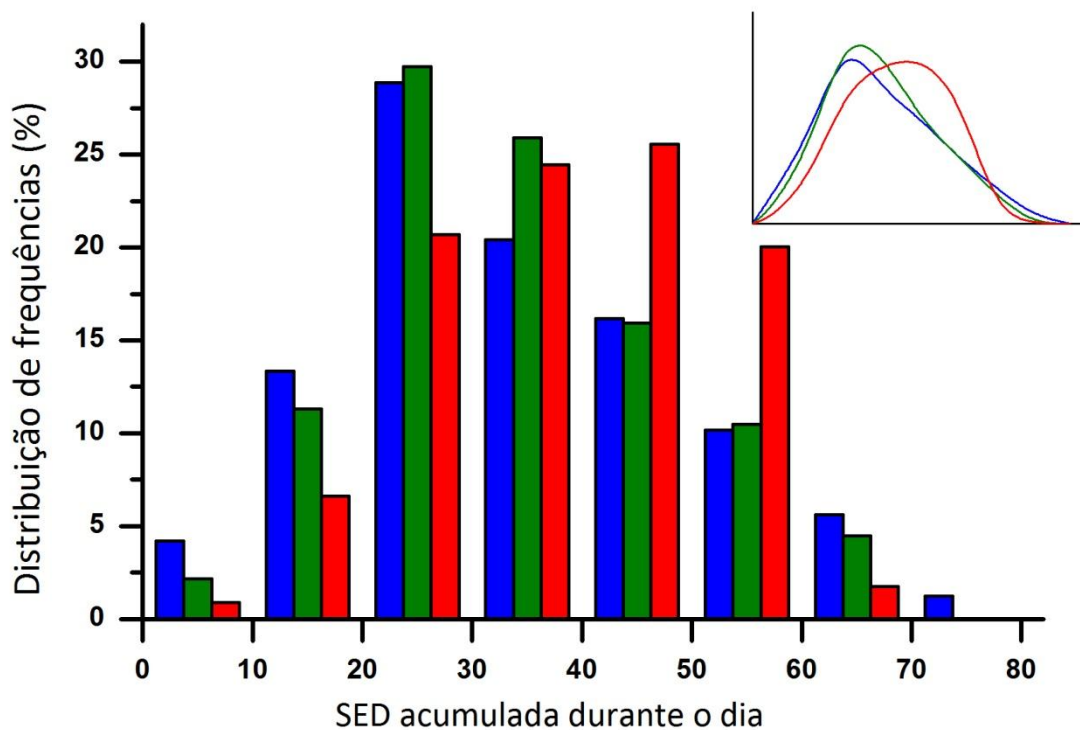


Figura 2: Distribuição de frequências das doses diárias de R-UV eritêmica em São Paulo (azul), Itajubá (verde) e Ilhéus (vermelho)

A figura 3 apresenta o *boxplot* das medidas concomitantes realizadas no inverno de 2008 e verão de 2008/2009.

