

ANÁLISE ESPACIAL DO POTENCIAL SOLAR NO LITORAL PARANAENSE

Marcos Vinicius Oliveira de Figueiredo ¹

¹Universidade Federal do Paraná, Av. Beira-mar, S/N, CEP 83255-000 – Pontal do Paraná – PR,
marcosviniciusf10@gmail.com;

RESUMO

Estudos a respeito da viabilidade de implementação de painéis solares utilizam como uma das variáveis de entrada a irradiação solar e, como parâmetro de avaliação de sua eficiência a temperatura. Com isso, este trabalho visa proporcionar através da utilização de ferramentas SIG (Sistema de Informações Geográficas), um estudo acerca do potencial de energia solar incidente no litoral paranaense, bem como avaliar um fator de eficiência dos painéis solares. A realização do estudo se deu com dados da plataforma *SunData*, disponibilizado pelo CRESESB e imagens do satélite *Landsat-8* levantadas no banco de dados do Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS), utilizando técnicas de interpolação e imagens coletadas com sensor *TIRS* (Thermal Infrared Sensor).

Palavras-chave — energia fotovoltaica, radiação solar, região costeira, litoral paranaense.

ABSTRACT

Studies regarding the feasibility of implementing solar panels use as one of the input variables the solar irradiation and, as a parameter for evaluating its efficiency, the temperature. Therewith, this work aims to provide, through the use of GIS (Geographic Information System), a study about the potential of incident solar energy on the coast of Paraná, as well as to evaluate an efficiency factor for solar panels. The study was carried out using data from the SunData platform, made available by CRESESB and Landsat-8 satellite images taken from the database of the U.S. Geological Survey (USGS), using interpolation techniques and images collected with a TIRS (Thermal Infrared Sensor) sensor.

Key words — GIS, photovoltaic energy, solar irradiation, Paraná coast..

1. INTRODUÇÃO

Considerando o papel ativo da humanidade nas dinâmicas atmosféricas e bem-estar ecossistêmico surge o conceito de desenvolvimento sustentável e com ele é impulsionado a adoção de recursos energéticos renováveis. Nesta conjuntura, estudos que busquem trazer meios de implantação de tecnologias condizentes com o

desenvolvimento sustentável se mostram de grande relevância, fornecendo respaldo científico para decisões do poder público e privado. Neste contexto a energia solar se apresenta como forte atributo a ser implementado em todo país dado seu custo-benefício e facilidade de instalação/manutenção.

É certo que quase todos os aspectos do desenvolvimento requerem acesso confiável a modernos serviços de energia, desde a redução da pobreza até a melhora da saúde [1]. Dados das Nações Unidas e do Banco Mundial (Sustainable Energy for All – SE4ALL), apontam que ao redor do globo cerca de 1,2 bilhão de pessoas não têm acesso à energia limpa e moderna, e 2,5 bilhões de pessoas dependem da lenha ou da biomassa para atender suas necessidades básicas, como na produção, processamento e conservação dos alimentos. Neste sentido entram em relevância as comunidades tradicionais que vivem no meio rural, onde a utilização de energia tem um forte impacto na qualidade de vida. Em geral, populações que vivem em regiões remotas não possuem acesso à energia limpa e renovável, fazendo uso normalmente de combustíveis fósseis para cozimento, iluminação e trabalho [2]. No contexto do litoral paranaense estão presentes mais de 100 comunidades tradicionais ou associações representando pequenos produtores, das quais destas 63 se caracterizam como comunidades pesqueiras [3, 4, 5]. Nesta perspectiva, fontes de energia renováveis em destaque energia solar, tem caráter de fundamental importância tanto para o desenvolvimento sustentável do país como em localidades isoladas, onde a presença ou ausência de energia pode significar a produção e a subsistência humana.

As usinas de energia solar térmica e células fotovoltaicas fornecem uma pequena fração da eletricidade consumida no Brasil (1,5%) [6]. A energia solar fotovoltaica é a energia resultante da conversão direta da luz em eletricidade, se baseando no conceito conhecido como efeito fotovoltaico. A célula fotovoltaica constitui-se de um dispositivo fabricado com material semicondutor e se apresenta como unidade fundamental desse processo de conversão [7]. A quantidade total de energia solar recebida por um conversor solar na superfície da Terra durante um dia ou durante um ano depende de vários fatores, os mais importantes dos quais são [8]:

1. A latitude geográfica da localização do coletor.
2. A nebulosidade média ou cobertura do local.
3. O dia do ano.
4. O ângulo do coletor com a horizontal.

Várias quantidades médias estão sendo usadas para determinar o potencial de um local para converter a energia solar em energia útil. Entre elas estão:

1. A potência média máxima diária em uma superfície horizontal (W/m^2).
2. A energia máxima diária recebida por uma superfície horizontal (J/m^2).
3. A potência média anual incidente sobre uma superfície horizontal (W/m^2).
4. A energia anual recebida por uma superfície horizontal (W/m^2).

Em relação a eficiência dos painéis solares fotovoltaicos um importante aspecto a ser considerado é a sensibilidade das células à sua temperatura de operação, o que influencia a eficiência da conversão de energia, pois afeta as propriedades elétricas dos semicondutores além de outros componentes das células. Essa temperatura de operação é função da temperatura ambiente, da radiação solar incidente, da velocidade e direção dos ventos, da composição físico-química das células e da capacidade da sua estrutura metálica de sustentação dissipar calor. A eficiência energética diminui com o aumento da temperatura, sendo mais significativa esta redução em locais onde a temperatura ambiente já é elevada [9].

Considerando o exposto, diversos incentivos para implantação de sistemas fotovoltaicos pelo poder público, privado ou individual tem sido destaque nos últimos anos. