

**UNIVERSIDADE BRASIL  
CAMPUS DE FERNANDÓPOLIS**

**TELMA CRISTINA BERCELINE**

**CORRELAÇÃO ENTRE NEOPLASIAS DE PELE E IRRADIÂNCIA  
SOLAR NO ESTADO DE SÃO PAULO  
CORRELATION BETWEEN SKIN NEOPLASMS AND SOLAR IRRADIANCE IN  
THE STATE OF SÃO PAULO**

**FERNANDÓPOLIS/SP**

**2019**

TELMA CRISTINA BERCELINE

CORRELAÇÃO ENTRE NEOPLASIAS DE PELE E IRRADIÂNCIA  
SOLAR NO ESTADO DE SÃO PAULO

Orientador: Prof. Dr. Luiz Sérgio Vanzela

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

**Fernandópolis/SP**  
**2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

B428c Berceline, Telma Cristina.  
Correlação entre neoplasias de pele e irradiância solar no estado de São Paulo. /Telma Cristina Berceline. São Paulo – SP: [s.n.], 2019.  
56 p.: il.; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador(a): Prof<sup>o</sup>. Dr. Luiz Sérgio Vanzela.

1. Saúde pública. 2. Câncer de pele. 3. Modelagem matemática. I. Título.

CDD 636.08965

**Termo de Autorização**

**Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respectivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES**

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: **“CORRELAÇÃO ENTRE NEOPLASIAS DE PELE E IRRADIÂNCIA SOLAR NO ESTADO DE SÃO PAULO”**

Autor(es):

Discente: Telma Cristina Berceline

Assinatura: Telma Cristina Berceline

Orientador: Luiz Sergio Vanzela

Assinatura: Luiz Sergio Vanzela

Data: 28/fevereiro/2019

**TERMO DE APROVAÇÃO**

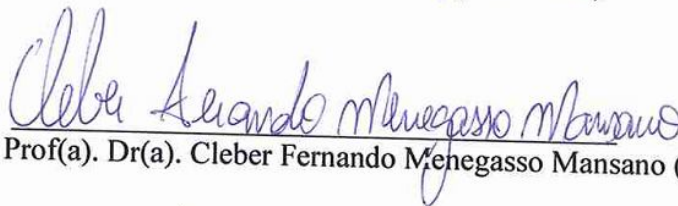
**TELMA CRISTINA BERCELINE**

**“CORRELAÇÃO ENTRE NEOPLASIAS DE PELE E IRRADIÂNCIA SOLAR  
NO ESTADO DE SÃO PAULO”**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:



Prof(a). Dr(a) Luiz Sergio Vanzela (Presidente)



Prof(a). Dr(a). Cleber Fernando Menegasso Mansano (Universidade Brasil)



Prof(a). Dr(a). Michael de Melo (UNIFEV)

Fernandópolis, 28 de fevereiro de 2019.

Presidente da Banca Prof(a). Dr(a). Luiz Sergio Vanzela

# **CORRELAÇÃO ENTRE NEOPLASIAS DE PELE E IRRADIÂNCIA SOLAR NO ESTADO DE SÃO PAULO**

## **RESUMO**

As neoplasias de pele são doenças de grande importância na saúde pública no Brasil acometendo elevado índice de casos. Considerando que as condições ambientais são favoráveis, principalmente em relação a intensidade de radiação solar. Portanto, o objetivo foi avaliar a correlação entre os casos de neoplasias de pele e irradiância solar no Estado de São Paulo. Para isso, foram realizadas análises de regressão do número médio anual de casos de neoplasias de pele em função da irradiância solar média anual por região de abrangência dos Departamentos Regionais de Saúde (DRS's). As DRS's de maiores médias de irradiância solar e casos de neoplasias de pele foram as regiões Noroeste, Norte e Oeste do Estado de São Paulo, com tendência de redução para as regiões localizadas no Sudeste, Sul e Leste. A resposta do número médio anual de casos de neoplasias de pele, na maioria dos meses, foi exponencial em função da irradiância solar média, demonstrando o alto potencial da radiação solar em causar esse tipo de neoplasia. Assim, ao associar as altas incidências de radiação solar nas regiões Noroeste, Norte e Oeste do Estado de São Paulo à grande demanda de trabalho no setor agropecuário, é imprescindível que os órgãos de fiscalização do trabalho e de gestão em saúde pública promovam estratégias eficientes de prevenção, diagnóstico e tratamento das neoplasias de pele.

Palavras-Chave: Saúde pública. Câncer de pele. Modelagem matemática.

## **CORRELATION BETWEEN SKIN NEOPLASMS AND SOLAR IRRADIANCE IN THE STATE OF SÃO PAULO**

### **ABSTRACT**

Skin neoplasms currently constitute diseases of great importance in public health in Brazil, considering that the environmental conditions are favorable to the favorable, especially in relation to the intensity of solar radiation. Therefore, the objective was to evaluate the correlation between the cases of skin neoplasms and solar irradiance in the State of São Paulo. For this, regression analyzes of the mean annual number of cases of skin neoplasms were performed, as a function of the mean annual solar irradiance per region covered by the Regional Health Departments (DRS). The DRSs with the highest mean solar irradiance and cases of skin neoplasms were the Northwest, North and West regions of the State of São Paulo, with a tendency to reduce to the Southeast, South and East regions. The response of the mean annual number of cases of skin neoplasms in most months was exponential as a function of the mean solar irradiance, demonstrating the high potential of solar radiation to impact this type of neoplasm. Thus, by associating the high incidence of solar radiation in the Northwest, North and West regions of the State of São Paulo with the great demand for labor in the agricultural sector, it is imperative that labor inspection and public health management bodies promote efficient prevention, diagnosis and treatment of skin neoplasms.

Key words: Public health, Skin cancer, Mathematical modeling.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação esquemática da propagação (C) de uma onda eletromagnética com a componente elétrica (E) perpendicular à componente magnética (B), em que “ $\lambda$ ” é o comprimento de onda.....	16
Figura 2. Camadas da pele. ....	20
Figura 3. Tons da pele.....	21
Figura 4. Classificação geral dos tipos de lesão de pele.....	24
Figura 5. Localização do estado de São Paulo e as respectivas áreas de abrangência dos Departamentos Regionais de Saúde (DRS's). ....	31
Figura 6. Etapas do geoprocessamento para a obtenção dos mapas de distribuição espacial dos casos relativos médios anuais de neoplasias de pele. ....	34
Figura 7. Exemplo da sequência de obtenção dos dados de Irradiância Solar média mensal por DRS no mês de julho.....	36
Figura 8. Radiação solar média ao longo do ano no Estado de São Paulo ( $p < 0,05$ pelo teste de Scott-Knott e coeficiente de variação igual a 7,1%).....	37
Figura 9. Variabilidade espacial das classes de irradiância solar média de janeiro a junho no Estado de São Paulo. ....	38
Figura 10. Variabilidade espacial das classes de radiação solar média diária de julho a dezembro no Estado de São Paulo.....	39
Figura 11. Comparação entre as médias anuais de irradiância solar entre as diferentes DRS do estado de São Paulo entre 2010 e 2017 ( $p < 0,05$ pelo teste de Scott-Knott e coeficiente de variação igual a 1,2%).....	40
Figura 12. Comparação entre as médias anuais de casos de neoplasias (cn) no Estado de São Paulo entre 2010 e 2017 ( $p < 0,05$ pelo teste de Scott-Knott e coeficiente de variação igual a 1,2%).....	41
Figura 13. Mapa do número médio anual de casos de neoplasias nas DRS do Estado de São Paulo entre 2010 e 2017.....	41
Figura 14. Melhores modelos ajustados do número médio anual de casos de neoplasias (Cn) em função da irradiação solar média mensal (Rs) de janeiro a junho. ....	43
Figura 15. Melhores modelos ajustados do número médio anual de casos de neoplasias em função da radiação solar média mensal de julho a julho.....	44



Figura 16. Variabilidade da irradiância solar necessária para atingir o quartil 1 (9 casos  $10^{-5}$ hab), o quartil 2 (19 casos  $10^{-5}$ hab), o quartil 3 (45 casos  $10^{-5}$ hab) e extremo superior (160 casos  $10^{-5}$ hab) dos casos relativos médios anuais ao longo das estações do ano, simuladas a partir dos modelos obtidos em cada mês.....45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Divisão do espectro eletromagnético.....	17
Tabela 2. Tipos de radiação ultravioleta e suas características.....	18
Tabela 3. Classificação da carcinogênese de acordo com o nível de invasão. ....	23
Tabela 4. Significância estatística (p) para a análise de variância e melhores modelos ajustados de casos médios anuais de neoplasias em função da radiação solar média mensal. ....	42

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ANVISA** - Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
- ArcGIZ** - Software de Mapeamento Geográfico.
- CERES** - *Cloudsand the Earth's Radiant Energy System.*
- CPNM** - Câncer de Pele Não Melanoma.
- CS** - Constante Solar.
- DNA** - Ácido Desoxirribonucléico.
- DRS's** - Departamentos Regionais de Saúde.
- FOSP** - Fundação Onocentro de São Paulo.
- FPS** - Fator de Proteção Solar.
- IARC** - *International Agency for Research on Cancer.*
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- INCA** - Instituto Nacional do Câncer.
- I-UV** - Índice Ultravioleta.
- NASA** - *National Aeronautics and Space Administration.*
- NCCN** - *National Comprehensive Cancer Network.*
- nm** - nanômetro.
- OMS** - Organização Mundial de Saúde.
- PDT** - Terapia Fotodinâmica
- RDC** - Resolução de Diretoria e Colegiado.
- RNA** - Ácido Ribonucléico.
- R-UV** - Radiação Ultravioleta.
- RUV-A** - Radiação Ultravioleta A.
- RUV-B** - Radiação Ultravioleta B.
- SBD** - Sociedade Brasileira de Dermatologia.
- SISVAR** - Sistema Computacional de Análise Estatística e Planejamentos.
- SP** - São Paulo.
- UA** - Unidade Astronômica.
- UV** - Ultravioleta.
- UV-A** - Ultravioleta A.
- UV-B** - Ultravioleta B.
- UV-C** - Ultravioleta C.

**W/m** - Watts por metro.

**WHO** - World Health Organization.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
2 OBJETIVOS .....	15
2.1 Objetivo Geral .....	15
2.2 Objetivos Específicos .....	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	16
3.1 Irradiância Solar e Radiação Ultravioleta .....	16
3.2 Efeitos da radiação na pele .....	19
3.2.1 Pele humana .....	19
3.2.2 Neoplasias de pela .....	22
3.2.3 Importância da radiação ultravioleta nas neoplasias de pele .....	24
3.2.4 Situação da neoplasia de pele no Brasil e no mundo.....	25
3.2.5 Fatores predisponentes da neoplasia de pele.....	27
3.2.6 Métodos e prevenção das neoplasias de pele .....	27
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	31
4.1 Localização e Abrangência do Estudo .....	31
4.1.1 Casos relativos de neoplasias de pele .....	32
4.2 Irradiância Solar Total .....	35
4.3 Modelagem Matemática .....	36
5 RESULTADO E DISCUSSAO .....	37
5.1 Irradiância solar.....	37
5.2 Neoplasias de Pele.....	40
5.3 Correlação radiação solar e neoplasias de pele.....	42
6 CONCLUSÕES .....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48

# 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional acelerado das últimas décadas no Brasil tem proporcionado grandes desafios na organização do território e na gestão pública, principalmente no que concerne à saúde pública. Risi Junior e Nogueira (2002) destacam a importância de algumas doenças crônico-degenerativas para a saúde pública brasileira, tais como doenças cardiovasculares, neoplasias, diabetes *melittus*, e os melanomas.

Dos citados anteriormente, as neoplasias de pele merecem destaque já que no Brasil, os dois fatores de risco (tipos de pele e a exposição aos raios ultravioletas) se integram de forma a potencializar o problema, sendo necessário uma análise cuidadosa e criteriosa na busca de soluções (MENDONÇA, 1992). Dentre os dois fatores de risco mencionados, a exposição aos raios ultravioletas é um problema maior em países de clima tropical. Com relação a esse tipo de clima, alerta que, além do fato da maior incidência de radiação Ultravioleta (UV), a temperatura e a umidade relativa do ar, podem contribuir de forma aditiva para o dano provocado pelos raios Ultravioleta B (UV-B) (ILYAS, 2007).

A radiação UV constitui uma das faixas do espectro eletromagnético de modo que a incidência de radiação UV é proporcional à incidência de radiação solar (COARITI, 2017).

Uma das formas de analisar a incidência de radiação solar é pela grandeza denominada Irradiância Solar. A irradiância solar total é definida como a potência total da energia proveniente do Sol por unidade de área, a uma distância de 1 unidade astronômica (UA), normalmente expressa em  $W\ m^{-2}$  (GÓMEZ et al., 2018). Além dos estudos sobre o clima, produção de energia limpa, projetos de engenharia, entre outros, o conhecimento do comportamento da irradiância solar é imprescindível na saúde pública, em função do espectro denominado radiação ultravioleta (UV).

Assim, se a incidência de Irradiância Solar está relacionada com a incidência de radiação UV e, conseqüentemente, com o fator de risco para a ocorrência de neoplasias de pele, então pode-se inferir que existe uma relação entre a quantidade de irradiância solar e conseqüentemente, a proporcionalidade de ocorrência de neoplasias de pele. Se for possível estabelecer a correlação entre essas variáveis, pode-se, então, modelar matematicamente o efeito de uma em função da outra. A

importância da modelagem matemática em aplicações práticas já foi evidenciada por Costa (2009), destacando aplicações em planejamento e saúde pública.

Também, destaca-se que um dos aspectos negativos das mudanças climáticas, é o aumento da incidência de radiação UV no Brasil, o que pode favorecer o aumento nos casos de neoplasias de pele. De acordo com Oliveira e Oliveira (2011), acredita-se que as condições da intensificação do aquecimento climático sejam favoráveis às neoplasias de pele, particularmente, quando associadas às condições socioeconômicas e ao aquecimento global que se manifesta em grande escala.

Dessa forma, é imprescindível que as pesquisas contribuam com informações que favoreçam para estabelecer medidas de gestão da saúde pública em relação às neoplasias de pele, o que pode ser obtido pela modelagem matemática entre causa e efeito.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a correlação e modelar matematicamente os casos de Neoplasias de Pele em função da irradiância solar, no Estado de São Paulo.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Elaborar o mapa dos Departamentos Regionais de Saúde do Estado de São Paulo;
- Determinar e caracterizar a Irradiância Solar nas áreas de abrangência dos Departamentos Regionais de Saúde do Estado de São Paulo, por sensoriamento remoto;
- Determinar e caracterizar os casos de Neoplasias de Pele nas áreas de abrangência dos Departamentos Regionais de Saúde do Estado de São Paulo, a partir de dados oficiais;
- Realizar a correlação e modelagem matemática dos casos de Neoplasias de Pele em função da Irradiância Solar no Estado de São Paulo.

