



ESTIMATIVA DA DISTRIBUIÇÃO DO BALANÇO DE RADIAÇÃO GLOBAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBUNA, MG/RJ, E SUAS CORRELACOES COM ATRIBUTOS DO MEIO FÍSICO

Daiane Evangelista de OLIVEIRA
Discente do curso de Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora
(daiane.evangelista.oliveira@gmail.com)

Cássia de Castro Martins FERREIRA
Prof^a. Adjunta do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Juiz de Fora
(cássia.castro@ufjf.edu.br)

Rua José Lourenço Kelmer, s/n - Campus Universitário Bairro São Pedro, Juiz de Fora - MG, 36036-900

RESUMO

A radiação é a fonte primária de energia da Terra. Esta pode ser aproveitada de diversas formas, dentre as quais captura pela biomassa e aquecimento de água e ar para fins domésticos ou industriais. Assim, há a necessidade de conhecê-la para chegar ao máximo de aproveitamento. O trabalho objetiva realizar o levantamento e a distribuição da radiação global ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna-MG/RJ e correlacioná-la com atributos do meio físico. Para este, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento, como o software ArcGIS 10, onde a partir da ferramenta *area solar radiation*, foi feito o processamento da imagem SRTM, obtendo o balanço de radiação. Como resultado observou-se que as áreas mais elevadas e as vertentes voltadas para a direção sudeste e noroeste são as que apresentaram os maiores valores de radiação.

Palavras-Chave: Radiação global, geoprocessamento, morfologia do terreno

ABSTRACT

Radiation is the primary source of energy on Earth. This can be exploited in several ways, among which captures the biomass and hot water and air to domestic or industrial purposes. Thus, there is a need to know it to get the maximum advantage. The paper aims to survey and distribution of global radiation along the River Basin Paraibuna-MG / RJ and correlate it with the attributes of the physical environment. For this, we used GIS techniques, such as ArcGIS 10 software, which from the tool *area solar radiation* was made SRTM image processing, obtaining the radiation balance. As a result it was observed that the higher areas and slopes facing toward the southeast and northwest are the ones that showed the highest radiation.

Keywords: Global radiation, geoprocessing, terrain morphology

Introdução

A zona térmica “Tropical” apresenta limites rígidos, estando compreendida entre os 23°27'33" ao norte e ao sul do Equador, corresponde a 46% da superfície

total do globo e estão longe de serem homogêneas. Pouco mais de 10% da população mundial a habita, e a civilização chegou tarde a esta área. A posição latitudinal em que se encontra implica em uma realidade climática onde ocorrem, portanto influências da “*tropicalidade*” (CONTI, 1989).

Dentre as características da “*tropicalidade*” (CONTI, 1989) destaca a posição privilegiada em relação ao recebimento da radiação solar, que faz concentrar o calor nestas latitudes, dotando-as de um excedente energético muito significativo sobre o restante do planeta.

Estimativas feitas por Houghton (1954) indicam que esse superávit é, no mínimo, cinco vezes maior que o montante recebido pelas latitudes altas, consideradas como tais, aquelas situadas além de 60°. A diferença entre terras e águas quanto a capacidade de absorção e retenção da radiação solar, concorre para que o calor latente se concentre nos oceanos e, como a zona intertropical é dominante mente líquida (apenas 24% das terras emersas situam-se na região tropical) o fluxo de calor latente chega, aí, a ser três vezes superior ao dos mares de latitudes elevadas. Essa importante concentração energética é dado preliminar para o entendimento da natureza tropical (CONTI, 1989, p.70).

A radiação solar é uma das importantes fontes de energia primária para o planeta Terra, sendo considerada força-motriz para muitos processos físicos-químicos-biológicos que ocorrem no sistema Terra-Atmosfera.

Do total de energia que entra no sistema apenas uma pequena parte atinge a superfície terrestre, pois grande parte é dissipada e distribuída pelos componentes da atmosfera terrestre (BAVER, *et al.*, 1972). Esta fração de radiação que chega à superfície pode ser divida em: direta e difusa.

A radiação direta é a parte da energia solar que atravessa a atmosfera e não sofre interações com o volume de matéria, chegando “diretamente” à superfície. Esta é muito variável, pois depende da densidade de fluxo incidente, do tipo, tamanho, número e distribuição espacial (MILLER, 1971, *apud.*, JANUÁRIO, *et al.*, 1992). Já a radiação difusa é a parte da radiação solar que sofreu algum tipo de interação com o volume de matéria e atinge a superfície vinda de outras direções que não aquela do sol.

A radiação solar global é a soma dos componentes direta e difusa e representa a irradiância solar global, podendo ser definida como o total de energia emitida pelo Sol, que incide sobre a superfície terrestre, com comprimento de onda compreendido entre 150 e 4.000nm (ROSENBERG, 1974; SLATER, 1980).

Seus valores instantâneos na superfície sofrem grandes variações temporais e espaciais em função das condições atmosféricas, especialmente umidade e nebulosidade, e também da época do ano e hora do dia, pois ocorre variação da camada da atmosfera a ser atravessada pela radiação solar. Da energia que atinge a superfície terrestre, aproximadamente 10% é utilizada para o aquecimento do solo, sendo de vital importância para os processos ocorrentes no mesmo e no crescimento de plantas (BRADY & WEIL, 1996).

Como uma importante variável meteorológica, fundamental para o desenvolvimento e o crescimento vegetal na agricultura através da captura pela biomassa, além de ser fonte de aquecimento de água e ar para fins domésticos ou industriais, a radiação se mostra como um importante elemento a ser analisado na tomada de decisões a nível de planejamento. Ressaltando à necessidade de conhecê-la para que se possa chegar ao máximo de aproveitamento dos recursos.

A radiação solar vem sendo alvo de pesquisas, as quais, no entanto, são realizadas a partir de dados pontuais, o que é insuficiente para alcançar uma análise espacial da distribuição da mesma. Tal fato pode ser explicado pela forma como os dados são obtidos. A coleta em superfície de dados de radiação é reduzida (se comparados à outros elementos meteorológicos) o que dificulta a sua análise areal, fazendo-se necessário o levantamento destes dados por meio de técnicas que permitam ter uma distribuição areal, viabilizando, correlacionar os dados de radiação com outros atributos do meio físico (THORNTON & RUNNING, 1999; WEISS et al., 2001).

Neste sentido, a proposta deste trabalho foi realizar o levantamento da distribuição da radiação global ao longo da Bacia Hidrográfica, MG/RJ, através de modelos obtidos em softwares de geoprocessamento, os quais simulam a realidade por meio de parâmetros matemáticos, e correlacioná-lo com os atributos do meio do meio físico.

Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, a qual está localizada na Zona da Mata Mineira e Terras Fluminenses adjacentes, na região Sudeste do Brasil, no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro e no Sudeste do estado de Minas Gerais, conforme pode ser observado na Figura 1.

Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna

Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna - MG/RJ

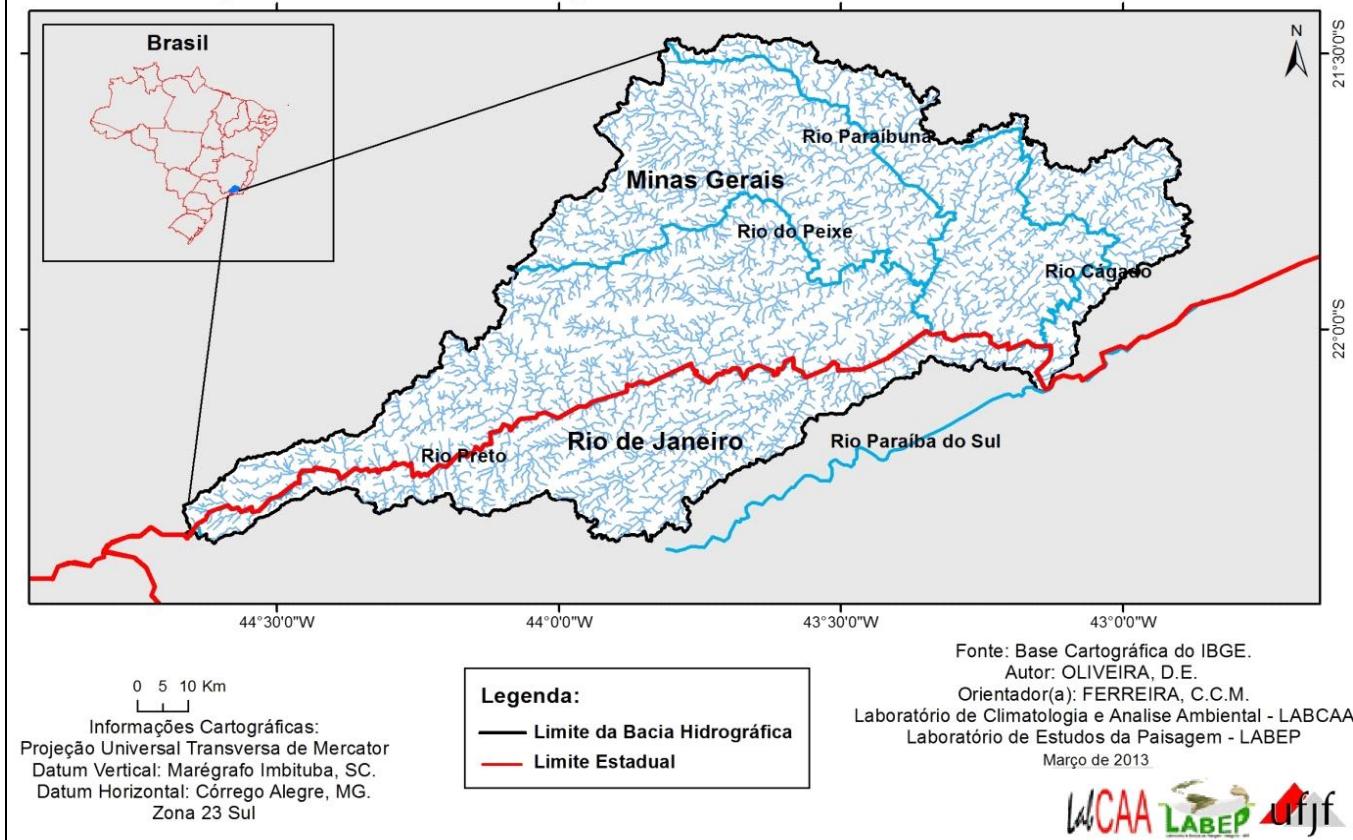


Figura 1: Localização da área de estudo.

A bacia engloba 37 municípios, dentre os quais 9 pertencentes ao estado do Rio de Janeiro e 28 ao estado de Minas Gerais; ocupa uma área de cerca de 8.593 km² e apresenta uma população de cerca de 5.259.067 habitantes (IBGE, Censo Demográfico, 2010).

Associada à ocupação do Vale do Rio Paraíba do Sul, apresenta um histórico de uso da terra que se inicia, desde o final do século XVII. O processo de ocupação humana (pelos povos de origem europeia) na Bacia do Rio Paraibuna seguiu a própria história da ocupação do litoral brasileiro. Tendo seu território configurado seguindo cada processo histórico-econômico e hoje tem como principais atividades econômicas a agropecuária e a indústria.

Com base em imagens aerofotográficas, constata-se que no que tange ao uso e cobertura que vem sendo dada a terra, a bacia apresenta uma vasta área de intervenções antrópicas com alguns fragmentos de vegetação nativa, as quais correspondem às áreas mais elevadas.

A Bacia se localiza na zona térmica *Tropical* (CONTI, 1989) e, portanto, devido a sua posição geográfica sofre influência da tropicalidade. O clima da região possui características diversificadas, sofrendo influência dos aspectos dinâmicos da atmosfera (que incluem os sistemas meteorológicos de micro, meso e grande escalas), assim como das variações nos padrões de uso e cobertura da terra e da sua situação topográfica. Apresenta duas estações climáticas bem diferenciadas: uma que vai de outubro à março, mais quente e chuvosa; e uma que vai de abril à setembro, mais fria e seca; a média anual das precipitações gira em torno de 1536 mm anuais na bacia (INMET, 2012).

A Bacia está inserida no *Domínio Morfoclimático dos Mares de Morro* (AB'SABER, 1970), que se caracteriza por apresentar uma sequência côncavo-convexa e apresenta uma amplitude altimétrica de 2700 metros. As cadeias montanhosas das quais faz parte são a *Serra da Mantiqueira* e a *Serra do Mar*.

Metodologia

Para proceder com a realização do trabalho, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento, como o software ArcGIS 10, onde a partir da ferramenta *Área Solar Radiation*, foi feito o processamento da imagem SRTM da Embrapa, obtendo o balanço de radiação global anual, para o ano de 2012. Ressalta-se que a ferramenta do *Spatial Analyst Tools* não inclui a radiação refletida no cálculo do total de radiação, somente a radiação direta e difusa.

Devido ao fato de a distribuição da radiação em escala local ser influenciada pela topografia, formas do terreno, pela orientação e inclinação das vertentes do relevo e também os efeitos da latitude poderem ser simulados em pequenas escalas por meio de mudanças na exposição do terreno e no grau de declividade, sendo essas diferenças em exposição de significância ecológica, agrícola e florestal (BAVER et al., 1972), como um plano de fundo para a análise da radiação global, foi realizado o mapeamento das variações altimétricas, declividade e da disposição das faces das vertentes do relevo.

A orientação das faces das vertentes do relevo influencia na formação de microclimas, pois o balanço de energia será diferenciado, seguindo o sentido da face. Neste sentido, Mendonça (1994) destaca que a variação da inclinação das vertentes do relevo de um determinado local desempenha associada à variação

altimétrica e orientação do mesmo, importante papel na distribuição da energia luminosa nas mesmas.

Ainda segundo Mendonça (1994) a conjugação da declividade da encosta à sua exposição solar é fundamental para a compreensão da variação do balanço de energia a qual estão sujeitas, de modo que seu conhecimento implica em saber as áreas onde ocorre a maior e menor incidência de radiação ou sombreamentos. O conhecimento da disposição das faces das vertentes de determinada área constitui como um instrumento eficaz para avaliar o grau de insolação e o nível de umidade a que estas estão expostas. Já que, como destacado por Armani (2009) a orientação das vertentes, assim como as declividades, norteiam as características topoclimáticas.