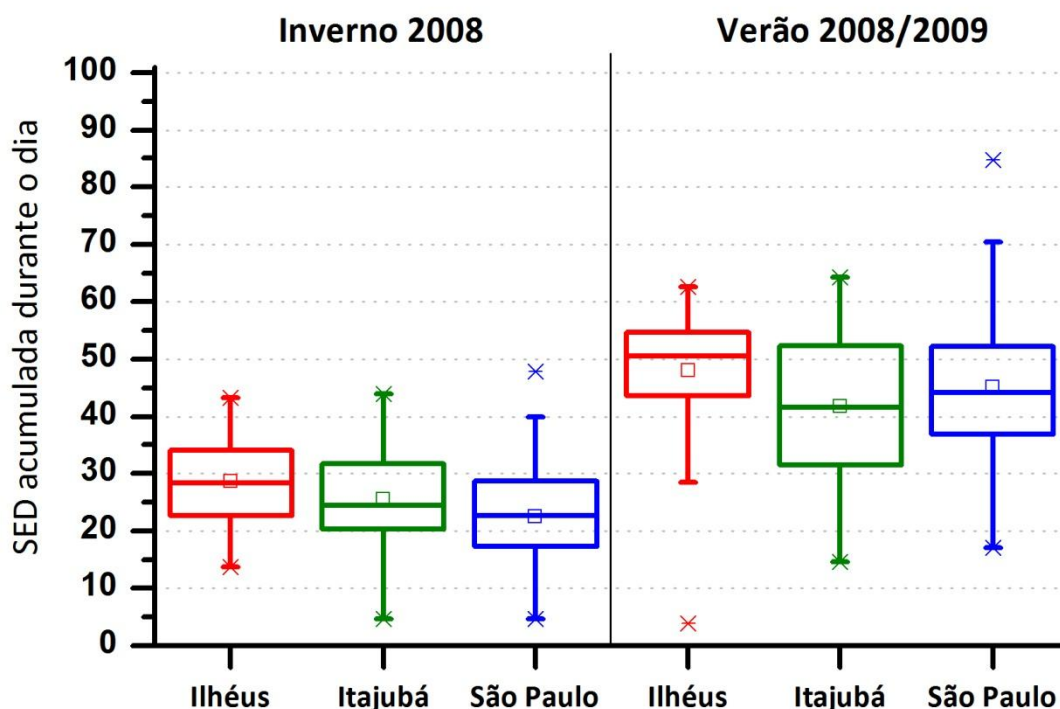


Figura 3: *Boxplots* das doses diárias acumuladas de radiação eritêmica nas localidades de Ilhéus (BA), Itajubá (MG) e São Paulo (SP). As caixas indicam o conjunto de dados entre o 1° e 3° quartis, a linha horizontal no interior das caixas indica a mediana, o quadrado a média, as linhas verticais mostram a distribuição entre 1° e 99° percentis e os “x” indicam os *outliers*.

Os *boxplots* oferecem a distribuição estatística do comportamento das doses diárias acumuladas nas três localidades. A sazonalidade e sua relação com a localização geográfica é coerente com as amplitudes dos dados observados nas duas estações. Aplicando-se o teste de Ryan-Joiner com nível significância de 0,05, verificou-se que as distribuições amostrais estudadas aproximam-se de distribuições normais em praticamente todos os casos analisados, com exceção de Ilhéus no verão. No entanto, a diferença observada em Ilhéus decorre em função de um caso anômalo observado. A dose acumulada de R-UVB durante todo o dia 11/01/2008 foi de 0,38 SED, possivelmente em virtude de precipitação e nebulosidade profunda ocorrida na região. Excluindo-se esse caso anômalo, cuja dose diária foi muito inferior à média observada no inverno, a distribuição tornar-se-ia normalmente distribuída.

A tabela 2 permite aprofundar a análise estatística das distribuições observadas. Como se tratam de distribuições aproximadamente normais, os valores das médias e medianas são próximos. Em média, os valores de SED observados em latitudes mais

baixas são naturalmente maiores, como no caso de Ilhéus. No entanto, apesar das médias numericamente inferiores observadas nas cidades de Itajubá e São Paulo, é possível verificar que os valores máximos atingidos nessas localidades são significativamente superiores às máximas observadas no nordeste do país. Durante o verão de 2008/2009, aproximadamente 10% das observações realizadas em São Paulo ultrapassaram os 62,5 SED notificados como máximo observado em Ilhéus. Doses de grande magnitude na cidade de São Paulo também foram observadas nos verões dos outros anos de medidas.

Tabela 2: Valores médios, e respectivos desvios-padrão, das doses eritematosas padrão (SED) acumuladas durante o dia em Ilhéus, Itajubá e São Paulo no Inverno de 2008 e Verão de 2008/2009. O valor entre parênteses indica a dose diária máxima observada no período. 1,0 SED = 100 J/m².

	Ilhéus	Itajubá	São Paulo
Inverno	28,7 ± 7,4 (43,3)	25,5 ± 7,9 (44,0)	22,5 ± 8,5 (47,8)
Verão	48,6 ± 8,6 (62,5)	41,8 ± 13,2 (64,2)	45,2 ± 12,1 (84,7)

De modo a ilustrar o impacto causado pela exposição às altas doses de R-UV, consideremos a dose média de R-UV observada no inverno 2008 em São Paulo. Uma pessoa exposta durante todo o dia, sem o uso de qualquer proteção, acumula uma dose de 22,5 SED, equivalentes a 21 vezes a dose recomendada pela OMS e cinco vezes a dose necessária para provocar eritema em um indivíduo de fototipo IV. Tal valor demonstra que a exposição ao sol, imposta por algumas profissões, é bastante relevante para a saúde do trabalhador mesmo em uma época do ano erroneamente considerada como segura para a exposição sem proteção. Ainda mais preocupante, ao se considerar o dia de maior dose de R-UV no verão, um único dia de trabalho ao ar livre poderia ser suficiente para se acumular mais de 78 vezes a dose recomendada pela OMS.

No entanto, este trabalho não visa apenas o levantamento de doses diárias de radiação, mas sim a verificação das quantidades de R-UV acumuladas em períodos particulares do dia e comuns ao cotidiano e lazer das pessoas. A fim de se evitar uma avaliação baseada em resultados observados exclusivamente em situações atípicas, tal como em situações extremas de máximos e mínimos, foram selecionadas doses

observadas em condições comumente observadas no verão e no inverno, conforme mostram as figuras 4.