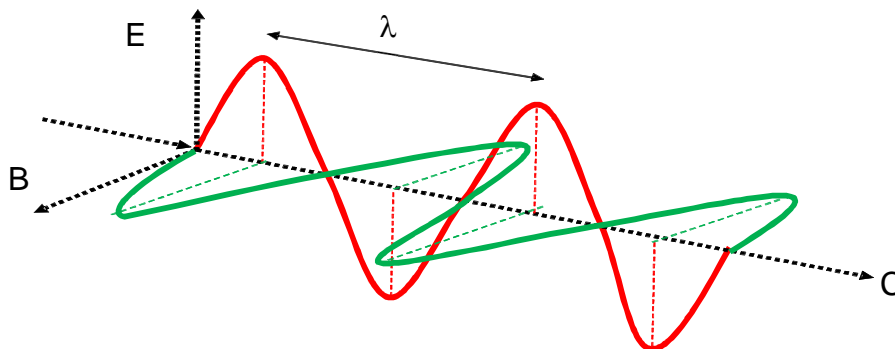


### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Irradiância Solar e Radiação Ultravioleta

A radiação solar é o fluxo de energia emitida pelo sol e transmitida sob forma de radiação eletromagnética. Segundo Coariti (2017) os fluxos de radiação são geralmente representados pela grandeza física irradiância. A irradiância é o quociente entre o fluxo unidirecional de radiação incidente, sobre um elemento de superfície contendo um ponto, e a área do elemento de superfície. Para Gomez et al. (2018), a irradiância solar total pode ser definido como a potência total da energia proveniente do sol por unidade de área.

A radiação solar é uma onda eletromagnética composta por uma componente elétrica e outra magnética que oscilam entre si e são perpendiculares à direção de propagação, na sua trajetória desde o Sol, até o ponto da atmosfera terrestre, de acordo com a lei do inverso do quadrado da distância (PINTO, 2010).



**Figura 1.** Representação esquemática da propagação (C) de uma onda eletromagnética com a componente elétrica (E) perpendicular à componente magnética (B), em que “λ” é o comprimento de onda.

A onda eletromagnética se propaga na velocidade da luz no vácuo podendo ser determinada pela equação 01 (JENSEN, 2009).

$$c = \lambda \cdot f \quad \text{(equação 01)}$$

em que:

C – velocidade da luz ( $\approx 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ) no vácuo.

λ – comprimento de onda (m).

f – frequência da onda (Hz).

Toda a radiação que o homem já conseguiu registrar compõe de espectro eletromagnético (Tabela 1) e é composta em diferentes faixas ou bandas de radiação conforme o seu comprimento de onda e frequência, sendo classificadas desde radiação gama até as ondas de rádio (MENESES; ALMEIDA, 2012).

**Tabela 1.** Divisão do espectro eletromagnético.

Intervalo Espectral	Comprimento de Onda
Raios cósmicos	0,01 A°
Raios gama	0,01 – 0,1 A°
Raios X	0,1 – 10 A°
Ultravioleta	100nm – 0,38µm
Visível	0,38 – 0,76 µm
Infravermelho próximo	0,76 – 1,2 µm
Infravermelho de ondas curtas	1,2 – 3,0 µm
Infravermelho médio	3,0 – 5,0 µm
Infravermelho termal	5,0 µm – 1 mm
Micro-ondas	1 mm – 100 cm
Rádio	1 m – 10 km
Áudio	10 – 100 km
Corrente alternada	> 100 km

**Obs:** A° = 10<sup>-10</sup> m; nm = 10<sup>-9</sup> m; µm = 10<sup>-6</sup> m

**Fonte:** Meneses e Almeida (2012).

Dentre as bandas do espectro eletromagnético, a faixa ultravioleta (UV) é o espectro mais significativo da radiação solar na causa do fotoenvelhecimento e câncer de pele (NARAYANAN et al., 2010). Os mesmos autores ainda apresentam as subdivisões da radiação UV em: ultravioleta A (UV-A, comprimento de onda de 315–400 nm), ultravioleta B (UV-B, comprimento de onda de 280–315 nm) e ultravioleta C (UV-C, comprimento de onda de 100–280 nm) (Tabela 2).

Na prática, o potencial de dano que a radiação UV pode provocar em determinado momento é mensurado pelo índice ultravioleta (I-UV). Este índice é um número que expressa a intensidade da radiação UV que incide sobre a superfície da terra, sendo um valor inteiro e positivo e, quanto mais alto, maior a probabilidade de lesões cutâneas e oculares (WHO, 2003).

Conforme Coarati (2017), integrando as irradiâncias medidas em um intervalo de tempo, obtém-se a dose, que é uma variável fundamental para avaliar os efeitos cumulativos da radiação UV sobre os seres humanos. Portanto, a quantidade potencial de radiação UV está diretamente relacionada com intensidade da irradiância solar. E assim, os mesmos fatores que interferem no total de irradiância solar também interferem na radiação UV.

**Tabela 2.** Tipos de radiação ultravioleta e suas características.

Tipo de Radiação UV	Características Gerais
Ultravioleta A radiação (UVA) 315- 400nm	<ul style="list-style-type: none"><li>- Aproximadamente 90 a 99% que atinge a superfície terrestre.</li><li>- Não é filtrada pela camada de ozônio estratosférico na atmosfera.</li><li>- Embora com longo comprimento de onda e baixa energia, podem penetrar mais profundamente na pele.</li><li>- Antes era considerado inofensivo, mas agora acredita-se que seja prejudicial se houver exposição excessiva e prolongada.</li><li>- Causa envelhecimento da pele.</li><li>- Passa pelo vidro.</li><li>- Induz pigmentação imediata e persistente (bronzamento)</li></ul>
Ultravioleta B radiação (UVB) 280- 315nm	<ul style="list-style-type: none"><li>- Aproximadamente 1 a 10% atinge a superfície terrestre.</li><li>- Filtrado pela camada de ozônio estratosférico na atmosfera.</li><li>- Comprimento de onda curto e alta energia que podem penetrar nas camadas superiores da epiderme.</li><li>- Responsável por causar queimaduras, bronzamento, enrugamento, fotoenvelhecimento e câncer de pele.</li><li>- Carcinogênico e mil vezes mais eficaz em causar queimaduras do que os raios UVA.</li><li>- Não passa pelo vidro</li></ul>
Ultravioleta C radiação (UVC) 100- 280nm	<ul style="list-style-type: none"><li>- Filtrado pela camada de ozônio estratosférico na atmosfera antes de atingir a terra.</li><li>- Principais fontes artificiais são lâmpadas germicidas.</li><li>- Queima a pele e causa câncer de pele</li></ul>

**Fonte:** Who (2003).

Os fatores que impactam na variabilidade temporal e espacial da Radiação UV estão relacionados à fatores geográficos, astronômicos e meteorológicos que determinam a irradiância espectral da radiação UV.

A elevação solar é o primeiro fator determinante, pois segundo Kirchoff et al. (2000), a intensidade de radiação UV que atinge a superfície terrestre depende da posição que o sol ocupa em relação à latitude, estação do ano e hora do dia, determinando maior ou menor irradiância. Isso explica o fato de no verão a UVB aumentar em até 25% nas regiões tropicais, em quanto no inverno pode sofrer baixa de 30% (SILVA, 2007).

Outro fator relevante é a altitude local, pois dependendo da camada de atmosfera acima da superfície, ela interfere na espessura da camada de ozônio e, por sua vez, na radiação UV. No geral, a cada 1.000 m acima do nível do mar ocorre um déficit de 1% no conteúdo de ozônio estratosférico, provocando assim, um aumento entre 6 e 8 % no fluxo de radiação UV (GOMEZ et al., 2018).

A interação da radiação com a superfície terrestre também pode influenciar na radiação refletida, que é determinada pelo albedo ou coeficiente de reflexão. Segundo Assunção (2003) o albedo é a medida adimensional da radiação solar refletida pela superfície da terra, variando conforme as propriedades físicas de cada superfície. Por

exemplo, em superfícies como areia e neve a capacidade de reflexão é elevada, enquanto em superfícies urbanas a capacidade de reflexão é baixa (SILVA, 2007).

Os constituintes da atmosfera como vapor e materiais em suspensão (fumaça, fuligem, poeira, etc) também interferem na irradiância solar e, conseqüentemente, na radiação UV. A espessura e o tipo de nuvem, devido a reflexão, podem reduzir a radiação solar a um nível bem inferior, abaixo de 5% (ESTUPINAM et al., 1996 apud ASSUNÇÃO, 2003).

A interação da radiação solar com os compostos da atmosfera determina a quantidade de energia que atinge a superfície terrestre. No caso da radiação UV, o ozônio é o composto mais importante em absorve-lo, principalmente na faixa de radiação UV-B. Já a Radiação ultravioleta (RUV-A) sofre pouca alteração e atinge a superfície terrestre em maiores quantidades (RODRIGUEZ et al., 2017).

## **3.2 Efeitos da radiação na pele**

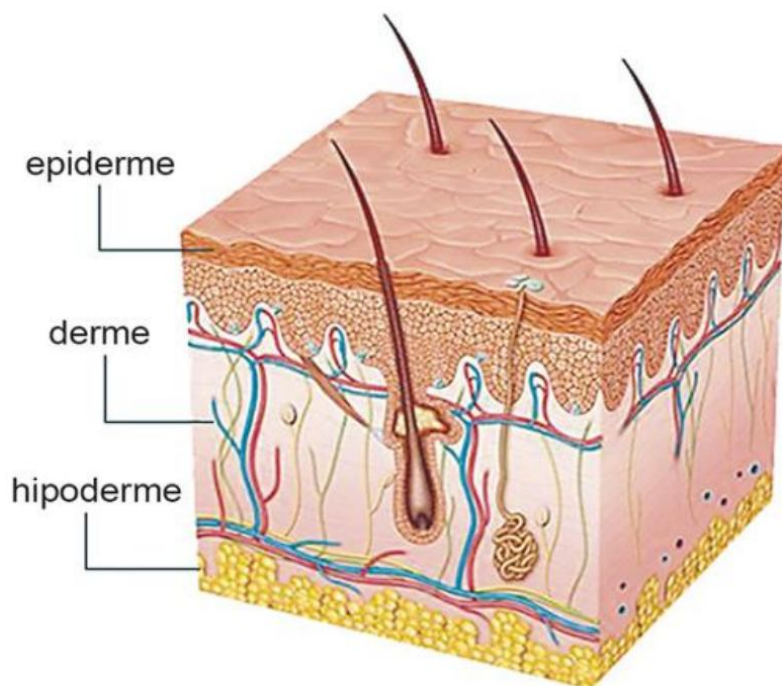
### **3.2.1 Pele humana**

Segundo Virchow (1860) a pele humana foi descrita, há mais de 150 anos, como um envoltório com função de revestimento e proteção a órgãos mais complexos. Atualmente estudos denotam que a pele não é uniforme em toda superfície sendo um órgão sem sentido que age como barreira contra agentes físicos, químicos e biológicos. Sendo assim, se adapta a zonas e funções específicas de cada parte do organismo, como a planta dos pés e a epiderme, muito mais espessas se comparadas às pálpebras (BARBOSA, 2011).

É um tecido altamente dinâmico, capaz de responder a alterações no ambiente externo e interno e isto permite que muitas das manifestações do organismo se expressem por alterações cutâneas. O controle hemodinâmico, o equilíbrio hidro-eletrolítico, a termorregulação, o metabolismo energético, o sistema sensorial e a defesa contra agressões externas dependem da sua viabilidade (BARBOSA, 2011, p. 6).

A histologia cutânea da pele pode ser definida a partir das três camadas que a compõem: epiderme, derme e hipoderme (Figura 2). A epiderme é o epitélio de revestimento que se encontra acoplado ao tecido conjuntivo, do qual recebe suporte; a derme caracteriza-se por conter as células de imunovigilância, tais como os

queratinócitos, células de Merkel e células de Langerhans, que agem nos processos de hipersensibilidade e de pigmentação, além dos melanócitos que sintetizam a melanina que ajuda na proteção dos R-UV (RODRIGUEZ et al., 2017).



**Figura 2.** Camadas da pele.  
**Fonte:** Tortora e Derrickson (2017, p.145).

A derme é constituída pela substância fundamental, rica em mucopolissacarídeos, fibras colágenas, elásticas e reticulares, está subdividida em: derme papilar, que corresponde às papilas dérmicas e é constituída por tecido conjuntivo frouxo, derme reticular, a maior parte da derme é formada de tecido conjuntivo denso não moderado. As camadas papilares e reticulares contêm fibras elásticas, o que dá elasticidade à pele (ZARATTI, 2003; OKUNO et al., 2005).

A hipoderme, apesar de tecnicamente não fazer parte da pele é a camada mais profunda, com espessura variável, formada exclusivamente por células adiposas, exerce a função nutricional de reserva, participa do isolamento térmico, da proteção às pressões e traumas externos e facilita a mobilidade da pele em relação às estruturas subjacentes (LEESON, 1998; OKUNO et al., 2005).

A pele exerce diversas funções devido a sua complexidade estrutural e por ser constituída de grande diversidade de células, com especificidades funcionais como (GRAAFF, 2003):

- Funções metabólicas e de proteção contra agentes nocivos químicos, físicos ou biológicos;
- Regulação da temperatura;
- Síntese de vitamina D;
- Percepção sensorial;
- Possibilita a identificação de pessoas, características faciais e cor da pele;
- Comunicação, através de expressões faciais e emissão de sinais emocionais;
- Papel importante no processo de cicatrização;
- Manifestação de sinais que indicam o estado clínico da pessoa;
- Modificações ao longo do desenvolvimento (envelhecimento), influenciado pelos hábitos de vida, ambiente e cultura.

Fitzpatrick (2000) classifica a cor da pele em seis tipos, de acordo com o fototipo, etnia e reação à exposição solar (Figura 3). O fator genético comprovou que as diferenças icônicas das chamadas “raças” humanas são características físicas superficiais, que dependem de parcela ínfima dos 25 mil genes estimados no genoma humano. A cor da pele, uma adaptação evolutiva aos níveis de radiação ultravioleta vigentes em diferentes áreas do mundo, é expressa em menos de 10 genes (GUIMARÃES, 2011).

TONS DE PELE					
NEGRA	MORENA ESCURA	MORENA MODERADA	MORENA CLARA	BRANCA	BRANCA PÁLIDA
Nunca queima totalmente, pigmentada	Queima raramente, bronzeia bastante	Queima pouco, bronzeia com facilidade	Queima e bronzeia moderadamente	Queima com facilidade, bronzeia muito pouco	Queima com facilidade, nunca bronzeia
- Riscos de danos na pele devido aos raios ultravioleta conforme a cor da pele					

Figura 3. Tons da pele.

### 3.2.2 Neoplasias de pele

As neoplasias de pele, chamadas de câncer de pele, são um grupo celular que se multiplicam de forma autônoma, com variados graus de diferenciação celular, apresentando comportamento metabólico distinto, com fatores de crescimento que influenciam a proliferação e diferenciação celular, além de aporte vascular local (POPIN et al., 2008). É uma doença de etiologia multifatorial resultante de alterações genéticas, fatores ambientais e estilo de vida.

O melanoma é considerado a principal doença fatal de pele, sendo que a ocorrência e a morbimortalidade vêm aumentando no mundo apresentando maior incidência em países pouco desenvolvidos. No Brasil, 0,15% de todas as neoplasias malignas correspondem a esta doença, apresentando um diagnóstico histológico crescente. Visto que 12% dos pacientes com melanoma metastático sobrevivem mais de cinco anos, a chance de cura dessa doença está diretamente relacionada ao diagnóstico e ao tratamento no início do seu desenvolvimento. Por isso, estudos sobre a biologia molecular do melanoma cutâneo buscando a identificação de marcadores moleculares são importantes na previsão do diagnóstico e na melhoria do prognóstico dos indivíduos com essa patologia (GON; MINELLI; GUEMBAROVSKI, 2001).