Estas variáveis (altitude, declividade e orientação das vertentes) foram trabalhadas no software ArcGIS 10, pelo processamento da imagem SRTM da EMBRAPA. A imagem apresenta uma resolução espacial de 90 metros, é compatível com a escala 1:250.000 (IBGE) e é datada do dia 02 de agosto de 2012.

O mapa de altitude foi confeccionado a partir da ferramenta “*Tim Creat*”. Armani (2009, p. 26) ressalta que “normalmente não é recomendável utilizar um intervalo regular para a escala hipsometrica, pois o relevo que ela representará não é uniforme ao longo da área mapeada”. Entretanto, devido ao tamanho da bacia e a disponibilidade e processamento dos dados utilizou-se o intervalo de curvas de nível de 20 metros. Outro motivo de por ter utilizado essa classe é que a base utilizada (Imagem SRTM) também possui esta resolução.

O mapa de declividade foi elaborado através da ferramenta “*Slope*”. Segundo Tricart (1977, p. 90) “as classes de declive não devem ser muito numerosas, a fim de não prejudicar a captação de outras informações abrangidas, que são geralmente mais importantes”.

Para a elaboração do mapa de exposição das faces das vertentes do relevo utilizou-se a ferramenta “*Surface*”. As classes de orientação de vertentes utilizadas foram os pontos Cardeais (Norte, Sul, Leste, Oeste) e Colaterais (Nordeste, Noroeste, Sudeste, Sudoeste, Sudoeste) conforme sugerido por De Biasi et al (1977) apud Armani (2009).

Por fim, analisou-se a distribuição da radiação global e suas correlações com a situação topográfica.

Resultados

O mapa processado contendo o balanço de radiação da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna pode ser observado na figura 2.