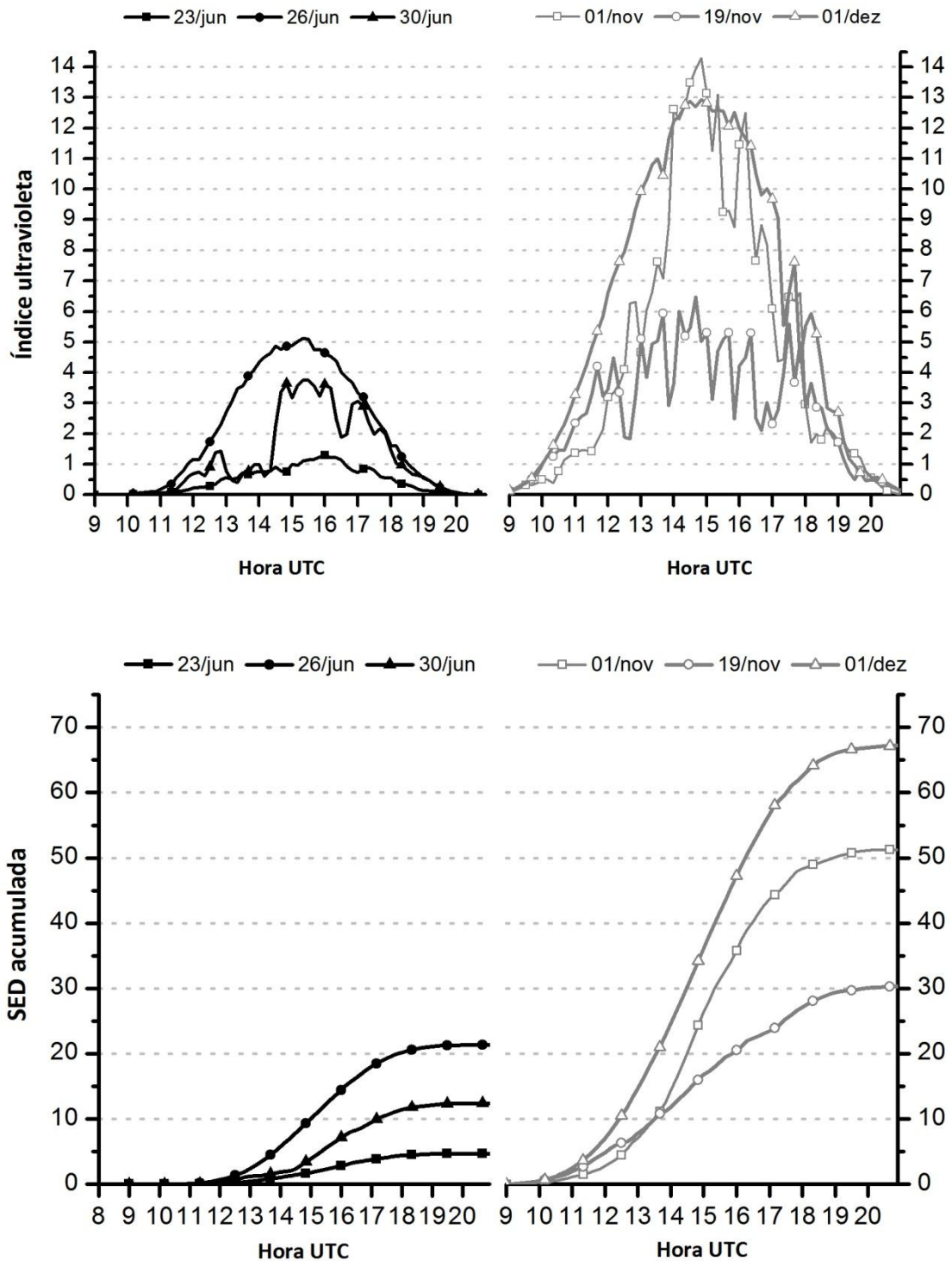


Figura 4: Índice ultravioleta (superior) e SED acumulada (inferior) nas datas selecionadas para avaliação das doses eritematosas acumuladas.

Obs.: O eixo horizontal mostra o horário no formato UT (*Universal Time*). Os estados

de Minas Gerais, Bahia e São Paulo encontram-se no mesmo fuso horário e, portanto, a hora local é hora UT – 3 horas. No entanto, durante a vigência do horário de verão a hora local nos estados de Minas e São Paulo passa a ser hora UT – 2 horas.

Na parte superior da figura 4 são mostrados os valores de IUV medidos, a cada 10 minutos, em três datas no período de inverno e três no verão. Optou-se por selecionar dias de céu claro e praticamente sem nuvens (26/junho e 01/dezembro), dias de céu encoberto com nebulosidade profunda (23/junho e 19/novembro) e dias com nebulosidade variável (30/junho e 01/novembro). A observação dessas condições fica clara no comportamento das curvas de IUV na parte superior da figura. A curva de 01/novembro chama a atenção, pois a presença de nebulosidade pode, por vezes, incrementar a quantidade de R-UV em superfície devido à reflexão lateral nas paredes das nuvens. Essas situações são esporádicas, ocorrendo apenas por curtos períodos de tempo, mas podem ser muito danosas principalmente para indivíduos de pele clara.

Na parte inferior da figura 4 estão os gráficos da evolução horária da dose de R-UV acumulada. Os valores diários variam desde o mínimo observado no inverno, com 4,7 SED, ao máximo observado em um dia de céu claro no verão, com 67,2 SED. Novamente deve ser ressaltada a influência da nebulosidade, principalmente quando são comparados 1º e 19 de novembro. Imagens de satélite (<http://satelite.cptec.inpe.br>) mostram que a presença de nuvens profundas durante toda a manhã do dia 1º diminui consideravelmente a quantidade de R-UV em superfície. Com a diminuição da nebulosidade no período da tarde, esses valores de IUV e, conseqüentemente da dose acumulada, se elevam.

Além do caráter físico das medidas, as datas escolhidas também levam em consideração que se trata de períodos onde as atividades escolares e profissionais estão em andamento, ocorrem feriados prolongados que promovem o lazer e banho de sol, e os níveis de radiação por vezes se apresentam muito elevados. Em todas as situações foram utilizados dados coletados na cidade de São Paulo, a fim de evitar repetições inoportunas.

A tabela 2 apresenta um quadro das doses de SED acumuladas em diferentes episódios de exposição, isto é, doses acumuladas para: a) um trabalhador exposto em período integral, comumente entre 8h e 17 h; b) um indivíduo exposto durante o horário de almoço, considerando a exposição de meia-hora entre às 12h30min e 13h; c) uma criança em atividade sob o sol nos 20 minutos de recreio escolar no período matutino,

entre 9h30min e 9h50min, e vespertino, entre as 15h40min e 16h; d) atividades em aula de Educação Física, entre às 10h50min e 11h40min ou entre 16h e 16h50min; e) durante banhos de sol em horários comumente recomendados, antes da 10h ou após às 16h, em horário não-recomendado, entre 10 e 16h, e em horário de pico, entre 11 e 13h; e, f) o horário regular de partidas de futebol do campeonato brasileiro, entre 16h e 18h.

Tabela 2 – SED acumulada em diferentes períodos de exposição ao sol
(As cores indicam: verde – SED inferiores à dose eritematosa mínima para fototipo I; azul – SED entre 2,0 e 4,5, suficiente para causar eritemas em indivíduos com fototipos I a III; e, vermelho – SED superior a 4,5, doses que recomendam a máxima atenção.

	Inverno			Verão		
	23/jun	26/jun	30/jun	01/Nov	19/nov	01/dez
Durante o expediente (entre 8 - 17h)	4,6	21,1	12,1	49,7	28,8	65,4
Almoço (12h30 - 13h00)	0,4	2,2	1,5	6,2	2,5	5,8
Recreio manhã (9h30 - 9h50)	0,0	0,2	0,1	0,5	1,1	1,6
Recreio tarde (15h40 - 16h00)	0,2	0,6	0,6	1,7	1,2	1,6
Aula educ. fís. (10h50 - 11h40)	0,4	2,4	0,5	4,7	3,5	7,8
Aula educ. fís. (16h00 - 16h50)	0,3	0,9	0,7	1,5	2,1	3,4
Banho de sol (antes das 10h)	0,1	0,6	0,3	2,6	4,6	6,6
Banho de sol (após as 16h)	0,4	1,2	1,0	3,1	3,4	5,1
Banho de sol (entre 11 e 13h)	1,3	7,5	2,5	18,7	9,0	21,2
Banho de sol (entre 10 e 16h)	4,2	19,5	11,1	45,6	22,3	55,5
Partida de futebol (entre 16 e 18h)	0,4	1,2	1,0	2,9	3,1	4,8

A tabela 2 destaca informações relevantes dos cuidados necessários à exposição ao sol a partir de exemplos de valores de SED comumente observada em todo o território nacional. O primeiro aspecto a ser destacado está relacionado à exposição ao sol durante longos períodos, tal como ocorre em atividades profissionais relacionadas ao comércio informal, agricultura, serviços de manutenção, dentre outros. Conforme aponta a primeira linha da tabela, em qualquer época do ano, e mesmo em condições de nebulosidade profunda observada no inverno (23/jun), a exposição sem proteção ao longo de um dia é invariavelmente danosa à saúde. Devido aos efeitos cumulativos da R-UV, esta situação é agravada pela exposição contínua a essas condições (Diffey, 1991).

A necessidade de cuidados com a exposição ao sol cresce em importância no verão. Exposições geralmente consideradas inofensivas, como uma caminhada na hora do almoço em um dia ensolarado e sem nuvens, pode expor um indivíduo a doses quase seis vezes superiores àquelas suficientes para proporcionar benefícios à saúde, tal como

a síntese de vitamina D, e até 1,5 vezes à dose necessária para causar avermelhamento em peles pouco sensíveis, como as de fototipo IV. Por esta razão, o uso de protetores solares, chapéus e óculos de sol são recomendados para exposições nesta faixa de horário, principalmente no verão. Para pessoas de pele mais sensível, crianças e idosos essas recomendações estendem-se para qualquer época do ano.

A exposição no período escolar não é menos importante que a exposição profissional, não só pelo caráter cumulativo da R-UV, mas também pelo fato de poucas pessoas estarem atentas para esta potencial fonte de exposição. Em relação às atividades escolares, os intervalos de 20 minutos, geralmente adotados para o recreio, não resultaram em níveis de R-UV preocupantes. No entanto, é importante ressaltar que períodos de recreio mais extensos, ou realizados em horários mais próximos do meio-dia local, podem proporcionar exposições que exijam maiores cuidados. Um exemplo desse problema ocorre nas aulas de educação física a céu aberto em horários próximos ao meio-dia (ver linha 5 da tabela 3), na qual a exposição por 50 minutos pode proporcionar níveis suficientes para provocar eritema até mesmo em peles mais resistentes. Deste modo, recomenda-se que as atividades esportivas escolares sejam realizadas em espaços cobertos ou sombreados e, caso não seja possível, reforçar a recomendação do uso de protetores solares, bonés e vestimenta adequada, e alocar as aulas para as primeiras horas da manhã ou ao fim da tarde.

As simulações dos períodos de exposição também abordam as recomendações médicas de que os banhos de sol devam ser realizados antes das 10h da manhã ou após às 16h. Mesmo nesses dois períodos do dia podem ocorrer situações que ultrapassam os limites recomendáveis, proporcionando, principalmente, risco à saúde de indivíduos mais sensíveis. No verão são observadas quantidades de R-UV suficientes para provocar avermelhamento da pele em exposições realizadas nos tais períodos recomendados. Tomando o registro do dia 01/dezembro e considerando um banho de sol realizado até as 10h da manhã, indivíduos de fototipo II ou III poderiam receber aproximadamente 2,5 vezes a quantidade de R-UV necessária para provocar eritema. Estes resultados ressaltam que as recomendações médicas devam ser corrigidas no horário de verão e adaptadas para particularidades regionais. Por exemplo, na cidade de Natal (RN) o sol atinge a máxima elevação por volta das 11 horas (hora-local) e, portanto, a recomendação de exposição antes das 10h é equivocada. Valores de IUUV superiores a 10 são comumente observados por volta das 9h da manhã, informação

suficiente para se modificar a recomendação de exposição ao sol apenas para as primeiras horas do dia.

No entanto, sabe-se que as praias ficam justamente mais cheias no verão e nos horários pouco recomendados para o banho de sol. Nessas situações, um banho de sol de duas horas, em torno do meio-dia, pode representar a exposição à cerca de 1/3 do total de R-UV diário. A situação é ainda mais preocupante para a dose recebida por uma pessoa, exposta sem proteção, em um dia (10 – 16h) ensolarado na praia. Nestes casos, a dose pode atingir mais de 50 vezes a dose recomendada diária, tornando até comum os registros de casos de queimaduras e insolação. Exposições prolongadas como esta, são desaconselhadas mesmo no período de inverno.

E, por fim, a título de curiosidade foram calculadas as doses de R-UV a que estão sujeitos jogadores e torcedores expostos durante partidas de futebol comumente realizadas às 16h. Nessas situações os níveis de R-UV podem ser suficientes para provocar eritemas em pessoas com pele mais clara, mas durante o verão recomenda-se o uso de proteção adequada.

Os períodos de lazer são cada vez mais valorizados como apoio à saúde física e psicológica. Banhos de sol, atividades esportivas e passeios ao ar livre fazem parte do cotidiano da maior parte dos brasileiros. Para ilustrar a exposição relacionada à recreação, foi simulada a exposição de um folião nos quatro dias de carnaval em 2009. Este feriado foi escolhido por ser uma festa tradicional no país, caracterizada pela comemoração popular nas ruas. Em São Paulo e Itajubá, acontecem desfiles de blocos tradicionais nos bairros da cidade, e Ilhéus figura como um dos destinos mais procurados no estado da Bahia nesta época do ano. A análise abrangeu a exposição no período entre as 14 e 18 h. O horário de início foi escolhido por ser comum à programação da maior parte dos eventos realizados pela Secretaria Municipal de Turismo de Ilhéus e pelo programa dos blocos carnavalescos de São Paulo, marcando assim o início da festa ao ar livre com exposição maciça dos foliões.