O melanoma cutâneo apresenta significativa relevância entre os tumores malignos de pele. Apesar de sua baixa incidência, representando cerca de 3-4% dos tumores cutâneos malignos, é o de maior mortalidade. Nos últimos 50 anos, a incidência de melanomas cutâneos tem aumentado, progressivamente em todo o mundo, o que aumenta a preocupação para que seja diagnosticado precocemente (KONRAD et al., 2011, p. 459).

A histopatologia convencional continua sendo o padrão-ouro no diagnóstico dos melanomas cutâneos, apesar do progresso da imuno-histoquímica e da biologia molecular (VERONESE; CORRENTE; MARQUES, 2007).

Existem dois grupos distintos de câncer da pele: o não melanoma, mais frequente e menos agressivo, e o melanoma, mais agressivo, porém menos comum. De acordo com Bardini, Lourenço e Fissmer (2012), neste grupo há dois subtipos: o basocelular e o espinocelular. Ambos são provenientes dos melanócitos existentes na epiderme, porém apresentam características diferenciadas, sendo que o câncer basocelular apresenta crescimento lento e indolor, restrito a camada basal, resultante, da exposição solar cumulativa, comum em indivíduos acima de 40 anos, apresentando

baixo índice de mortalidade e raramente metástase. Por sua vez o espinocelular provém da proliferação atípica de células espinhosas, de característica infiltrativa, podendo gerar metástase, também ocasionado por exposição solar cumulativa ou por fatores de risco (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2011).

O câncer de pele não melanoma corresponde a tumores de diferentes linhagens, sendo os mais comuns o câncer basocelular, com 70% dos diagnósticos, e o câncer espinocelular, representando 25% dos diagnósticos. Ambos com alto percentual de cura quando detectados precocemente, e uma pequena porcentagem de 5% podem se tornar letais (GON; MINELLI; GUEMBAROVSKI, 2001).

Para o estudo da biologia molecular do melanoma maligno é importante que se conheça sua classificação segundo o nível de invasão (GON; MINELLI; GUEMBAROVSKI, 2001). A carcinogênese pode ser classificada quanto ao nível de invasão, de acordo com a Tabela 3.

**Tabela 3.** Classificação da carcinogênese de acordo com o nível de invasão.

Nível	Característica
I	Crescimento intraepidérmico
II	Invasão da derme papilar
III	Atinge o limite entre a derme papilar e reticular
IV	Invasão da derme reticular
V	Invasão da tela subcutânea

**Fonte:** Gon, Minelli e Guembarovski (2001).

O melanoma pode ter início em uma pele saudável ou lesionada, com alteração da pigmentação. A manifestação a partir da pele normal, ocorre com o surgimento de uma pinta escura com bordas irregulares, podendo apresentar sintomas como coceira ou descamação, também podendo ser assintomática. Considera-se anormal o crescimento ou mudança de coloração em manchas ou pintas da pele, em que quando ocorrer este tipo de alteração, torna-se necessária avaliação do especialista (ARNOLD; ODOM; JAMES, 1995) (Figura 4).





**Figura 4.** Classificação geral dos tipos de lesão de pele.  
**Fonte:** Bezerra (2011).

### 3.2.3 Importância da radiação ultravioleta nas neoplasias de pele

A vida humana, assim como a fauna e flora dependem da energia solar. A incidência de radiação influencia diretamente as diferenças climáticas, auxiliando a difusão e absorção da mesma (BRAGA et al., 2002).

Estudos realizados indicam que a radiação ultravioleta, ao atingir a pele desprotegida, com ação cumulativa, provoca um processo complexo de reações químicas e morfológicas, com alterações histoquímicas de diferentes gravidades, espessamento da camada espinhosa e retificação da junção dermoepidérmica (BALOGH et al., 2011).

Para Okuno et al. (2005) a radiação ultravioleta é essencial a saúde do homem, porém, com a exposição inadequada, efeitos indesejáveis podem ocorrer, afetando além da pele, aparelho ocular e o sistema imunológico. Os efeitos deletérios variam conforme alguns fatores: o tipo de pele quanto à espessura e o teor de melanina existente.

A radiação ultravioleta é absorvida por vários cromóforos na pele, como a melanina, o DNA e RNA, sua absorção gera reações fotoquímicas, interações secundárias resultantes de efeitos prejudiciais quando sofre exposição em excesso. O DNA é o principal alvo da radiação, portanto, os protetores solares são fundamentais para amenizar os efeitos deletérios da radiação UV (BALOGH et al., 2011).

As radiações UV-B, embora de menor comprimento de onda e com menor poder de penetração na pele, sendo intensamente absorvidas pela epiderme, são as mais energéticas. Devido à sua alta energia, são os responsáveis pelos danos agudos e crônicos à pele, tais como manchas, queimaduras (vermelhidão e até bolhas), descamação e câncer de pele. Já as radiações UV-A, de maior comprimento de onda, são menos energéticas e 600-1000 vezes menos eritematógenas que os UV-B e penetram mais profundamente na pele atingindo a derme. As radiações UV-A originam radicais livres oxidativos, sendo responsáveis pelo envelhecimento cutâneo precoce (fotoenvelhecimento ou envelhecimento actínico), por doenças de fotossensibilidade e também contribuem para o desenvolvimento do câncer (ARAÚJO; SOUZA, 2008, p. 1-2).

As radiações mais lesivas ocorrem entre 10 horas da manhã e 17 horas da tarde e pode ser muito útil observar a regra da sombra, uma vez que as variáveis acima não são fixas (PETRI, 2005).

Para Gallagher e Lee (2006) as radiações UV-A promovem o bronzeamento direto, responsáveis pelo fotoenvelhecimento, produção de radicais livres e melanogênese. Enquanto, as radiações UV-B promovem o bronzeamento indireto, são eritematógenas e responsáveis pelas queimaduras e carcinomas. Já as radiações UV-C, filtradas pela camada de ozônio atingem a superfície da terra em algumas regiões em que esta camada se encontra rompida (buraco da camada de ozônio) (CASTILHO; SOUSA; LEITE, 2010).

#### **3.2.4 Situação da neoplasia de pele no Brasil e no mundo**

De acordo com Okida et al. (2001) e Sapuccil e Costa (2012) a incidência de câncer de pele tem aumentado anualmente devido alguns fatores: o envelhecimento populacional, desenvolvimento socioeconômico e o aumento da exposição à radiação solar, além dos fatores genéticos. Dados apontam o câncer de pele como a doença mais comum em todo mundo, atualmente entre os caucasianos, sendo o tipo não melanoma o mais frequente detectado. Esse tipo CPNM corresponde a 90% de todos os cânceres de pele (INCA, 2014).

O câncer de pele é considerado um fator de saúde pública, necessita de medidas preventivas e rastreamento para um diagnóstico precoce, proporcionando assim maior índice de cura e sobrevida (CAMPOS et al., 2011).

Segundo estimativas mundiais do projeto Globocan da Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC, do inglês *International Agency for Research on*

*Cancer*) da Organização Mundial de Saúde (OMS) houve 14,1 milhões de casos novos de câncer e um total de 8.2 milhões de mortes por câncer no mundo, em 2012. Esses dados justificam a necessidade de campanhas e investimentos para prevenção ao câncer de pele que devem ser implantados nos serviços públicos de saúde (INCA, 2014).

A média do aumento de casos de câncer de pele não melanoma nos Estados Unidos, Austrália, Canadá e Europa está estimada entre 3 a 8% ao ano, como exemplo, os Estados Unidos que têm o câncer de pele ocupando o quinto lugar em gastos na saúde, a última estimativa de prevalência do CPNM na população foi de 450 casos por 100 mil habitantes. Esse índice na atual população americana estima-se 1,4 milhões de indivíduos com CPNM por ano. A Austrália apresenta maior incidência mundial de câncer de pele, adotou campanhas públicas, educativas de prevenção e passou a registrar o não aumento na incidência da CPNM desde o início das campanhas. No Brasil dados estimavam um total de 182.130 novos de CPNM em 2014, sendo que 98.420 desses casos entre os homens e 83.710 entre as mulheres. Esses valores correspondem a um risco estimado de 100,75 casos novos para cada 100 mil homens e, 82,24 para cada 100 mil mulheres. Outro dado epidemiológico relevante é a incidência do câncer de pele ter aumentado em todo mundo, acometendo uma faixa etária cada vez mais jovem (NOURY, 2007 apud INCA, 2014).

Para o biênio 2016-2017 a estimativa foi de 600 mil novos casos de câncer. Já no biênio 2018-2019, 85.170 casos de CPNM para os homens e, 80.410 casos para as mulheres foram estimados. Sabe-se que o CPNM é o mais incidente entre os homens nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, diminuindo nas regiões Norte e Nordeste. Já entre as mulheres observa-se uma incidência menor atingindo as regiões Sul, Sudeste, Norte e Nordeste (INCA, 2016).

O melanoma vem demonstrando aumento em suas taxas de incidência e mortalidade no mundo. Estima-se que o melanoma cutâneo represente cerca de 3% de todos os cânceres, segundo sua incidência, e um percentual que varia de 1% a 2% das mortes por câncer. O aumento médio anual de incidência dessa neoplasia nos Estados Unidos da América é de aproximadamente 6%. Relatórios anatomopatológicos revelaram que o melanoma maligno corresponde a 0,15% de todas as neoplasias malignas no Brasil. Já, o não melanoma, por sua vez apresenta uma alta incidência, porém baixa mortalidade, apresentando altos índices de cura, quando diagnosticado precocemente (INCA, 2014).

### **3.2.5 Fatores predisponentes da neoplasia de pele**

O Brasil é um país de clima tropical, que apresenta as coordenadas geográficas entre os paralelos 5°N e 34°S, com uma área superior a 8,5 milhões de km<sup>2</sup> e tem índice de radiação UV-A e UV-B com grandes variações entre uma região e outra. A apresentação fenotípica brasileira é composta por grandes heterogeneidades, conforme as latitudes, podendo atingir 89% da população de pele clara em áreas urbanas, de alguns estados como Santa Catarina e Rio Grande do Sul, onde se dá a presença de imigrantes europeus, alemães, poloneses e italianos. Nas regiões como Amazonas e Pará ocorrem a diminuição para 28% em áreas urbanas (INCA, 2010).

Outros fatores relevantes são as atividades de ocupação ao ar livre, causa ambiental por exposição excessiva, principalmente nos primeiros vinte anos de vida e o fator genético. Há também, outro fator de grande relevância, a destruição da camada de ozônio reduziu 5%, contribuindo para o aumento da radiação UV-A e UV-B. Sendo assim, há confirmações de que a radiação ultravioleta é mutagênica, que causa transformação maligna por lesão do DNA (SPENCE; JOHNSTON, 2003).

### **3.2.6 Métodos e prevenção das neoplasias de pele**

Observando-se a evolução dos conhecimentos médicos no Brasil, hoje se tem a descrição sintomática de inúmeras doenças existentes, tudo baseado na simples observação. Quando o diagnóstico é tumor de pele, um conjunto de informações e técnicas devem ser colocados à disposição, pois diagnosticar o grau de um melanoma é difícil (SOARES, 2008).

Uma vez diagnosticado a neoplasia de pele há uma variedade de tratamentos disponíveis, que será relatada ao paciente e diante da escolha, diferentes fatores tumorais devem ser considerados como: tamanho; localização; tipo histopatológico e morfológico; natureza (lesão primária ou decorrente); e invasão de estruturas. Sabe-se que o tratamento sempre tem como prioridade a cura, de acordo com a *National Comprehensive Cancer Network* (NCCN). Depois deste objetivo, outros fatores ganham prioridades, mas todos os CPNM devem ser biopsiados anteriormente a qualquer procedimento, permitindo assim, a escolha mais apropriada do seu tratamento, que será feito relacionando-se o comportamento biológico do tumor e a relação custo benefício para o paciente (ZINK, 2014).

Após o diagnóstico, todos os tipos de neoplasias de pele devem ser tratados precocemente, e a modalidade escolhida depende da extensão da doença, sendo os mais comuns:

- **Cirurgia excisional:** remoção do tumor com bisturi, e também de uma borda adicional sadia, para avaliação microscópica, esta técnica possui alto índice de cura, podendo ser empregada no caso de tumores recorrentes;
- **Curetagem e eletrodissecção:** usada em tumores menores, promovem a raspagem da lesão com cureta, com bisturi elétrico destrói-se as células cancerígenas. Não recomendáveis para tumores mais invasivos;
- **Criocirurgia:** destruição do tumor por meio do congelamento com nitrogênio líquido, técnica com baixa taxa de cura em relação à cirurgia excisional, mas uma boa opção em tumores pequenos e recorrentes, não sendo recomendável para tumores mais invasivos;
- **Cirurgia a Laser:** com o uso do laser de dióxido de carbono ou erbio YAG laser faz-se a remoção das células tumorais, sendo uma opção eficiente para pacientes que têm desordens sanguíneas;
- **Cirurgia Micrográfica de Mohs:** retirada do tumor e um fragmento de pele ao redor com uma cureta, análise microscópica, e o procedimento repetido sucessivamente, até não restar mais vestígios de células tumorais;
- **Terapia Fotodinâmica (PDT):** procedimento realizado pelo médico através da aplicação de um agente fotossensibilizante, com o ácido 5 – aminolevulínico (5-ALA) na lesão, após algumas horas a área é exposta a uma luz intensa que ativa o 5-ALA e destrói as células tumorais, com menor dano aos tecidos saudáveis.

Além destes métodos cirúrgicos, têm-se ainda; a radioterapia, a quimioterapia e as medicações orais e tópicas que são outras opções de tratamento para carcinomas, a qual somente médico especializado em neoplasias de pele pode avaliar e prescrever o tipo adequado de método terapêutico (SBD, 2017).

Devido à incidência dos raios ultravioletas sobre a superfície terrestre, as pessoas de todos os fototipos precisam estar atentas e se protegerem quando expostas ao sol, pois além dos fatores genéticos, a exposição solar é um dos fatores

de maior relevância. Medidas educativas em saúde ajudam a promover a conscientização da necessidade de prevenção das neoplasias de pele, por meio do uso de filtros solares, que promovem proteção de formas diferentes contra a RUV.

Sendo assim, as medidas de proteção devem ser observadas e administradas, tais como (SBD, 2017):

- Uso de chapéus, camisetas, óculos escuros e protetores solares;
- Cobrir as áreas expostas com roupas apropriadas, exemplo: camiseta de manga comprida, calças e um chapéu de abas largas;
- Evitar a exposição solar e permanecer na sombra entre 10 e 16 horas (horário de verão);
- Na praia ou piscina, usar barracas de lona ou algodão, que absorvem 50% da radiação ultravioleta;
- Usar filtro solar diariamente, utilizando um produto, que proteja contra a radiação UV-A e UV-B com fator de proteção (FPS) 30, no mínimo;
- Observar a própria pele regularmente;
- Manter crianças e bebês protegidos do sol;
- Consultar o dermatologista uma vez ao ano.

Mesmo com esforços de campanhas educativas alertando sobre os efeitos nocivos da Fotoexposição em horários de risco, a exposição solar diária aparece com prevalência em períodos > 7h por dia, nota-se, portanto, que parte da população não recebe as devidas informações sobre o câncer de pele, principalmente em relação ao uso do filtro solar, de como usá-lo, mas, o fator relevante da não adesão ao uso do protetor solar é o alto custo do produto (PIRES et al., 2018).