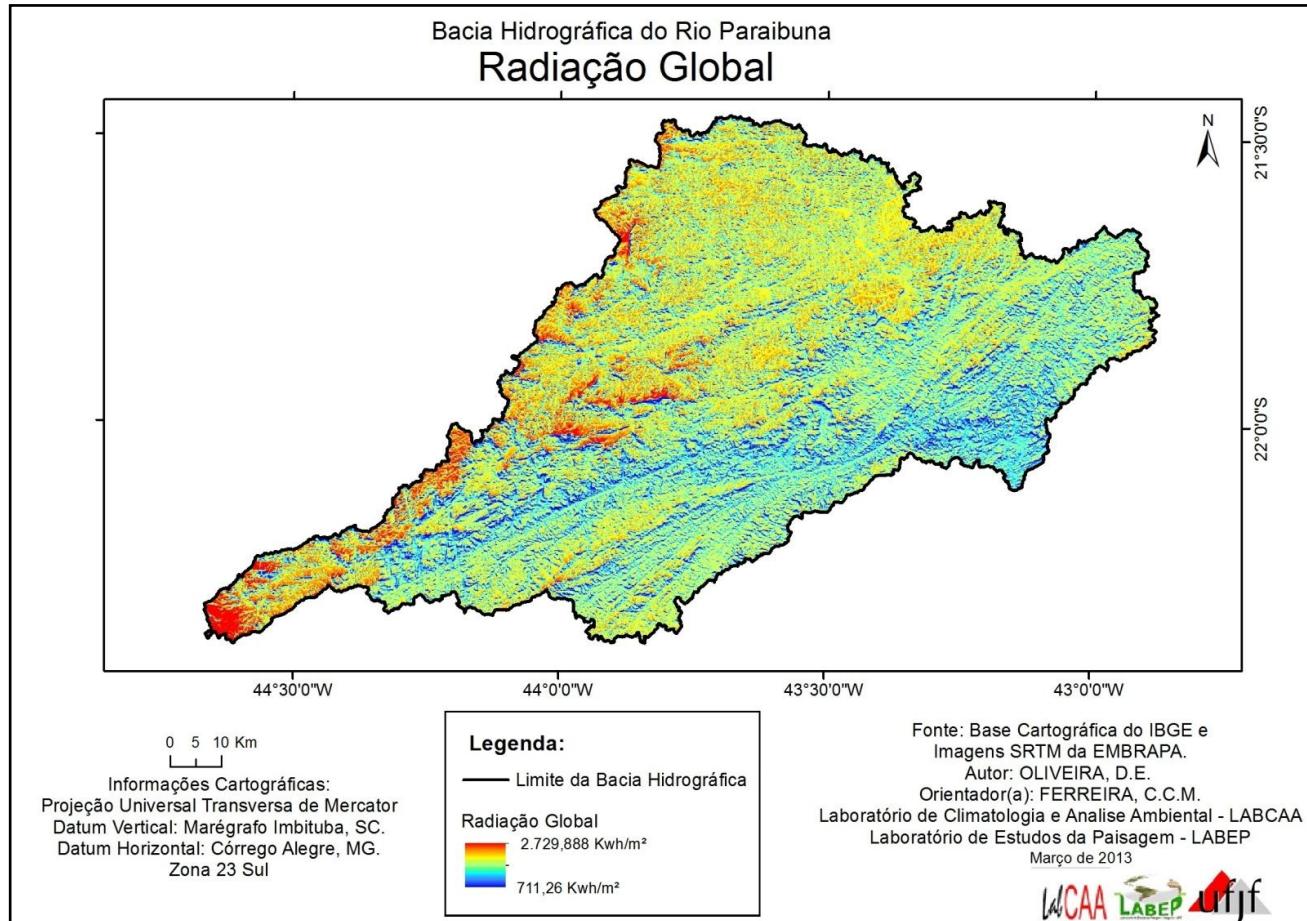


Figura 2: Balanço da Radiação Global Anual, para a bacia do Rio Paraibuna – MG/RJ.

Em relação à distribuição do balanço de radiação global na bacia (figura 2), três classes principais foram constatadas. Uma que engloba as regiões Sudoeste e Oeste da área de estudo, onde foram encontrados os maiores índices de radiação, os quais foram superiores a 2.000 Kwh/m². Uma a Norte da bacia onde foram encontrados valores intermediários, entre 1.400 e 1.999 Kwh/m². E uma da qual faz parte as áreas localizadas a Centro-Sul e Leste, onde foram encontrados os menores valores, os quais não ultrapassaram 1.399 Kwh/m².

Com base no mapa de altitude (figura 3), constatou-se que a amplitude altimétrica da bacia é de 2480 metros, com as elevações variando entre 260 metros, próximo à foz dos rios principais, e 2740 metros, onde se localiza o maciço do Itatiaia, na Unidade Geomorfológica Planalto de Itatiaia, a oeste e sudoeste da bacia. O que predominam na área de estudo são as altitudes entre 600 e 900 metros, correspondendo a cerca de 60% de sua área.