A figura 5 mostra a evolução temporal da SED acumulada entre 14 e 18h nos quatro dias do carnaval de 2009.

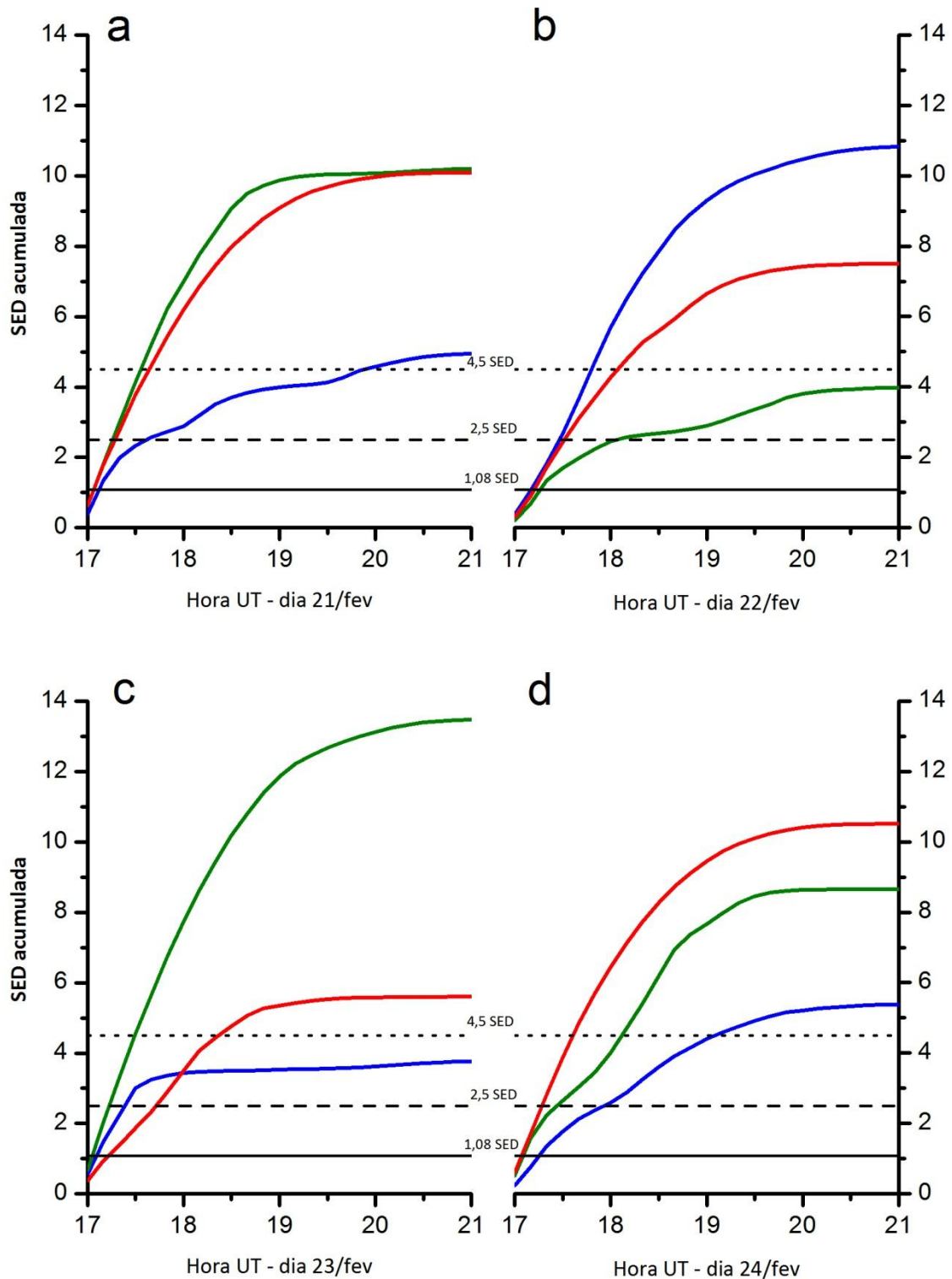


Figura 5: SED acumulada durante exposição entre 14 e 18 h (hora-local) nas localidades de Ilhéus (vermelho), São Paulo (azul) e Itajubá (verde), durante os quatro dias do carnaval de 2009. As linhas horizontais na cor preta indicam as doses de radiação recomendada (linha cheia), eritemal mínima para fototipo II (tracejada) e eritemal mínima para fototipo IV (pontilhada).