Para Robinson, Rigel e Amonette (2000) e Nohynek e Schaefer (2001), os filtros solares promovem proteção de formas diferentes, contra a radiação UV, por meio de ação como refletindo, dissipando ou absorvendo a luz. A radiação solar age de forma cumulativa, portanto o uso de fotoprotetores nos primeiros 18 anos de vida é fundamental para retardar o impacto. Com exceção das crianças, que somente devem ser expostas ao sol após os seis meses de idade, e as crianças maiores de seis meses, também devem ser protegidas, com filtro solar para UV-A E UV-B com fator de proteção igual ou maior que 25 (RENNÓ; RENNO; NASSIF, 2014).

Os protetores solares podem apresentar ações físicas e químicas, os bloqueadores de ação física apresentam barreiras físicas para refletir e dissipar a energia da luz, provenientes dos raios UV-A E UV-B. Já os protetores de ação química agem na absorção solar ultravioleta amenizando sua ação energética, absorvendo radiação entre 290 a 400nm para UVA e UVB. Para maior eficácia o protetor solar deve ser aplicado à pele, entre 20 e 30 minutos antes da exposição solar, repetindo a aplicação a cada três horas (TOFETTI; OLIVEIRA, 2006).

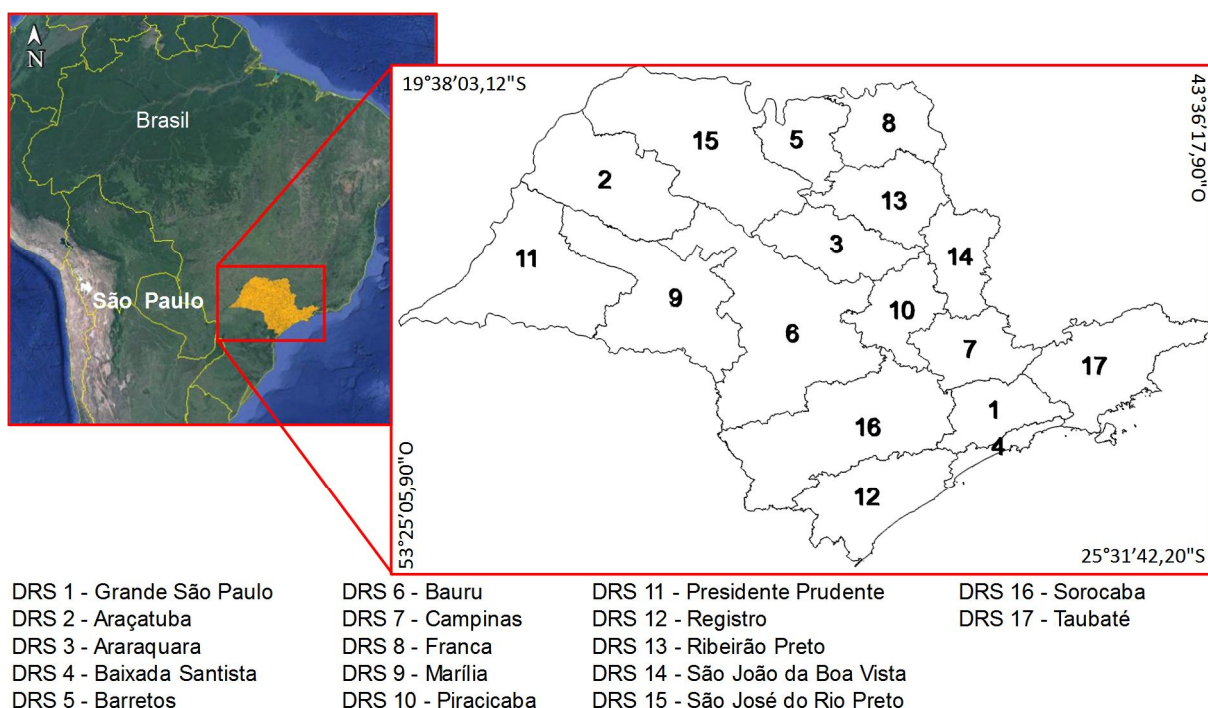
De acordo com a Resolução RDC 30/12 publicada 04 de junho de 2012 pela ANVISA, a comercialização de produtos solares e cosméticos sofreram algumas mudanças. Houve maior exigência no nível de testes que comprovam a fotoproteção do produto, sendo estabelecidos métodos analíticos, de determinação do fator de proteção (FPS) da radiação UV-A, devem seguir normas de preparações cosméticas com FPS destinadas ao contato com a pele, contra a radiação UV-B E UV-A (RENNÓ; RENNO; NASSIF, 2014).

O fator de proteção solar é uma importante informação sobre a ação fotoprotetora, pois cada protetor solar é caracterizado por um fator de proteção solar, sendo assim, quanto maior o FPS, maior será a proteção (COUTEAU et al., 2001).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Localização e Abrangência do Estudo

O trabalho foi desenvolvido na Universidade Brasil, Campus de Fernandópolis – SP, no ano de 2018. O estudo foi realizado no Estado de São Paulo, abrangendo todas as áreas territoriais das 17 Departamentos Regionais de Saúde (DRS's), no período de 2010 - 2017. (Figura 5)



**Figura 5.** Localização do estado de São Paulo e as respectivas áreas de abrangência dos Departamentos Regionais de Saúde (DRS's).  
Fonte: Própria (2018).

A correlação e modelagem matemática dos casos relativos médios anuais de neoplasias de pele (variável dependente) em função da irradiância solar média mensal (variável independente) foi realizada por análises variância da regressão. As metodologias para obtenção dos pares das variáveis dependentes e independentes serão apresentadas a seguir.



#### 4.1.1 Casos relativos de neoplasias de pele

Os casos relativos médios anuais de neoplasias de pele, no período de 2010 a 2017, foi determinado utilizando-se a equação 02.

$$Cn_i = \frac{\sum C_i^k}{n} \quad (\text{equação 02})$$

, em que:

$Cn_i$  - casos relativos médios anuais de neoplasias de pele na DRS "i" (casos  $10^{-5}$  hab<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>);

$C_i^k$  - casos relativos de neoplasias de pele da DRS "i" no ano "k" (casos  $10^{-5}$  hab<sup>-1</sup>);

n – número de anos do período de 2010 a 2017.

Os casos relativos de neoplasias de pele da DRS "i" no ano "k" ( $C_i^k$ ) do período estudado foram calculados de acordo com a equação 03.

$$C_i^k = \frac{Ca_i^k}{P_i^k} \quad (\text{equação 03})$$

, em que:

$C_i^k$  - casos relativos de neoplasias de pele da DRS "i" no ano "k" (casos  $10^{-5}$  hab<sup>-1</sup>);

$Ca_i^k$  – casos absolutos de neoplasias de pele da DRS "i" no ano "k" (casos);

$P_i^k$  – número de habitantes da DRS "i" no ano "k" (habitantes).

Os casos absolutos de neoplasias de pele da DRS "i" no ano "k" ( $Ca_i^k$ ), entre os anos de 2010 e 2017, foram obtidos do banco de dados da FOSP (2018). Foram considerados na análise os casos obtidos pela codificação C44 do Sistema Único de Saúde, que inclui: pele, ouvido externo, pálpebra, pele de outras partes e de partes não especificadas da face, pele do couro cabeludo e do pescoço, pele do lábio, pele do ombro e membros superiores, pele do quadril e membros inferiores e pele do tronco.

Já o número de habitantes da DRS "i" no ano "k" ( $P_i^k$ ) no período estudado foi estimado a partir do incremento anual médio a partir da equação 04.

$$P_i^k = P_i^{(k-1)} + \Delta_{(t_{2010}-t_k)} \cdot IP_i \quad (\text{equação 04})$$

, em que:

$P_i^k$  - número de habitantes da DRS “i” no ano “k” (habitantes);

$P_i^{(k-1)}$  - número de habitantes da DRS “i” no ano anterior “k - 1” (habitantes);

$\Delta_{(t_{2010}-t_k)}$  - variação de tempo entre o ano 2010 e o ano “k” (anos);

$IP_i$  - incremento populacional médio anual na DRS “i” entre os anos de 2010 e 2016 (habitantes).

O incremento populacional médio anual na DRS “i” entre os anos de 2010 e 2016 ( $IP_i$ ) foi determinado com o auxílio da equação 05.

$$IP_i = \frac{(P_i^{2016} - P_i^{2010})}{\Delta_{(t_{2010}-t_{2016})}} \quad (\text{equação 05})$$

, em que:

$IP_i$  - incremento populacional médio anual na DRS “i” entre os anos de 2010 e 2016 (habitantes);

$P_i^{2016}$  - número de habitantes na DRS “i” em 2016 (habitantes);

$P_i^{2010}$  - número de habitantes na DRS “i” em 2010 (habitantes);

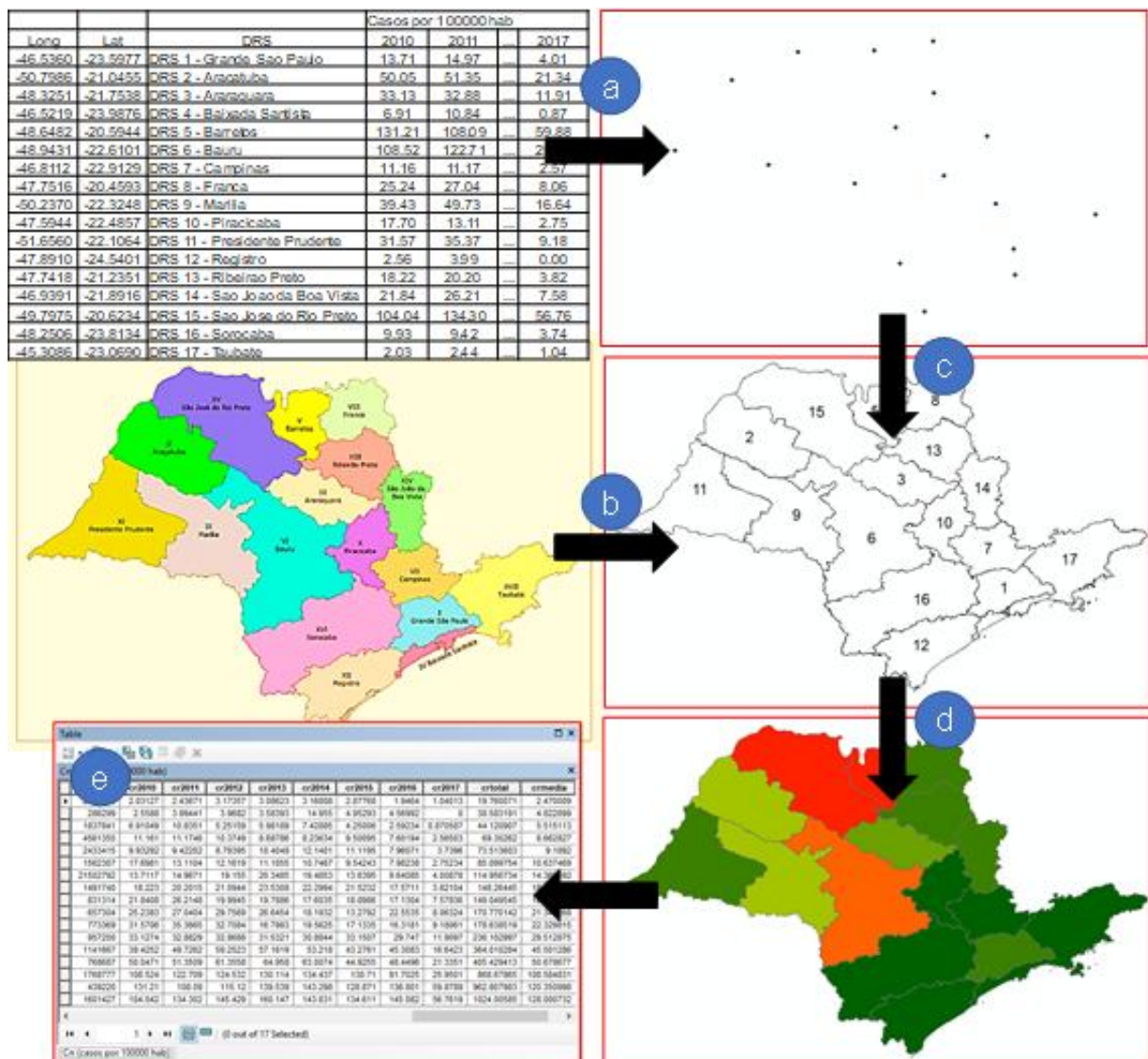
$\Delta_{(t_{2010}-t_{2016})}$  - intervalo de tempo entre 2010 e 2016 (anos).

O número de habitantes na DRS “i” nos anos de 2010 e 2016 foi obtido a partir do censo do IBGE (2010) e IBGE (2016). Por este motivo, somente para os anos de 2010 e 2016, o número de habitantes utilizado nos cálculos foi o real e não o estimado.

De posse dos dados de casos relativos médios anuais de neoplasias de pele por DRS no período avaliado, realizou-se a análise de variância ao nível de 5% de significância. Em seguida prosseguiu-se com o teste de comparação de médias anuais das DRS’s, utilizando Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Também, com o intuito de avaliar a distribuição espacial, elaborou-se um mapa de distribuição por classes de casos relativos médios anuais de neoplasias de pele. O

processo de obtenção do mapa foi por geoprocessamento, cujas etapas estão descritas na Figura 6.



**Figura 6.** Etapas do geoprocessamento para a obtenção dos mapas de distribuição espacial dos casos relativos médios anuais de neoplasias de pele.

Na primeira etapa realizou-se a conversão da tabela de dados dos casos relativos médios anuais de neoplasias nas DRS's em pontos centróides dos polígonos digitalizados com os atributos (etapa "a" da Figura 6). Paralelamente, realizou-se o georeferenciamento e a vetorização dos polígonos (etapa "b" da Figura 6) a partir do mapa dos Departamentos Regionais de Saúde (DRS's) do Estado de São Paulo, obtido no site da Secretaria de Estado da Saúde (SÃO PAULO, 2012).

Em seguida, por técnica de relacionamento espacial, unificou-se os atributos dos pontos aos polígonos das DRS's (etapa "c" da Figura 6), sendo possível gerar os mapas de distribuição espacial das classes de casos de neoplasias de pele no Estado

de São Paulo (etapa “d” da Figura 6) a partir da tabela de atributos (etapa “e” da Figura 6).

Para as análises estatísticas utilizou-se o aplicativo SISVAR 5.6 e a geração de mapas de distribuição espacial foi realizada com o auxílio do ArcGIS versão Educacional.