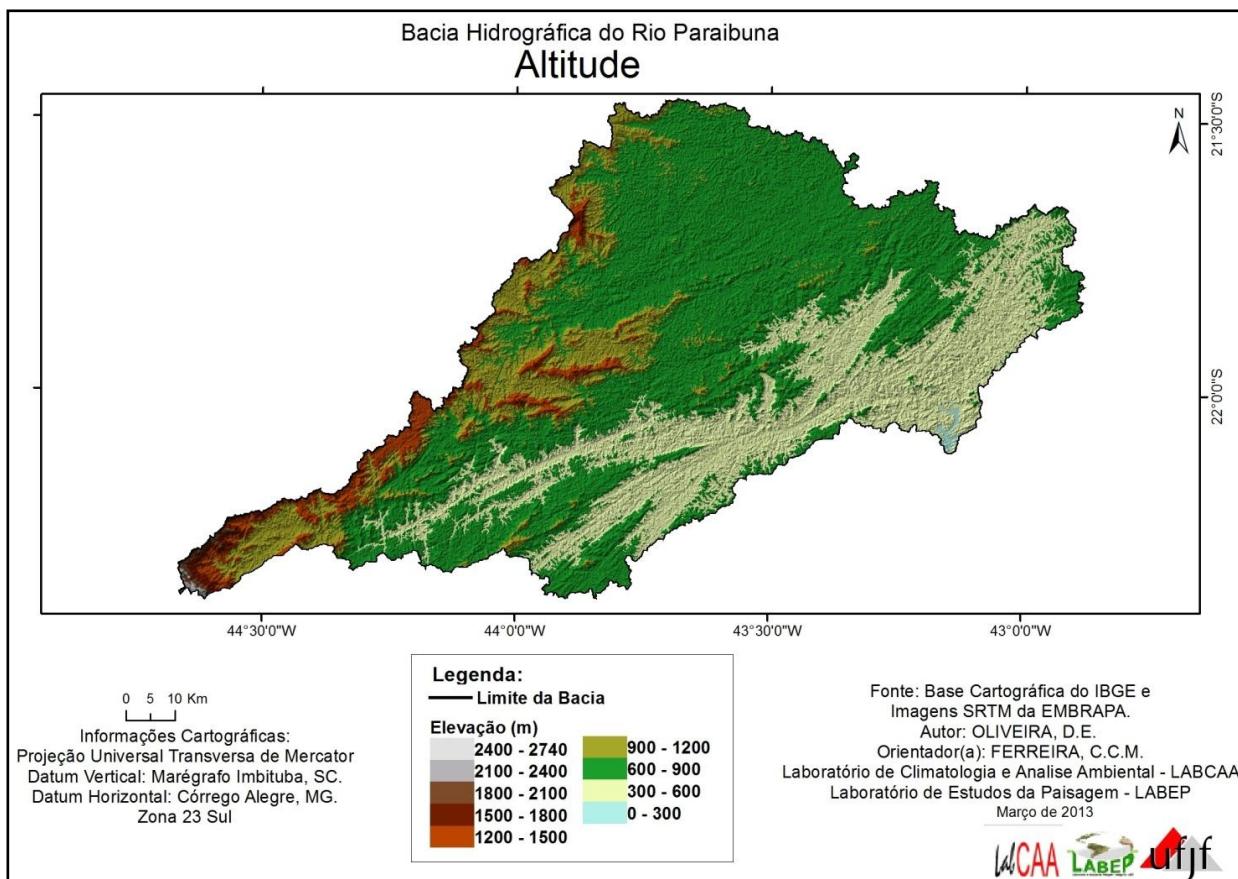


Figura 3: Altitudes encontradas na área de estudo

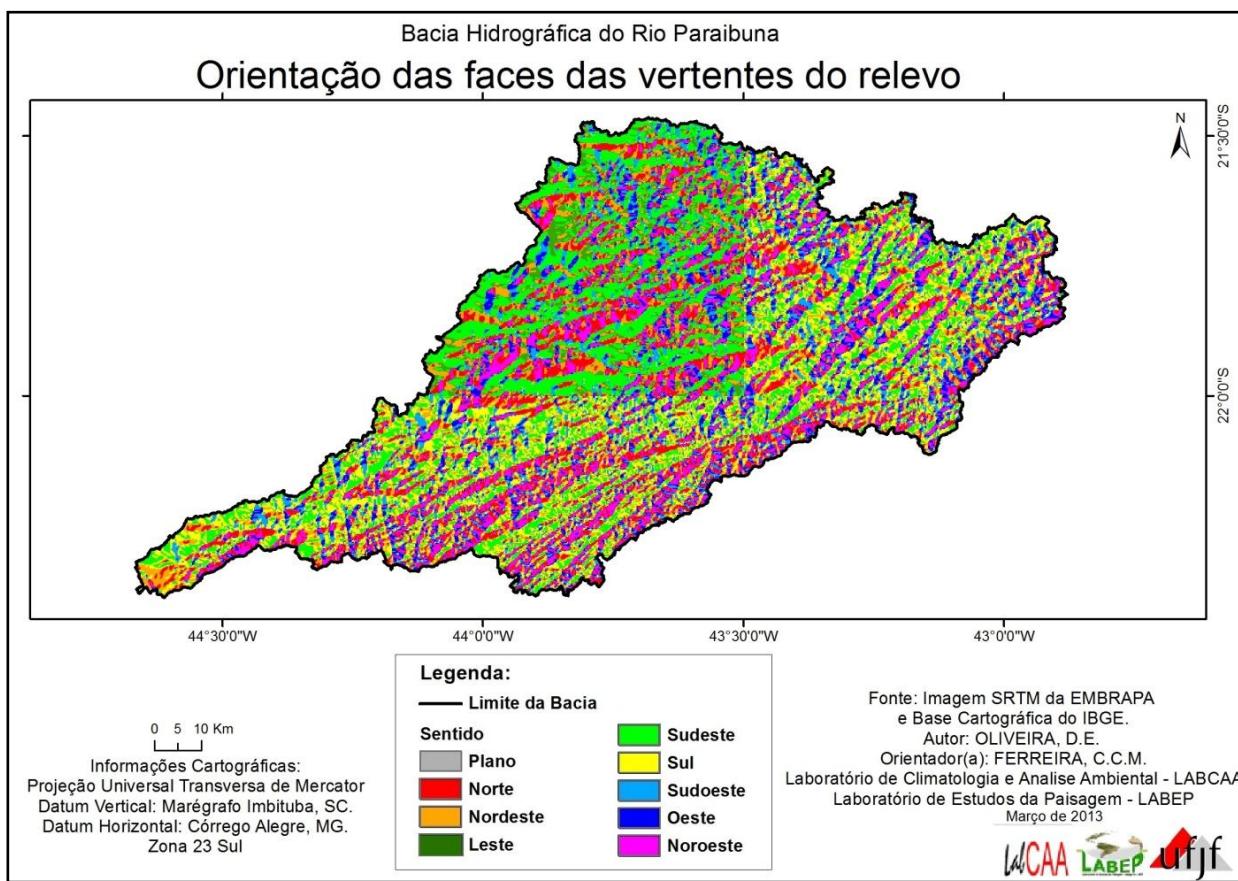


Figura 4: Orientação das faces das vertentes do relevo.

Ao analisar a orientação das faces das vertentes do relevo (figura 4), constatou-se que há a predominância das vertentes voltadas para sudeste e noroeste. Quanto aos padrões de declividade (figura 5) observou-se que a maior parte da bacia apresenta declives inferiores a 30%, sendo estes os que predominam nas áreas sul, norte e leste da área de estudo.