A grande variação da intensidade da radiação solar em um curto período de dias se destaca nos gráficos apresentados na figura 5. Essa variabilidade se deve principalmente a época chuvosa e com grande nebulosidade, característica do verão do sudeste brasileiro. No entanto, é importante destacar que na maior parte das condições analisadas a dose acumulada excedeu a quantidade necessária para desencadear o processo eritematoso em pessoas fotorresistentes, como as de fototipo IV. Por duas vezes em Ilhéus e Itajubá e uma vez em São Paulo, as doses excederam em cerca de 10 vezes a quantidade de R-UV recomendada para um dia. Nessas situações a dose necessária para provocar eritema em indivíduos de fototipo IV foi ultrapassada após cerca de 30 minutos de exposição. Mais uma vez fica evidente a necessidade de proteção adequada com vistas à preservação da saúde.

Conclusões:

A análise dos dados demonstrou que as cidades avaliadas recebem altas doses de R-UV praticamente durante todo o ano. A presença de nebulosidade pode minimizar a quantidade radiação em superfície, porém nem sempre é suficiente para proporcionar uma situação adequada para exposição sem proteção. Por vezes, a presença de alguns tipos de nuvens podem até incrementar a dose de radiação que seria recebida numa situação de céu claro. Invariavelmente a população está, em seu cotidiano, exposta a doses muito superiores àquela recomendada pela OMS. Entre 65 a 70% do ano, as doses diárias de R-UV variam entre 20 a 40 SED, enquanto que doses superiores a 40 SED representam entre 15 (em Itajubá) a 22% (em Ilhéus) das observações. Cerca de 4% das doses observadas em São Paulo são inferiores a 10 SED. Esses números são ainda menores em Itajubá (2,2%) e Ilhéus (0,9%), o que torna tal situação um evento raro no decorrer do ano.

Os dados coletados indicam que uma pessoa exposta por um dia inteiro de verão pode receber mais de 60 vezes a dose diária recomendada. Essa quantidade de radiação supera em 30 vezes a dose necessária para causar eritema numa pessoa de pele mais clara (fototipo II) e 15 vezes a quantidade de radiação suficiente para provocar eritema em um indivíduo melano-protetido (fototipo IV). Não apenas as exposições prolongadas se mostraram danosas à saúde. Uma criança, cuja pele é naturalmente mais sensível, pode chegar a receber até sete vezes a dose recomendada de R-UV em uma aula de educação física realizada ao ar livre. Mesmo períodos ainda mais curtos, como é

o recreio escolar, devem ser restrito aos horários cujos níveis de radiação solar sejam menos intensos, tais como antes das 10h da manhã e após as 15h. No Brasil, exposições ao sol nesses horários recomendados são suficientes para proporcionar os efeitos benéficos da R-UV, tal como a produção de vitamina D.

O estudo realizado oferece uma contribuição para o melhor entendimento quanto ao risco da superexposição ao sol. Como existe uma relação intrínseca entre o excesso de R-UV e efeitos deletérios à saúde humana, é compreensível que no Brasil o número de novos casos de câncer de pele seja grande e crescente. Infelizmente, essa tendência deve ser mantida, caso não sejam tomadas medidas educativas consistentes que atinjam toda a população, principalmente as crianças e os adolescentes. O uso de protetores solares, na forma de creme ou loção, chapéus e óculos de sol são recomendados em qualquer período do ano, principalmente para exposições prolongadas ou próximas ao horário do meio-dia solar. Crianças, adolescentes e pessoas com pele mais clara devem fazer uso da proteção solar como parte do cotidiano.

Referências Bibliográficas:

1. INCA – Instituto Nacional de Câncer. BRASIL. Ministério da Saúde.. Coordenação de Prevenção e Vigilância de Câncer. Estimativas 2010: Incidência de Câncer no Brasil. Rio de Janeiro, 2009
2. DASIS – Departamento de Análise da Situação de Saúde. BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM). Sistema de Informações. . Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0205&VObj=http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/obt10>. Acesso em: 13/abr/2011
3. ICNIRP – INTERNATIONAL COMMISSION OF NON-IONIZING RADIATION PROTECTION. Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelength between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation). Health Physics; v.87, n.2, p.171-186, 2004
4. OKUNO, E.; VILELA, M.A.C. Radiação ultravioleta: Características e efeitos. São Paulo. Livraria da Física, 2005
5. PREMAOR, M.O.; FURLANETTO, T.W. Hipovitaminose D em adultos: entendendo melhor a apresentação de uma velha doença. Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia, v. 50, n.1, p.25-37, 2006
6. SZKLO, A.S.; ALMEIDA, L.M.; FIGUEIREDO, V.; LOZANA, J.A.; MENDONÇA, G.A.S.; MOURA, L. Comportamento relativo à exposição e