## 4.2 Irradiância Solar Total

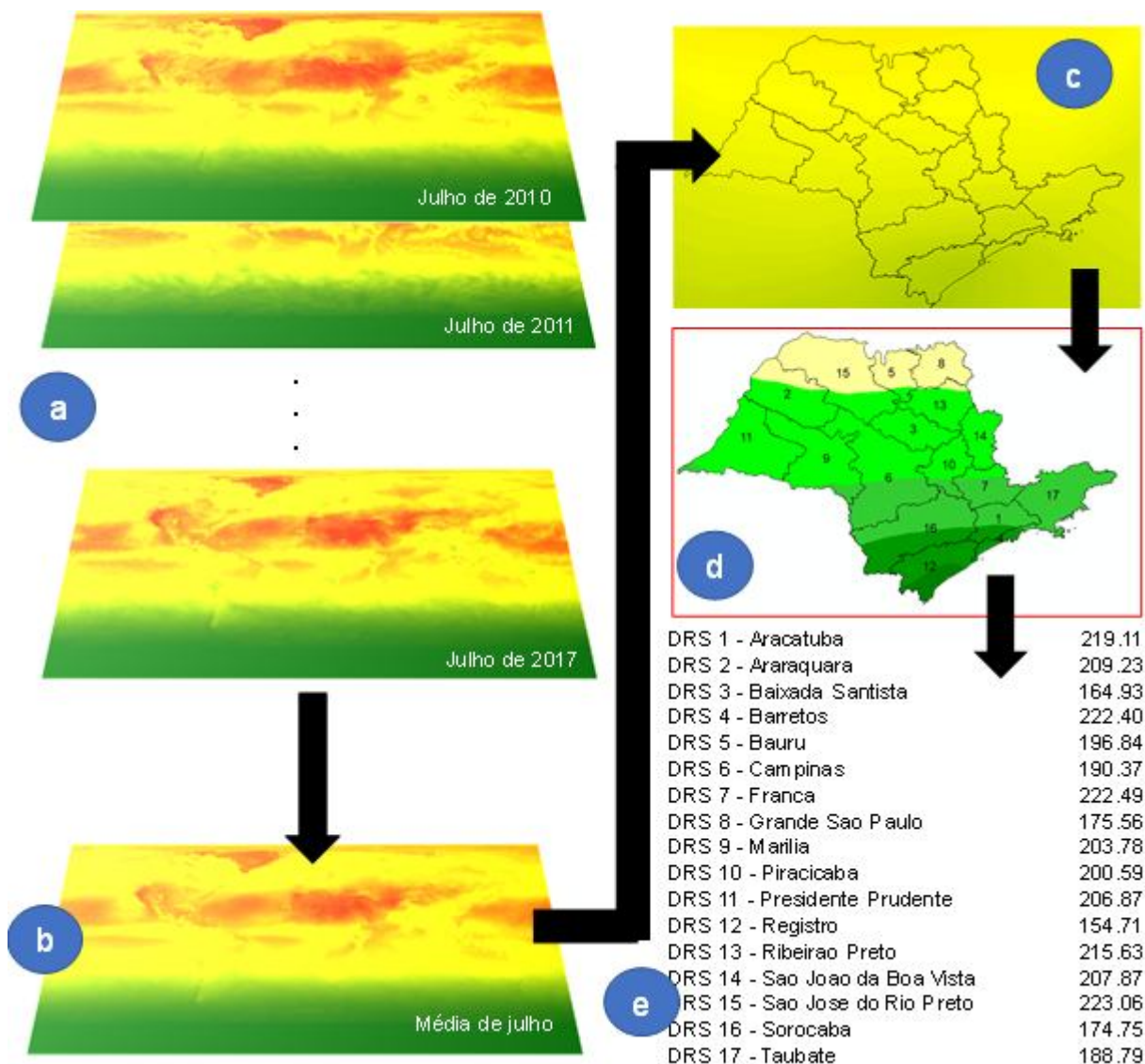
A irradiância solar média mensal por DRS foi obtida por cruzamento entre as imagens da irradiância solar média mensal de cada ano, geradas pelo sensor CERES (*Cloudsand the Earth's Radiant Energy System*) dos satélites Terra e Água da NASA (NEO, 2018), e os limites das DRS's. O procedimento foi realizado por geoprocessamento com o auxílio do *software* ArcGIS versão Educacional (Figura 7).

A sequência de operações inicia com o *download* das imagens de irradiância solar média mensal global dos anos de 2010 a 2017 (etapa “a” da Figura 7). Utilizando a ferramenta de álgebra de mapas, gerou-se a imagem da irradiância solar média mensal global do período (etapa “b” da Figura 7).

De posse do mapa dos polígonos dos limites das DRS's do Estado de São Paulo sobreposta sobre a imagem anterior (etapa “c” da Figura 7), realizou-se o recorte dentro do mapa das DRS's (etapa “d” da Figura 7) e a estatística dos pixels da imagem determinando-se a média mensal dos pixels para as DRS's de todo o período (etapa “e” da Figura 7).

Dessa forma, obteve-se os dados de irradiância solar média mensal para todas as DRS's em todo o período avaliado. A comparação da irradiância solar entre DRS's foi avaliada por análise de variância e comparação de médias pelo teste de Scott-Knott com  $p < 0,05$ . E a avaliação nas diferenças da distribuição espacial foram avaliadas por meio dos mapas de classes de irradiância solar média.

Para as análises estatísticas utilizou-se o aplicativo SISVAR 5.6 e a geração de mapas de distribuição espacial foi realizada com o auxílio do ArcGIS versão Educacional.



**Figura 7.** Exemplo da sequência de obtenção dos dados de Irradiância Solar média mensal por DRS no mês de julho.

### 4.3 Modelagem Matemática

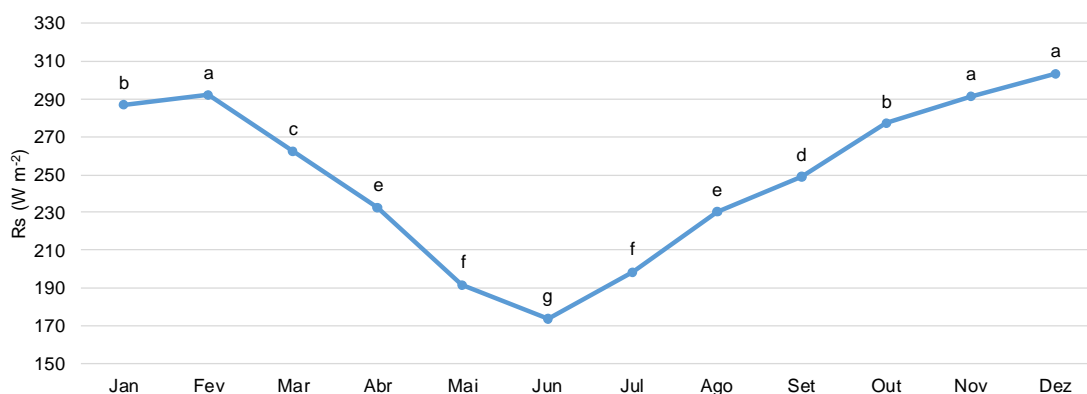
De posse dos pares de dados da variável dependente (casos relativos médios anuais de neoplasias de pele) e das variáveis independentes (irradiância solar média mensal) nas DRS's, determinou-se o melhor modelo de resposta por análise de regressão, com referência no nível de significância ( $p < 0,05$ ) e o coeficiente de determinação ( $r^2$ ).

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SPSS versão Educacional e os gráficos foram elaborados no *Microsoft Excel*.

## 5 RESULTADO E DISCUSSAO

### 5.1 Irradiância solar

A irradiância solar média no Estado de São Paulo foi de  $249,21 \text{ W m}^{-2}$ . Os meses de maiores médias de irradiância solar observadas (Figura 8) foram fevereiro, novembro e dezembro com  $295,75 \text{ W m}^{-2}$ , sendo superior aos demais meses.



**Figura 8.** Radiação solar média ao longo do ano no Estado de São Paulo ( $p < 0,05$  pelo teste de Scott-Knott e coeficiente de variação igual a 7,1%).

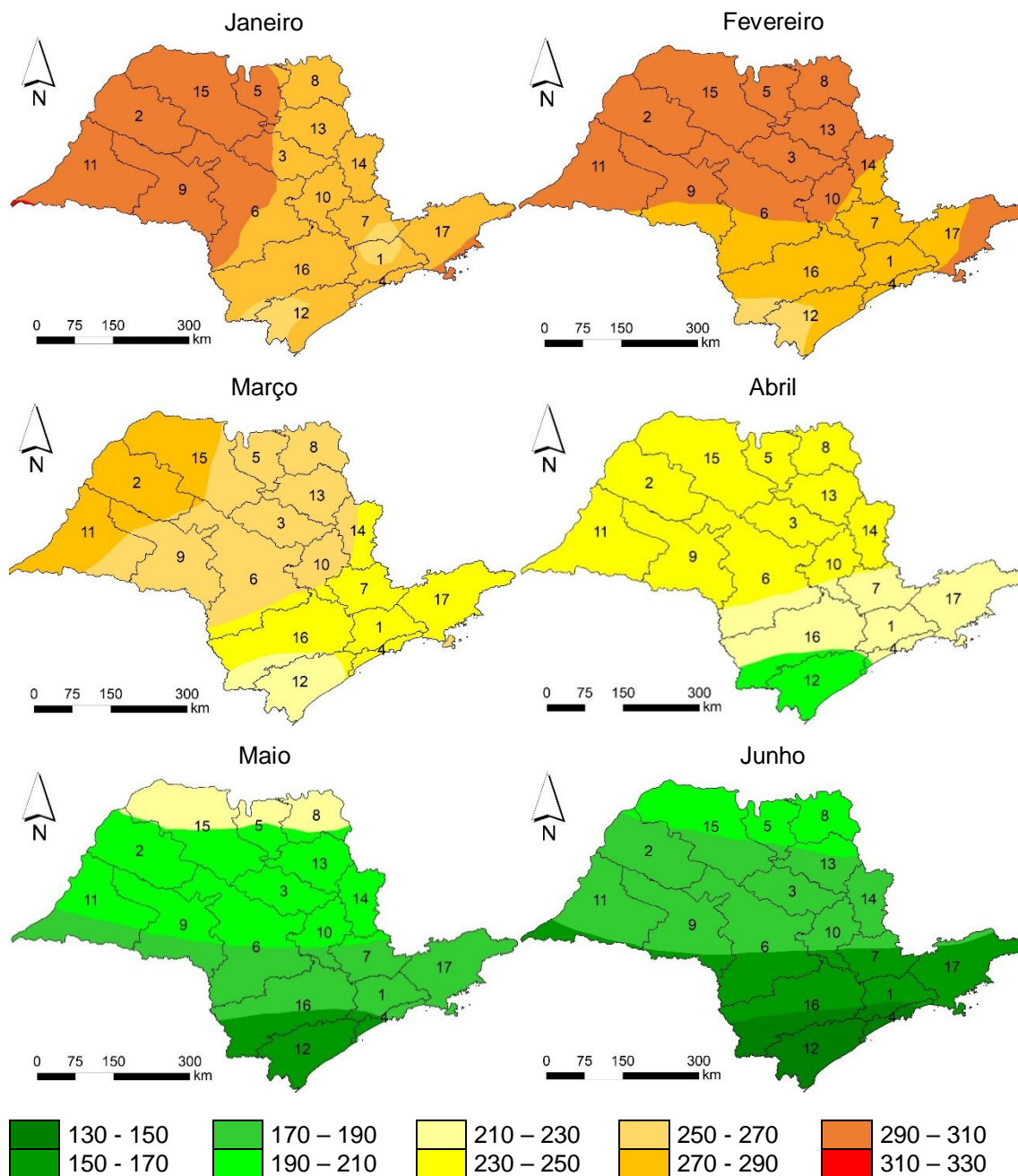
Já o mês de menor irradiância solar foi observado em junho com média de  $174,11 \text{ W m}^{-2}$ , sendo 41,1% inferior aos meses de maior média de irradiância solar. Estes resultados já eram esperados, pois no hemisfério sul as maiores incidências de radiação ocorrem nos meses de verão, cuja face sul da terra está mais exposta diretamente ao Sol.

Estes resultados demonstram que a Irradiância média anual no Estado de São Paulo é bem superior a média anual mundial de  $170 \text{ W m}^{-2}$  (WORLD ENERGY RESOURCES, 2013). A alta incidência de radiação solar no Brasil, também já foi relatada por Martins et al. (2005), que ao realizarem estudos sobre a energia solar, observaram que a radiação solar média do território brasileiro é praticamente igual ao valor máximo de irradiação observado no continente europeu.

Pela distribuição espacial da irradiância solar média de janeiro a dezembro (Figuras 9 e 10), as DRS's de maior exposição são as localizadas nas regiões Oeste e Noroeste do estado (DRS 15 - São José do Rio Preto, 2 - Araçatuba e 11 - Presidente Prudente), com irradiâncias solares variando de um mínimo de  $170$  a  $190 \text{ W m}^{-2}$ , em junho, e de  $310$  a  $330 \text{ W m}^{-2}$ , em dezembro.

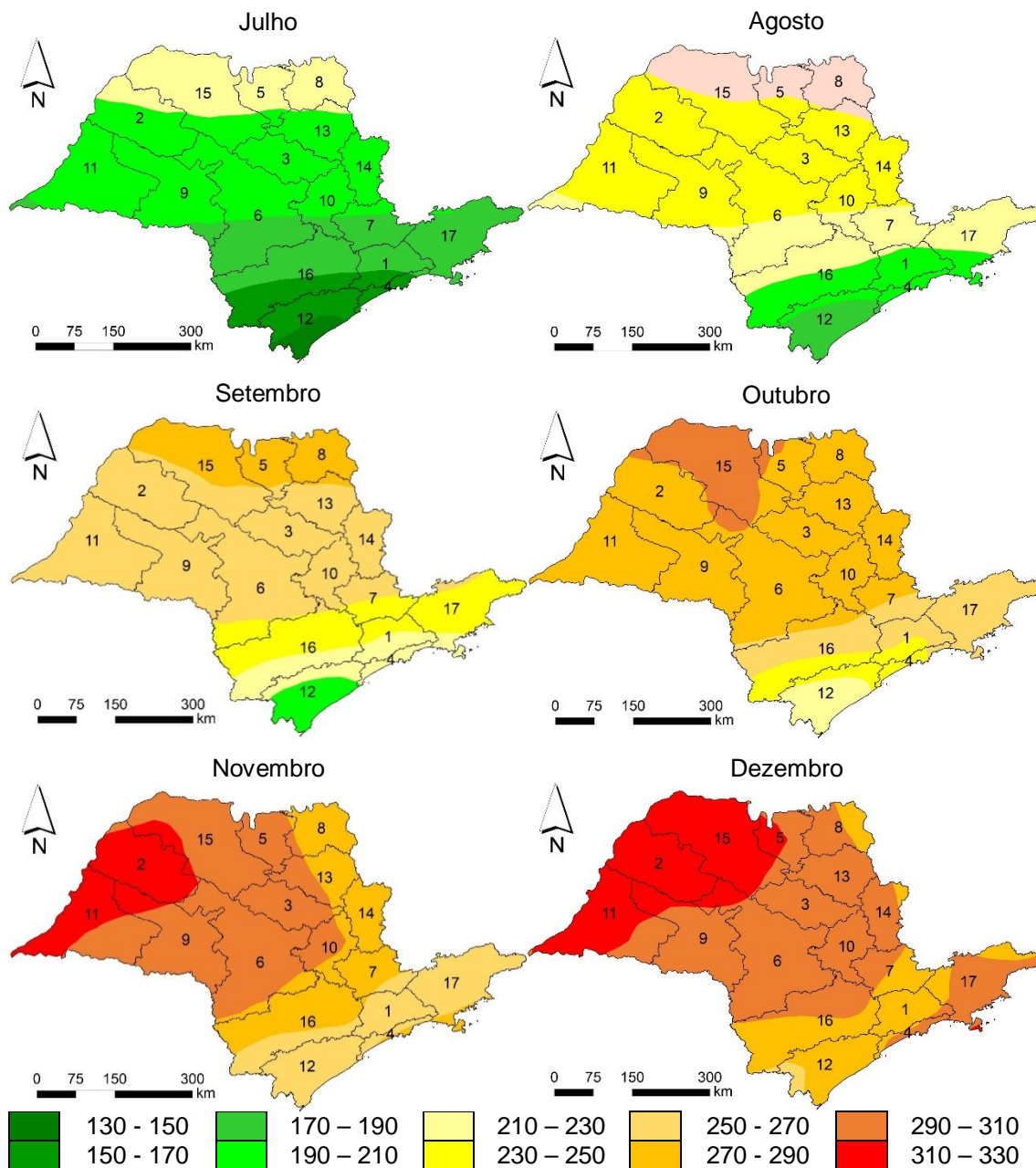


A DRS 12 - Registro, localizada no extremo Sul do estado, foi a menor irradiância solar variando de 130 a 150 w m<sup>-2</sup>, em junho, a 270 a 290 W m<sup>-2</sup>, em fevereiro.