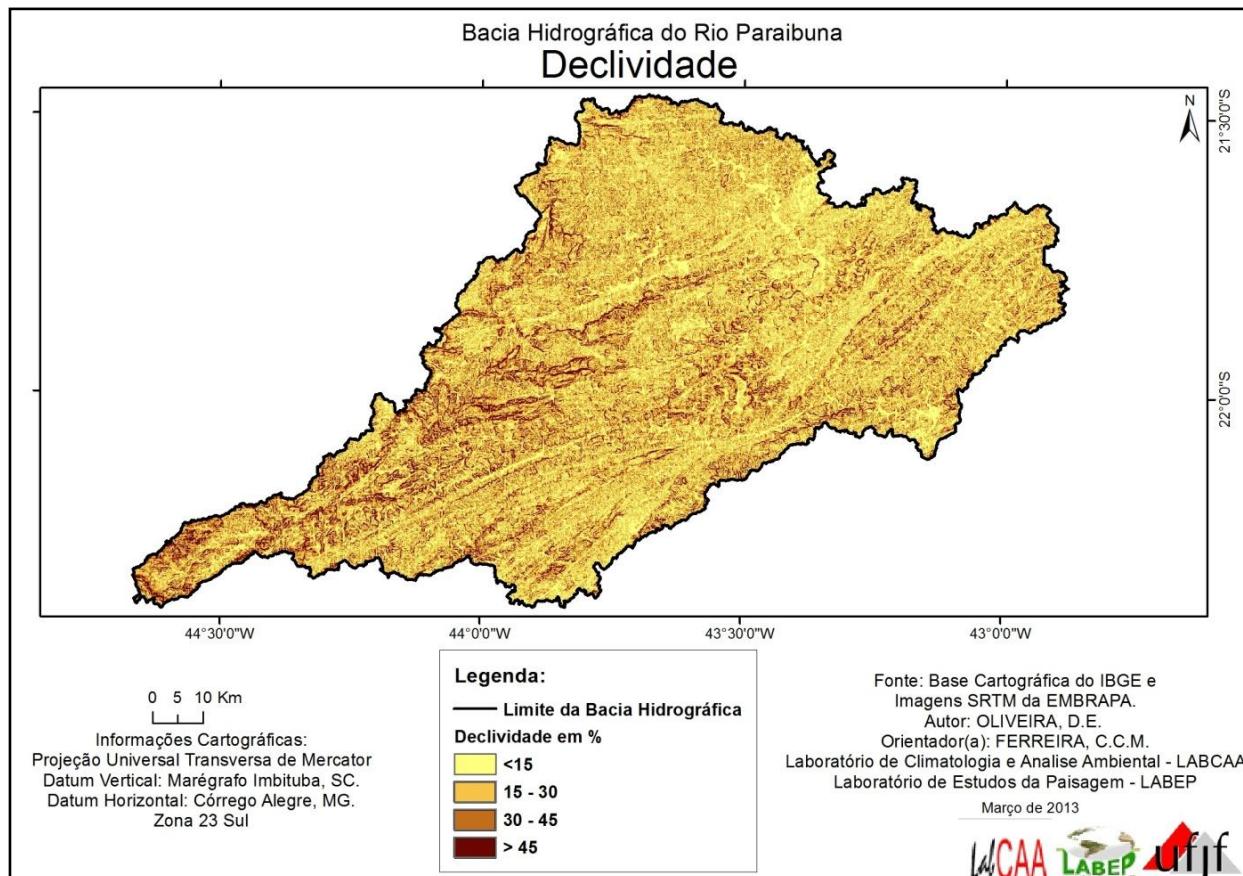


Figura 5: Declividades.

Analizando os dados de radiação considerando a morfologia do terreno, detectou-se que as áreas mais elevadas e com os maiores declives foram as que apresentaram os maiores valores de radiação. Indo ao encontro do que foi constatado por Brasseur e Solomon (1986) que destacou que as áreas mais elevadas apresentaram maiores valores de radiação solar. Em contrapartida, nas áreas menos elevadas, localizadas a sul da bacia e onde estão as calhas dos rios principais, foram registrados os menores índices de radiação, os quais chegaram ao máximo de 1.000 Kwh/m².

As áreas que apresentaram os maiores valores de radiação, estão inseridos na Mantiqueira Setentrional, sendo as áreas mais elevadas da região, com altitudes superiores à 1.500 metros e não se apresentarem portanto, sombreadas por outras

cadeias morfológicas. Enquanto que as áreas menos elevadas podem estar sofrendo sombreamento por parte desse conjunto morfoestrutural.

Os locais, nos quais a incidência de radiação solar é maior estão associados também à trajetória aparente do sol, a disposição das faces das vertentes do relevo e aos padrões de declives. Conforme observado no mapa com as orientações das vertentes do relevo (figura 4), o que predomina na área de estudo são as vertentes voltadas para sudeste e noroeste, e como a sul do Trópico de Capricórnio o sol descreve um arco no céu voltado para o norte, em quase todo o ano, os terrenos com orientação da vertente voltados para norte receberão mais radiação que os voltados para sul, estando às áreas voltadas para noroeste dentre as que recebem maior insolação.