- proteção solar na população de 15 anos ou mais de 15 capitais brasileiras e Distrito Federal, 2002-2003. *Cadernos de Saúde Pública*. V.23, p.823-834, 2007
7. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. BRASIL..Diretoria de Pesquisa, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Economia informal Urbana (ECINF), 2003. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 14/abril/2011
 8. MCKINLAY, A. F. ; B. L. DIFFEY (1987) A reference action spectrum for ultra-violet induced erythema in human skin. In *Human Exposure to Ultraviolet Radiation: Risks and Regulations* (Edited by W. F. Passchier and B. F. M. Bosnjakovic), pp. 83–87. Elsevier, Amsterdam.
 9. BOUILLON, R., J. EISMAN, M. GARABEDIAN, M. HOLICK, J. KLEINSCHMIDT, T. SUDA, I. TERENETSKAYA AND A. WEBB (2006) Action Spectrum for the Production of Previtamin D3 in Human Skin. UDC: 612.014.481-06. CIE, Vienna.
 10. HALLIDAY, G. M. AND LYONS, J. G. (2008), Inflammatory Doses of UV May Not Be Necessary for Skin Carcinogenesis. *Photochemistry and Photobiology*, 84: 272–283. doi: 10.1111/j.1751-1097.2007.00247.x
 11. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da diretoria colegiada - RDC N°56/09, de 09 de novembro de 2009. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/2009/pdf/1101109_rdc.pdf. Acesso em: 04/05/2011.
 12. HOLICK, M. F. (2004) Vitamin D: Importance in the prevention of cancers, type 1 diabetes, heart disease, and osteoporosis. *Am. J. Clin. Nutr.* 79, 362–371.
 13. Zhu, G-D. and Okamura, W.H. Synthesis of Vitamin D (Calciferol). *Chem. Rev.*, 1995, 95, 1877-1952.
 14. Hammond VA, Reeder AI, Gray AR. (2009). Patterns of real-time occupational ultraviolet radiation exposure among a sample of outdoor workers in New Zealand. *Public Health*; 123(2): 182-187.
 15. Rajeshwar P. S. and D.-P. Häder. UV-induced DNA damage and repair: a review. *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2002, 1, 225-236 DOI: 10.1039/B201230H,
 16. CORRÊA, M. P. ; CEBALLOS, J.C. . Solar Ultraviolet Radiation Measurements in One of the Most Populous Cities of the World: Aspects Related to Skin Cancer Cases and Vitamin D Availability. *Photochemistry and Photobiology*, v. 86, p. 438-444, 2010.
 17. Serrano, M. A., Cañada, J., Moreno, J. C. and Members of the Research Group of Solar Radiation of Valencia (2010), Erythemat Ultraviolet Exposure of Cyclists in Valencia, Spain. *Photochemistry and Photobiology*, 86: 716–721. doi: 10.1111/j.1751-1097.2009.00693.x.

18. MAHE, E. ; BEAUCHET, A. ; CORRÊA, M. P. ; GODIN-BEEKMANN, S. ; HAEFFELIN, M. ; BRUANT, S. ; JÉGOU, F. ; SAIAG, P. ; AEGERTER, P. . Outdoor sports and risk of UV-related skin lesions in children: evaluation of risks, and prevention. *British Journal of Dermatology* (1951. Print), 2011.
19. Diffey, B. Human exposure to solar ultraviolet radiation. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 1, 2002, 124–130.
20. Dessinioti, C., Antoniou, C., Katsambas, A. and Stratigos, A. J. (2010), Basal Cell Carcinoma: What's New Under the Sun. *Photochemistry and Photobiology*, 86: 481–491. doi: 10.1111/j.1751-1097.2010.00735.x
21. Johnson, GJ. The environment and the eye. *Eye* (2004) 18, 1235–1250. doi:10.1038/sj.eye.6701369
22. WHO (2002) *Global Solar UV Index: A Practical Guide*. World Health Organisation (WHO), World Meteorological Organisation (WMO), United Nations Environment Program (UNEP), and International Commission on Non-Ionising Radiation Protection (ICNRP), Geneva.
23. Diffey, B.L. Solar ultraviolet radiation effects on biological systems. *Phys. Med. Biol.*, 36(3), 299-328, 1991.
24. DIFFEY, BL, The standard erythema dose: a new photobiological concept, *Photoderm Photoimmunol Photomed*, 13, 64-66, 1997.
25. Fitzpatrick, T. B. (1988) The validity and practicality of sunreactive skin types I through VI. *Arch. Dermatol.* 124, 869–871.