Sendo que 1 (DRS 1 - Grande São Paulo), 2 (DRS 2 - Araçatuba), 3 (DRS 3 - Araraquara), 4 (DRS 4 - Baixada Santista), 5 (DRS 5 - Barretos), 6 (DRS 6 - Bauru), 7 (DRS 7 - Campinas), 8 (DRS 8 - Franca), 9 (DRS 9 - Marília), 10 (DRS 10 - Piracicaba), 11 (DRS 11 - Presidente Prudente), 12 (DRS 12 - Registro), 13 (DRS 13 - Ribeirão Preto), 14 (DRS 14 - São João da Boa Vista), 15 (DRS 15 - São José do Rio Preto), 16 (DRS 16 - Sorocaba), 17 (DRS 17 - Taubaté).

**Figura 9.** Variabilidade espacial das classes de irradiância solar média de janeiro a junho no Estado de São Paulo.

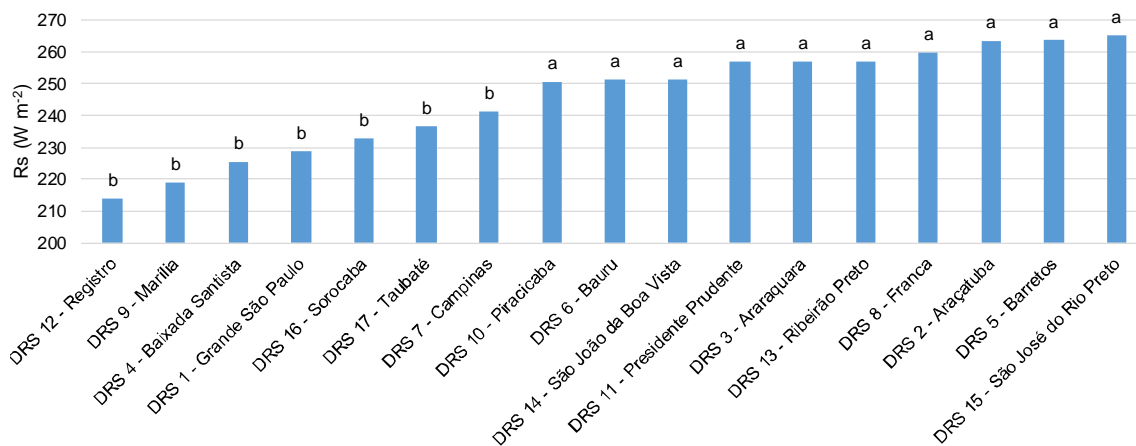


Sendo que 1 (DRS 1 - Grande São Paulo), 2 (DRS 2 - Araçatuba), 3 (DRS 3 - Araraquara), 4 (DRS 4 - Baixada Santista), 5 (DRS 5 - Barretos), 6 (DRS 6 - Bauru), 7 (DRS 7 - Campinas), 8 (DRS 8 - Franca), 9 (DRS 9 - Marília), 10 (DRS 10 - Piracicaba), 11 (DRS 11 - Presidente Prudente), 12 (DRS 12 - Registro), 13 (DRS 13 - Ribeirão Preto), 14 (DRS 14 - São João da Boa Vista), 15 (DRS 15 - São José do Rio Preto), 16 (DRS 16 - Sorocaba), 17 (DRS 17 - Taubaté).

**Figura 10.** Variabilidade espacial das classes de radiação solar média diária de julho a dezembro no Estado de São Paulo.

A irradiância solar média anual nas DRS's 15, 5, 2, 8, 13, 3, 11, 14, 6 e 10 ( $257,61 \text{ W m}^{-2}$ ) foi significativamente superior que as DRS's 7, 17, 16, 1, 4, 9 e 12 ( $228,23 \text{ W m}^{-2}$ ) (Figura 11).





**Figura 11.** Comparação entre as médias anuais de irradiância solar entre as diferentes DRS do estado de São Paulo entre 2010 e 2017 ( $p < 0,05$  pelo teste de Scott-Knott e coeficiente de variação igual a 1,2%).

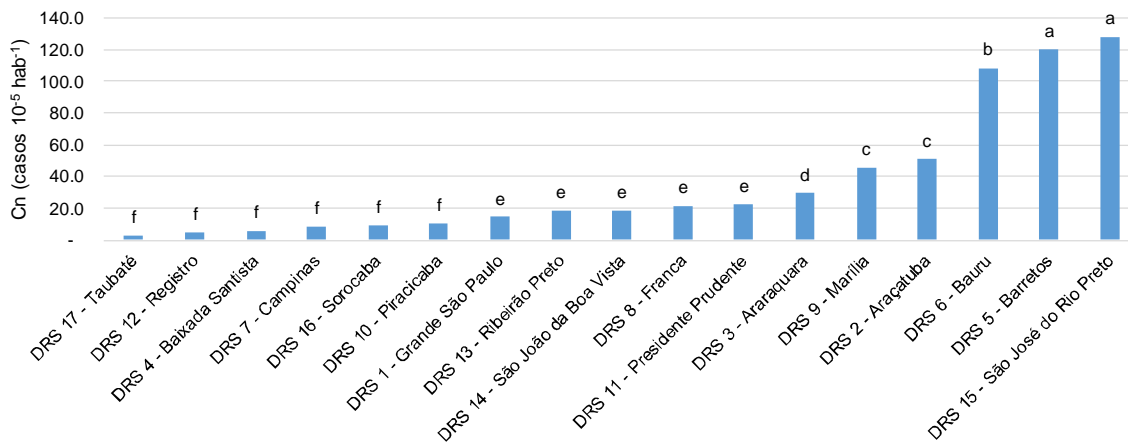
A irradiância solar média nas regiões de maior exposição foi 12,9% superior que nas de menor exposição.

Estes resultados concordam com o mapa de distribuição da irradiação normal no Brasil elaborado por World Bank Group (2017), em que a radiação solar média no Estado de São Paulo, tende a aumentar de Sudeste para Noroeste.

Este fato está relacionado com a variação climática no Estado de São Paulo de Sudeste (Litoral) para o Noroeste (divisa com Mato Grosso do Sul e Triângulo Mineiro). Nessa direção, os climas variam de mais chuvosos para os mais secos (ROLIM et al., 2007), resultando em maior atenuação da intensidade da irradiância solar pelas nuvens.

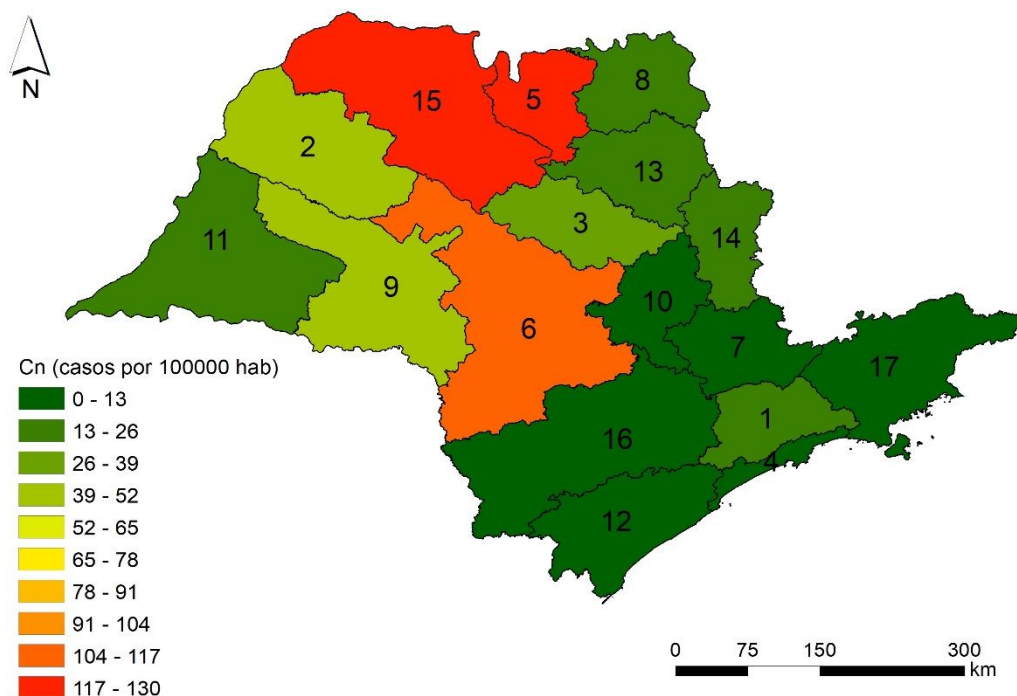
## 5.2 Neoplasias de Pele

O número relativo médio anual de casos de neoplasias foi significativamente superior nas DRS's 15 e 5 (média de 124,2 casos por 100 mil habitantes), seguido da DRS 6 (média de 108,6 casos por 100 mil habitantes), DRS's 2 e 9 (média de 48,1 casos por 100 mil habitantes), DRS 3 (média de 29,5 casos por 100 mil habitantes), DRS's 11, 8, 14, 13 e 1 (média de 19,0 casos por 100 mil habitantes) e das DRS's , 10, 16, 7, 4, 12 e 17 (média de 6,9 casos por 100 mil habitantes) (Figura12).



**Figura 12.** Comparação entre as médias anuais de casos de neoplasias (cn) no Estado de São Paulo entre 2010 e 2017 ( $p < 0,05$  pelo teste de Scott-Knott e coeficiente de variação igual a 1,2%).

Observa-se que as DRS's 5 e 15 de maior incidência de casos de neoplasias se localizam na região Norte e Nordeste do Estado de São Paulo, com variações de 177 a 130 casos por 100 mil habitantes (Figura 13).



Sendo que 1 (DRS 1 - Grande São Paulo), 2 (DRS 2 - Araçatuba), 3 (DRS 3 - Araraquara), 4 (DRS 4 - Baixada Santista), 5 (DRS 5 - Barretos), 6 (DRS 6 - Bauru), 7 (DRS 7 - Campinas), 8 (DRS 8 - Franca), 9 (DRS 9 - Marília), 10 (DRS 10 - Piracicaba), 11 (DRS 11 - Presidente Prudente), 12 (DRS 12 - Registro), 13 (DRS 13 - Ribeirão Preto), 14 (DRS 14 - São João da Boa Vista), 15 (DRS 15 - São José do Rio Preto), 16 (DRS 16 - Sorocaba), 17 (DRS 17 - Taubaté).

**Figura 13.** Mapa do número médio anual de casos de neoplasias nas DRS do Estado de São Paulo entre 2010 e 2017.

Em contrapartida, as menores incidências ocorrem nas DRS's localizadas na região oposta Sul e Sudeste, com até 13 casos por 100 mil habitantes. Estes

resultados foram semelhantes aos observados por Amancio e Nascimento (2014), que ao avaliar a distribuição espacial da taxa de melanoma cutâneo no Estado de São Paulo, verificaram que as taxas de incidência decresceram na ordem Norte, Noroeste, Sudoeste e Sudeste do Estado, correspondendo aos municípios de São José do Rio Preto, Ribeirão Preto, Araraquara, Bauru, Marília e parte de Sorocaba.

Este é um fato preocupante, principalmente nas regiões das DRS's de maior incidência de radiação, pois os melanomas cutâneos resultam em significativa morbidade, devido a alta possibilidade de metástase (SOUZA et al., 2009). O mesmo autor ainda ressalta que essa característica justifica as campanhas e os investimentos para prevenção ao câncer de pele, que devem ser empreendidos tanto por médicos quanto pelos serviços públicos.

### 5.3 Correlação radiação solar e neoplasias de pele

Em todos os meses avaliados houve altas significâncias ( $p < 0,01$ ) do número relativo de casos de neoplasias em função da irradiância solar ao longo do ano, em que na maioria dos meses o melhor ajuste foi o exponencial (Tabela 4), com coeficientes de correlação variando, segundo a classificação de Hopkins (2000), de alto ( $r = 0,5$  a  $0,7$ ) a muito alto ( $r = 0,7$  a  $0,9$ ).

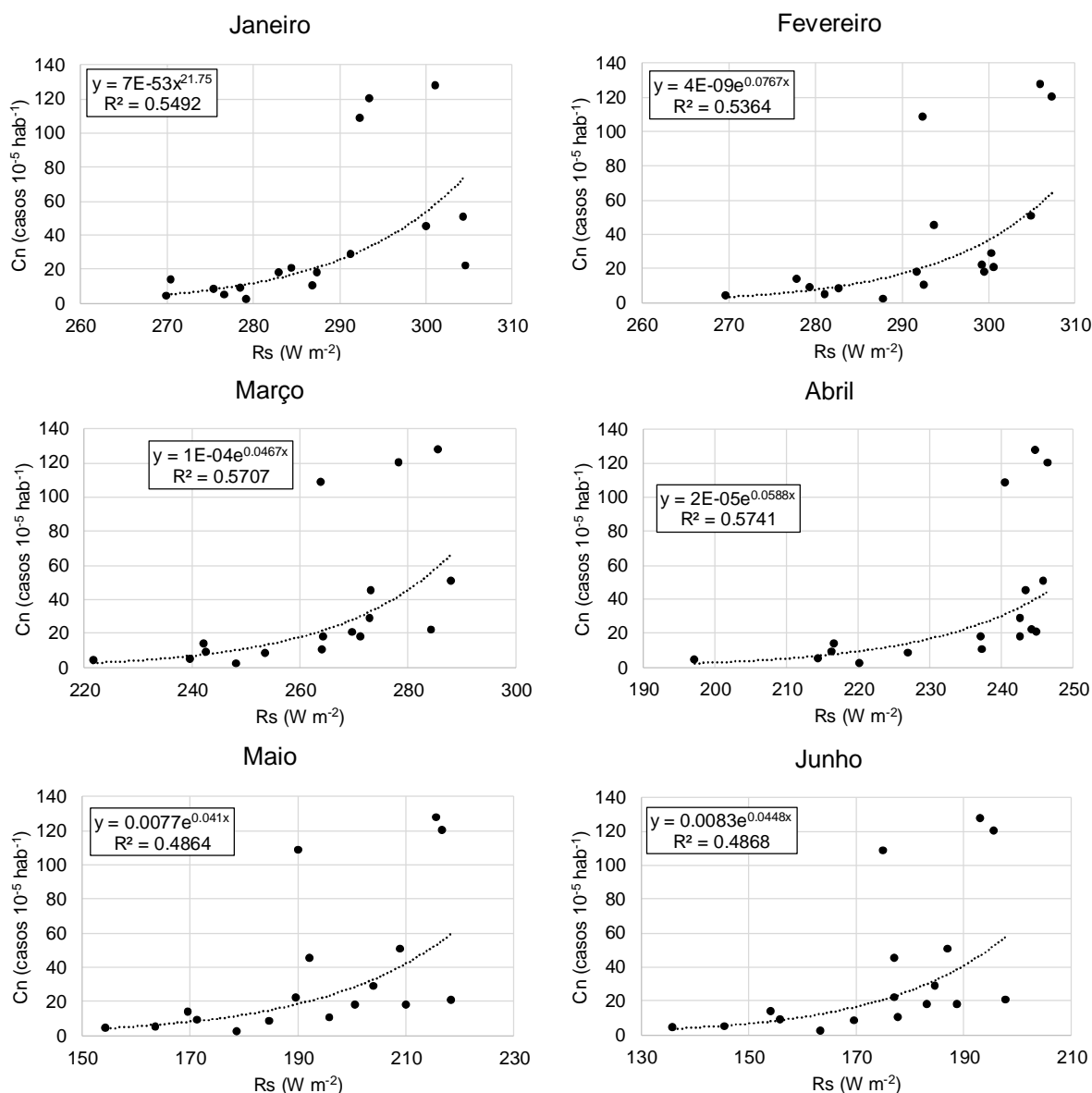
**Tabela 4.** Significância estatística ( $p$ ) para a análise de variância e melhores modelos ajustados de casos médios anuais de neoplasias em função da radiação solar média mensal.