Corrêa (2008) ressalta que “no hemisfério sul as vertentes orientadas para norte recebem maior irradiância solar, enquanto que as vertentes voltadas para o sul recebem menor incidência solar, sendo, portanto, menos privilegiadas quanto à insolação” (CORRÊA, 2008, p, 4). Estudos realizados por Firme Sá e Fernandes Filho (2007), no município de Antonio Dias (MG), também comprovaram que valores maiores de radiação global são encontrados nas vertentes voltadas para norte, quando comparado com as vertentes voltadas para o sul.

Também o padrão de declividade do terreno contribuirá na caracterização da distribuição da radiação solar na bacia. Foi constatado que nas áreas com declives superiores à 45%, foram encontrados os maiores valores de insolação.

Lombardo (1996), destaca que o fluxo de radiação solar que chega a uma vertente bastante inclinada e posicionada em direção norte, em área subtropical austral, será mais intenso do que outra, com a mesma inclinação e no mesmo local, posicionada em direção sul.

Considerações Finais

A compreensão do balanço de radiação de determinada área é fundamental para conhecer suas potencialidades. O (re)conhecimento das áreas sombreadas ou com insolação elevada, permite que se faça um manejo adequado na área, aproveitando o máximo de seus recursos e diminuindo as perdas de energia.

No presente trabalho constatou-se que as áreas mais elevadas da bacia foram as que apresentaram os maiores valores de radiação e as menos elevadas os menores. Há na área de estudo a predominância das vertentes voltadas para

sudoeste e noroeste, estando aquelas orientadas para noroeste e as com os maiores declives, dentre as que recebem maior insolação.

Diante do exposto pode-se afirmar que o trabalho contribui para a compreensão da estimativa e análise do balanço de radiação solar da bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna.

Referencias Bibliográficas

- AB'SÁBER, Aziz Nacib. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. Geomorfologia. São Paulo :1970. p. 20-26
- ARMANI, G. Análise topo e microclimática tridimensional em uma microbacia hidrográfica de clima tropical úmido de altitude. vol.1. São Paulo: ,2009. 123 f. Tese (Doutorado)
- BAVER, L. D. & GARDNER, W. H. The thermal regime of soils. In: Soil Physics, editado por Baver, L. D., Walter H. Gardner & Wilford R. Gardner. 4th ed. (Jonh Wiley & Sons, Inc., New York). 253-283 p, 1972.
- Brady, N.C. and R.R. Weil. 1996. The nature and properties of soils. 11th edition. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- BRASSEUR, G.; SOLOMON, S. Aeronomy of the middle atmosphere. Dordrecht, Holanda: D. Reidel Publishing, 1986. p. 452.
- CONTI, J. B. O meio ambiente Tropical. Geografia, v.14, n28, p.69-79, 1989.
- CORREA, M. P. Influência da radiação solar na regeneração natural de mata Atlântica. 2008. 48 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008
- EMBRAPA – Disponível em:<<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/>> Acessado em: 10/08/2013
- FIRME SÁ, M. M. & FERNANDES FILHO, E. I. Influência das variáveis do terreno na radiação solar. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5751-5753.
- IBGE – Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>> Acessado em: 26/08/2013

- INMET – Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>> Acessado em: 29/08/2013
- JANUARIO, M.; VISWAANA DHAM, Y.; SENNA, R. C. Radiação solar dentro e fora de floresta tropical úmida de terra firme (Tucuruí-Pará). *Acta Amazônica*. v. 22, n. 3, 1992, p. 335-34.
- LOMBARDO, M. A. O clima e a cidade. *Boletim Climatológico*. Universidade Estadual Paulista. Ano 1, n.2, nov. 1996.
- MENDONÇA, F. de A. O Clima e o Planejamento Urbano das Cidades de Porte Médio e Pequeno: Proposições Metodológicas para Estudo e sua Aplicação à Cidade de Londrina/PR. 1994. 300f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ROSENBERG, N. J. *Microclimate: the biological environment*. New York: J. Wiley & Sons, 1974. 315 p.
- SLATER, P. N. *Remote sensing, optics and optical systems*. Massachussets: Addison-Wesley, 1980. 575 p.
- Thornton, P. E.; Running, S. W. An improved algorithm for estimating incident daily solar radiation from measurements of temperature, humidity and precipitation. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.93, n.4, p.211-228, 1999.
- TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro; Surren, 1977.
- Weiss, A.; Hays, C. J.; Hu, Q.; Easterling, W. E. Incorporating bias error in calculating solar irradiance: implications for crop simulations. *Agronomy Journal*, v.93, n.6, p.1321-1326, 2001.