Mês	Valor de $p$	Modelo de ajuste	$r$	$r^2$
Janeiro	<0,01	Potência	0,741	0,549
Fevereiro	<0,01	Exponencial	0,732	0,536
Março	<0,01	Exponencial	0,755	0,570
Abril	<0,01	Exponencial	0,758	0,575
Maio	<0,01	Exponencial	0,697	0,486
Junho	<0,01	Exponencial	0,698	0,487
Julho	<0,01	Exponencial	0,702	0,493
Agosto	<0,01	Exponencial	0,708	0,501
Setembro	<0,01	Exponencial	0,624	0,389
Outubro	<0,01	Exponencial	0,722	0,521
Novembro	<0,01	Exponencial	0,753	0,567
Dezembro	<0,01	Exponencial	0,717	0,514

OBS:  $r$  (coeficiente de correlação);  $r^2$  (coeficiente de determinação).

Somente no mês de janeiro, o melhor ajuste observado foi potencial (Tabela 4). Os resultados demonstram o potencial da exposição a irradiância solar em impactar ocorrência de neoplasias de pele na população.

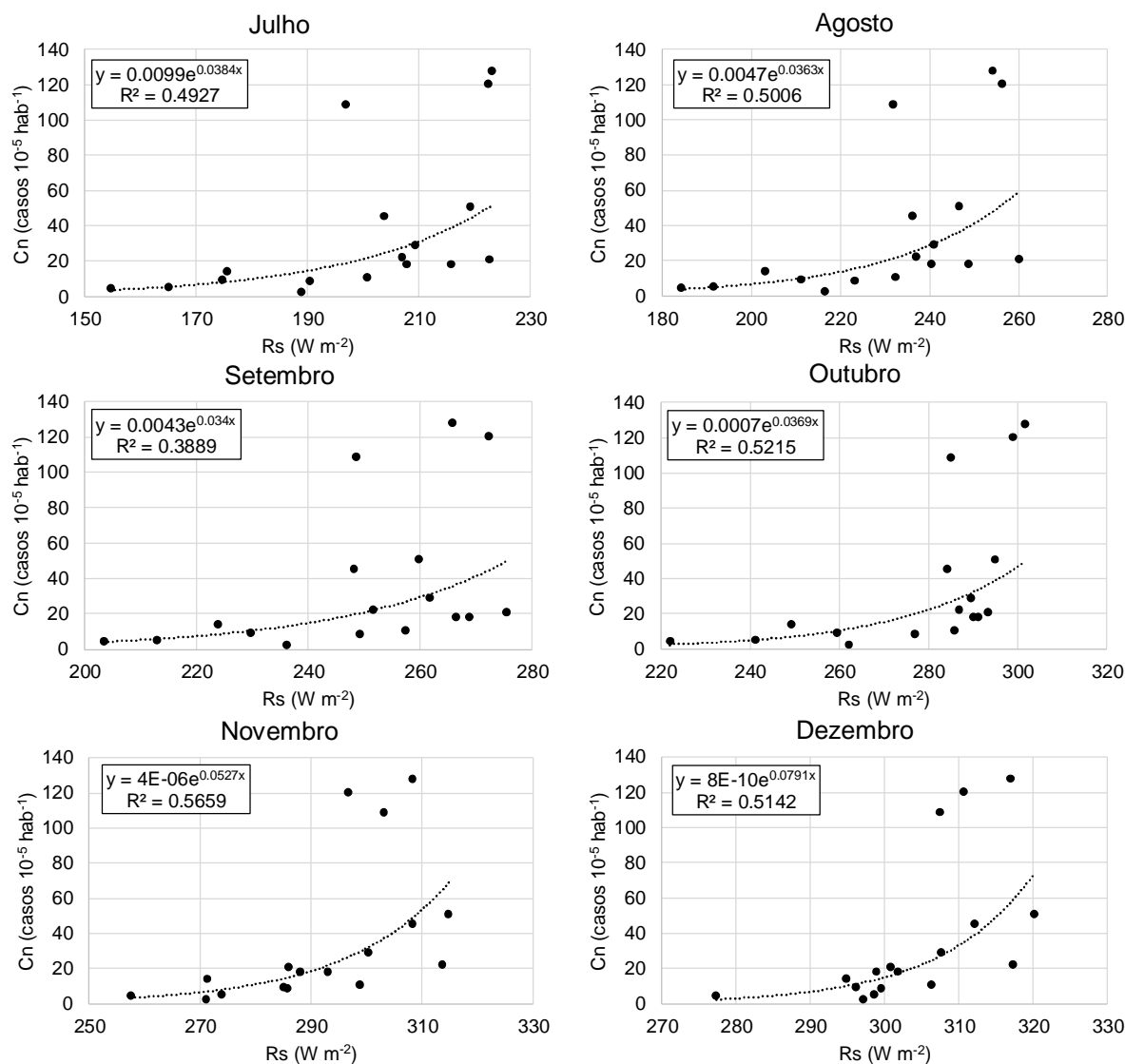
Nas Figuras 14 e 15 estão apresentados os modelos ajustados para os meses, observando-se que quanto mais próximo do inverno, há uma tendência de maiores números de casos esperados com uma irradiância solar mais baixa do que mais próximo do verão.



**Figura 14.** Melhores modelos ajustados do número médio anual de casos de neoplasias (Cn) em função da irradiação solar média mensal (Rs) de janeiro a junho.

De acordo com os modelos (Figuras 14 e 15), em anos com irradiâncias solares variando de 280 a 300 W m<sup>-2</sup>, durante os meses de verão (dezembro a março), e de

160 a 240  $W m^{-2}$ , nos meses de inverno (junho a setembro), espera-se um valor anual esperado acima de 15 casos de neoplasias por 100.000 habitantes.

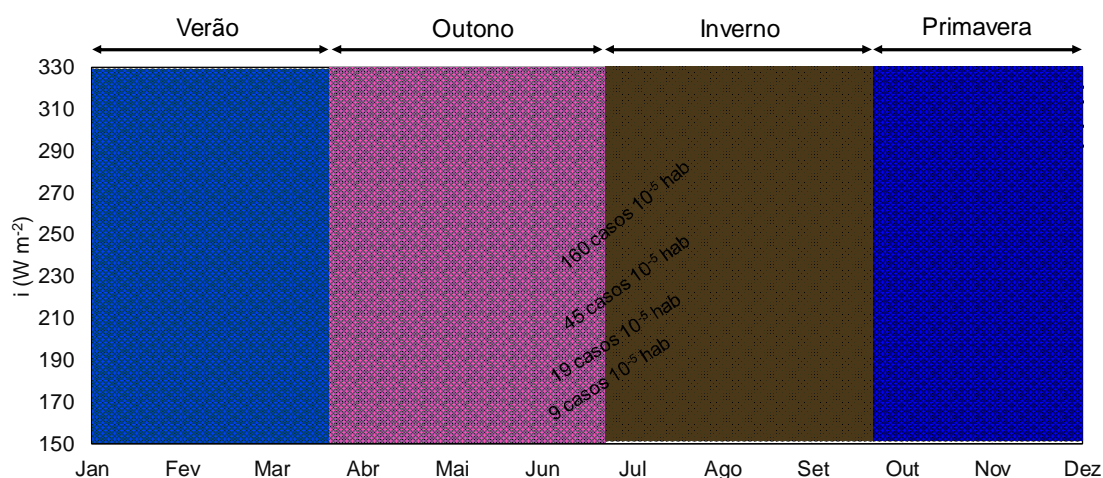


**Figura 15.** Melhores modelos ajustados do número médio anual de casos de neoplasias em função da radiação solar média mensal de julho a julho.

O alto potencial da radiação solar em causar neoplasias de pele está relacionado a capacidade destrutiva da radiação UV nas células da pele. Isso ocorre porque, mesmo após a camada de ozônio ter absorvida toda a radiação UVC e a maior parte da radiação UVB, um residual da radiação UVB que atinge a superfície terrestre é absorvida por proteínas e DNA, em quantidade suficiente para matar células desprotegidas (GRUIJL, 1999).

Estes resultados podem ser confirmados a partir da construção da Figura 16, elaborada pela simulação de irradiâncias solares mensais necessárias em cada

estação do ano para atingir os valores dos quartis e extremos do número de casos anuais de neoplasias de pele.



**Figura 16.** Variabilidade da irradiância solar necessária para atingir o quartil 1 (9 casos  $10^{-5}$  hab), o quartil 2 (19 casos  $10^{-5}$  hab), o quartil 3 (45 casos  $10^{-5}$  hab) e extremo superior (160 casos  $10^{-5}$  hab) dos casos relativos médios anuais ao longo das estações do ano, simuladas a partir dos modelos obtidos em cada mês.

Pelos resultados da Figura 16 verifica-se que, para alcançar o quartil 2 (mediana) dos casos médios anuais de neoplasias de pele (19 casos por 100 mil habitantes) é necessário irradiâncias solares médias mensais variando de 260 a 286  $W m^{-2}$  no verão, 173 a 234  $W m^{-2}$  no outono, 197 a 247  $W m^{-2}$  no inverno e 277 a 302  $W m^{-2}$  na primavera.

Da mesma forma que a irradiância solar aumenta nos períodos de primavera e verão, há também o aumento proporcional da radiação UV. Correa (2015) observou que a radiação UVB atinge valores médios aproximados de 2,8, 3,3 e 3,5% do total de radiação UV nos meses de setembro, março e dezembro na cidade de São Paulo, mas cai para 2,5% no mês de junho. Também Vanzela et al. (2014) observaram, para o Noroeste Paulista, índices de UV extremos nos meses de outubro a março (índice UV acima de 10,5), muito altos nos meses de abril e setembro (índice UV entre 7,5 e 10,5), altos nos meses de maio, julho e agosto (índice UV entre 5,5 e 7,5) e moderados em junho (índice UV entre 2,5 e 5,5).

Isso ocorre porque durante no solstício de verão no hemisfério sul, a declinação solar atinge justamente  $23^{\circ}$  Sul, com incidência direta da radiação solar sobre a região Sudeste, resultando em um dos maiores índices UV do Brasil (CORRÊA, 2015).

Esta situação geográfica é preocupante quando se trata de neoplasias de pele, pois a área de abrangência do Estado de São Paulo está entre as latitudes  $20^{\circ}$  e  $25^{\circ}$

Sul, em que durante a primavera e verão, expõe sua população a uma das maiores irradiâncias solares e índices UV do país.

Por outro lado, as regiões mais vulneráveis as irradiâncias solares (Noroeste, Norte e Oeste do Estado de São Paulo), que proporcionam os altos índices de neoplasias de pele, são justamente as que possuem como base da economia a agropecuária, sendo uma das mais fortes do país (SEADE, 2017).

Assim, ao associar as altas insciência de radiação solar nestas regiões do Estado à grande demanda de trabalho no setor agropecuário, é imprescindível que os órgãos de fiscalização do trabalho e de gestão em saúde pública promovam estratégias eficientes de prevenção (com os usos de equipamentos de proteção individual), diagnóstico (programas de assistência à saúde) e tratamento das neoplasias de pele.

## 6 CONCLUSÕES

Os meses de maior irradiância solar média no Estado de São Paulo foram fevereiro, novembro e dezembro, enquanto julho foi o de menor irradiância solar média.

Pela distribuição espacial, as regiões de maior irradiância solar média no Estado de São Paulo foram as Noroeste e Oeste, com áreas de abrangência dos Departamentos Regionais de Saúde de São José do Rio Preto, Araçatuba e Presidente Prudente. A região Sul com área de abrangência do Departamento Regional de Saúde de Registro foi a de menor irradiância solar do Estado.

Pela distribuição espacial dos casos de neoplasias de pele, a região Noroeste e Norte do Estado de São Paulo nas áreas de abrangência dos Departamentos Regionais de Saúde de São José do Rio Preto e Barretos foram os de maior média de casos de neoplasias de pele.

A correlação entre os casos anuais de neoplasias e irradiância solar média foi significativa em todos os meses do ano. Os modelos matemáticos foram eficazes em prever os casos de neoplasias em função da irradiação para todos os meses e os melhores ajustes para a maioria dos meses foi no modelo exponencial.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMANCIO, C. T.; NASCIMENTO, L. F. C. Melanoma cutâneo no Estado de São Paulo: uma abordagem espacial. **An. Bras Dermatol**, Rio de Janeiro, v.89, n.3, p.442-6. maio/jun. 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-05962014000300442](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-05962014000300442)>. Acesso em: 10 jan. 2019.

ARAÚJO, T. S.; SOUZA, S. O. de. Protetores solares e os efeitos da radiação ultravioleta. **Scientia Plena**, v.4, n.11. 2008. Disponível em: <[http://www.consultaesic.cgu.gov.br/busca/dados/Lists/...RECURSO\\_1\\_Scientia%20Plena.pdf](http://www.consultaesic.cgu.gov.br/busca/dados/Lists/...RECURSO_1_Scientia%20Plena.pdf)>. Acesso em: 21 jan. de 2019.

ARNOLD, H. L.; ODOM, R. B.; JAMES, E. D. **Doenças da Pele Andrews - dermatologia Clínica**. 8.ed. São Paulo: Manole, 1995.

ASSUNÇÃO, H. F. da. **Modelo paramétrico para estimação da radiação solar ultravioleta**. 2003, 147f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu/SP, 2003.

BALOGH, T. S.; VELASCO, M. V. R.; PEDRIALI, C. A.; KANEKO, T. M.; BABY, A. R. Proteção à radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade em fotoproteção. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v.86, n.4, p.732-742. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abd/v86n4/v86n4a16.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2019.

BARBOSA, F. de. S. **Modelo de impedância de ordem fracional para a resposta inflamatória cutânea**. 2011. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Biomédica) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <[http://www.peb.ufrj.br/teses/Tese0140\\_2011\\_06\\_29.pdf](http://www.peb.ufrj.br/teses/Tese0140_2011_06_29.pdf)>. Acesso em: 22 jan. 2019.

BARDINI, G.; LOURENÇO, D.; FISSMER, M. C. Avaliação do conhecimentos e hábitos de pacientes dermatológicos em relação ao câncer da pele. **Arq. Catarin. Med.**, v.41, n.2, p.56-63, 2012. Disponível em: <<http://periodicos.uern.br/index.html>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

BEZERRA, F. F. **Dermatologia clínica e estética: ABCDE do melanoma**. 2011. Disponível em: <<http://clinicafb.blogspot.com.br/2011/07/abcde-do-melanoma.html>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

BITTENCOURT, V.; VIANA, L.. Melanoma na infância e Nevo Melanocítico Congênito. In: WAINSTEIN, A. J. A. (Org.). **Melanoma: Prevenção, Diagnóstico, Tratamento e acompanhamento**. 2.ed. São Paulo: Atheneu, 2014. p 49-50

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CAMPOS, E. C. R.; SIMÕES, J. C.; KAMEI, D. J.; SANTOS, F. M. R.; PINHEIRO, E. B. A.; BALDISSERA, R. L. Análise do perfil epidemiológico, clínico e patológico de pacientes portadores de câncer de pele não melanoma tratados no Hospital Universitário Evangélico de Curitiba. **Revista Médica Res**, v.13, n.4, p.251-260, 2011.

CASTILHO, I. G.; SOUSA, M. A. A.; LEITE, R. M. S. Fotoexposição e fatores de risco para câncer de pele: uma avaliação de hábitos e conhecimentos entre estudantes universitários. **Rev. Anais Brasileiros de Dermatologia**, Rio de Janeiro, v.82, n.2, p. 173-178. Mar./abr. 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-05962010000200007](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-05962010000200007)>. Acesso em: 21 jan. de 2019.

COARITI, J. R. **Características da Radiação Ultravioleta Solar e seus efeitos na saúde humana nas cidades de La Paz – Bolívia e Natal – Brasil**. 2017. 109f. Tese (Doutorado em Ciências Climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/24952>>. Acesso em: 21 jan. 2019.

CORREA, M. P. Solar ultravioleta radiation: properties characteristics and amounts observed in Brazil and South America. **An Bras Dermatol**, v.90, n.3, p.297-313, 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/279732003\\_Solar\\_ultraviolet\\_radiation\\_properties\\_characteristics\\_and\\_amounts\\_observed\\_in\\_Brazil\\_and\\_South\\_America](https://www.researchgate.net/publication/279732003_Solar_ultraviolet_radiation_properties_characteristics_and_amounts_observed_in_Brazil_and_South_America)>. Acesso em: 05 dez. 2018.

COSTA, H. R. A modelagem matemática através de conceitos científicos. **Ciências & Cognição**, v.14, n.3, p.114-133. 2009. Disponível em: <[http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid...58212009000300010](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid...58212009000300010)>. Acesso em: 21 jan. de 2019.

COUTEAU, et. al. **International Journal of Pharmaceutics**, v.222, p. 153-7, 2001.

ESTUPINAM, J. G. et al. Effects of clouds and haze on UV-B radiation. **Journal of Geophysical Research**, v.101, n.11, p.16807-16816. 1996.  
FITZPATRICK, T. B. The validity and practicality of sunreactive skin types I through VI. **Archives of Dermatology**, v.124, p.869- 71, 2000.

FOSP. Fundação Oncocentro de São Paulo. **Registro hospitalar de câncer**: banco de dados. São Paulo: FOSP, 2018. Disponível em: <<http://www.fosp.saude.sp.gov.br>>. Acesso em: 15 maio 2018.

GALLAGHER, R. P.; LEE, T. K. Adverse effects of ultraviolet radiation: brief review. **Prog. Biophys Mol Biol**, v.92, p.119-131, 2006.

GOMEZ, J. M. R.; CARLESSO, F.; VIEIRA, L. E.; SILVA, L. da. A Irradiância Solar: conceitos básicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.40, n.3, p.3312. 2018. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rdef/v40n3/1806-9126-RBEF-40-3-e3312.pdf>>. Acesso em: 10 dez. de 2018.

GON, A. S.; MINELLI, L.; GUEMBAROVSKI, A. L. Melanoma Cutâneo primário em Londrina. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, n.76, p.413-26, 2001.

GRAAFF, K. M. V. de. **Anatomia Humana**. Barueri: Manole, 2003.

GRUIJL, F.R. Photocarcinogenesis: UVA vs UVB. **Methods Enzymol**, v.319, p.359-366. 1999.

GUIMARÃES, A. S. A. Raça, cor, cor da pele e etnia. **Cadernos de Campo**, São Paulo, n.20, p.1-360. 2011. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/cadernosdecampo/article/viewFile/36801/39523.pdf>>. Acesso em: 21 jan. de 2019.

HOPKINS, W. G. **A new view of statistics**: internet society for sport science. 2000. Disponível em: <<http://www.sportsci.org/resource/stats/>>. Acesso em: 20 out. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Censo 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 maio. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Estimativas da população residente no Brasil e Unidades da Federação com data de referência em 1º de**

**julho de 2016.** Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <<ftp://ftp.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 maio. 2018.

INCA. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. **Estimativa 2010 – Incidência de Câncer no Brasil.** Rio de Janeiro: INCA, 2010. Disponível em: <<http://www.inca.gov>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

INCA. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. **Estimativa 2016 – Incidência de Câncer no Brasil.** Rio de Janeiro: INCA, 2016. Disponível em: <<http://www.oncoguia.org.br/conteudo/inca-estimativas-de-cancer-2016-2017-sao.../990/pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

INCA. Instituto Nacional de Câncer. **Estimativa 2014:** incidência de câncer no Brasil. Rio de Janeiro: INCA, 2014. Disponível em: <<http://revista.hupe.uerj.br>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente:** uma perspectiva em recursos terrestres. 2.ed. São José dos Campos, SP: Parêntese Editora, 2009. 598p.

KIRCHOFF, V. W. J. H. et al. Variação sazonal da radiação ultravioleta solar biologicamente ativa. **Revista Brasileira de Gel. Física**, v.18, n.1, p.63-74. 2000. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-261X2000000100006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-261X2000000100006&script=sci_arttext)>. Acesso em: 11 dez. 2018.

KONRAD, P.; FABRIS, M. R.; MELÃO, S.; BLANCO, L. F. O. Perfil epidemiológico e histopatológico dos casos de melanoma cutâneo primário diagnosticados em Criciúma no período entre 2005 e 2007. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v.86, n.3, p.457-461. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abd/v86n3/v86n3a06.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2018.

LEESON, T. **Texto/Atlas de histologia.** México: Nueva Editorial Interamericana, 1988.

MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B.; ABREU, S. L.; COLLE, S. Mapas de irradiação solar para o Brasil – Resultados do projeto SWERA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 16 - 21 abril 2005, Goiania. **Anais...** Goiania: INPE, 2005. p.3137–3145. Disponível em: <[http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/eventos/XIISBSR\\_2005\\_Goiania\\_3137\\_SWERA\\_FRMartins\\_etal.pdf](http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/eventos/XIISBSR_2005_Goiania_3137_SWERA_FRMartins_etal.pdf)>. Acesso em: 05 jan. 2019. <<http://medico-residente/.../122>>. Acesso em: 15 jan. de 2019.

MENDONÇA, G. A. S. Risco crescente de melanoma de pele no Brasil. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v.26, n.4, p.290-294. 1992. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v26n4/12.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2019.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de (orgs). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília, DF: UnB/CNPq, 2012.

NARAYANAN, D. L.; SALADI, R. N.; FOX, J. L. Ultraviolet radiation and skin cancer. **International Journal of Dermatology**, v.49, p.978-986. 2010. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20883261...>>. Acesso em: 18 jan. 2019.

NEO. **NASA Earth Observations. Solar insolation (1 month)**. Washington: NASA, 2018. Disponível em: <<https://neo.sci.gsfc.nasa.gov>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

NOHYNEK, G. J.; SCHAEFER, H. Benefit and risk of organic ultraviolet filters. **Regul Toxicol Pharmacol**. v.33, p.285-299. 2001.

NOURY, K. **Skin Cancer**. São Paulo: McGraw Hill, 2007.

OKIDA, F.; MADALOSSO, G.; SOUZA, T. L.; POUZA, C. E. T.; SCAFF, A.; ROMITI, N. **Estudo da prevalência de casos de câncer de pele e análise da eficácia da proteção solar na prevenção de lesões causadas por radiação ultravioleta em uma amostra da população**. 2001. Disponível em: <<http://www.anaisdermatologia.org.br/detalhe-artigo/10374/Estudo-da-prevalencia-de-casos-....>>. Acesso em: 21 jan. 2019.

OKUNO, E.; NAKAJIMA, T.; YOSHIMURA, E. M.; HODO, F.; FAUSTO, A. M. F.; PAES, W. S.; UMISED, N. K.; OTSUBO, E. S. Radiação Ultravioleta solar em São Paulo, Chiba, Calafate e Ilha de Páscoa. **Revista Brasileira Engenharia**, v.12, n.3, p.36-39, 2005.

OLIVEIRA, M. M. D.; OLIVEIRA, I. M. A. **A influência da radiação ultravioleta na incidência de câncer de pele no Estado do Paraná (uma introdução)**. 2011. Disponível em: <<http://observatoriogeografico.org.max/egal/II/Geografiasocioeconomica/.../01.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2018.

PETRI, V. **Fotobiologia: conceitos básicos**. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo - Escola Paulista de Medicina - Departamento de Dermatologia, 2005. Disponível em: <<http://unifesp.br/lai-invi>>. Acesso em: 17 jan. 2019.

PINTO, T. S. N. **Aplicação de campos magnéticos livres de força na explosão solar de 13 de dezembro de 2006**. 2010. 87f. Dissertação (Mestre em Astrofísica) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 2010.

PIRES, C. A. A.; FAYAL, A. P.; CAVALCANTE, R. H.; FAYAL, S. P.; LOPES, N. S. FAYAL, F. P.; SANTOS, M. A. L. dos. Câncer de pele: caracterização do perfil e avaliação da proteção solar dos pacientes atendidos em serviços universitários. **J. Health Biol Sci**, v.6, n.1, p.54-59. 2018. Disponível em: <<http://periodicos.unichristus.edu.br/index.php/jhbs/article/view/1433>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

POPIN, R. C.; CORRENTE, J. E.; MARINO, J. A. G.; SOUZA, C. A. Câncer de pele: uso de medidas preventivas e perfil demográfico de um grupo de risco na cidade de Botucatu. **Ciênc. Saúde Coletiva**, v.13, n.4, p.1331-1336. 2008. Disponível em: <<http://periodicos.uern.br/index>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

RENNÓ, F. C.; RENNO, R. C.; NASSIF, P. W. **Atualização em fotoprotetores update on sunscreens**. **Revista Uningá - Pesquisa Ebesco**, v.18, n.3, p.56-61, abr./jun. 2014. Disponível em: <<http://www.mastereditora.com.br/review>>. Acesso em: 19 jan. 2019.

RISI JUNIOR, J. B.; NOGUEIRA, R. P. As condições de saúde no Brasil. In: FILKELMAN, J. (Org.) **Caminhos da Saúde Pública no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora da Fiocruz, 2002.

ROBINSON, J. K.; RIGEL, D. S.; AMONETTE, R. A. Summertime sun protection used by adults for their children. **J. Am. Acad. Dermatol**, v.42, p.746-753. 2000.

RODRIGUEZ, A. G.; PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L. J. RUTHER, R.; ABREU, S. L.; TIÉPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G.. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 88p. (E-Book).

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, v.66, n.4. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052007000400022](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052007000400022)>. Acesso em: 05 jan. 2019.

SÃO PAULO. Governo do Estado de. **Estado de São Paulo segundo Departamentos de Saúde, 2012**. 2012. Disponível em:

<<http://www.saude.sp.gov.br/ses/institucional/departamentos-regionais-de-saude/regionais-de-saude>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

SAPUCCIL, E. V.; COSTA, S. M. S. **Estudo sobre o monitoramento dos níveis de radiação ultravioleta sobre o Brasil**. Cachoeira Paulista: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2012.

SBD. Sociedade Brasileira de Dermatologia. **Câncer da pele**. 2017. Disponível em: <<http://www.sbd.org.br/dermatologia/pele/doencas-e-problemas/cancer-da-pele/64/>>. Acesso em: 13 jan. 2019.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. **PIB Regional: 1º trimestre de 2017**. São Paulo: Fundação SEADE, 2017. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

SILVA, A. C. **Meio ambiente e saúde humana: variabilidade temporal da radiação ultravioleta e epidemiologia do câncer de pele na Região Oeste do Estado de São Paulo**. 2007, 132 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Presidente Prudente, 2007.

SOARES, H. B. **Análise e classificação de imagens de lesões de pele por atributos de cor, forma e textura utilizando máquina de vetor de suporte**. 2008. Disponível em: <[http://www.repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/15118/.../HekianaBS\\_TESE.pdf](http://www.repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/15118/.../HekianaBS_TESE.pdf)>. 13 jan. de 2019.

SOUZA, R. J. S. P. et al. Estimativa do custo do tratamento de câncer de pele tipo melanoma no Estado de São Paulo – Brasil. **An Bras Dermatol**. Ribeirão Preto, v.84, n.3, p.237-243. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abd/v84n3/v84n03a04.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2018.

SPENCE, R. A. J.; JOHNSTON, P. G. **Oncologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

TOFETTI, M. H. F. C.; OLIVEIRA, V. R. de. A importância do uso do filtro solar na prevenção do fotoenvelhecimento e do câncer de pele. **Revista Investigação**, v.6, n.1. 2006. Disponível em: <<http://publicacoes.unifran.br/index.php/investigacao/article/view/183/137>>. Acesso em: 19 jan. 2019.

TORTORA, G. J.; DERRICKSON. B. **Princípios de Anatomia e Fisiologia**. 14.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

VANZELA, K. R.; ROSSI, I. B.; LUIZ, K. M. P.; VANZELA, L. S.; SILVEIRA, V. M. R. Índice de radiação ultravioleta no Noroeste Paulista e uso de protetores solares. In: CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14., 2015, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SEMESP, 2014. v. 2. p.1-7.

VERONESE, L. A.; CORRENTE, J. E.; MARQUES, M. E. A. Critérios histopatológicos para diagnóstico de melanoma maligno cutâneo: análise comparativa de sua frequência em lesões benignas e melanomas de pequena espessura (< 2 mm). **J. Bras. Patol. Med. Lab.**, v.43, n.5, p.363-368, out. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jbpml/v43n5/a09v43n5.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

VIRCHOW, R. L. K. **Cellular Pathology**: as Based Upon Physiological and Pathological Histology. 2.ed. London: John Churchill, 1860.

WHO. World Health Organization. **Health effects of UV radiation**. Geneva: WHO, 2003. Disponível em: <<http://www.who.int/uv/health/en/index.html>>. Acesso em: 17 dez. de 2018.

WORLD BANK GROUP. **World Bank Annual Report**. Washington: D.C. World Bank Group, 2017. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/en/143021506909711004/World-BankAnnual-Report-2017>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

WORLD ENERGY RESOURCES. **World Energy Council - England and Wales**. 2013. Disponível em: <[www.worldenergy.org](http://www.worldenergy.org)>. Acesso em: 01 dez. 2018.

ZARATTI, F. **La Radiación Ultravioleta em Bolívia**. La Paz: OPS/OMS – (IIF-UMSA), marzo 2003, p. 57-75, 123.

ZINK, B. S. Câncer de pele: a importância do seu diagnóstico, tratamento e prevenção. **Revista Hupe**, Rio de Janeiro, v.13 (supl.1), p.76-83. 2014. Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/revistahupe/article/viewFile/.../9763.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2019.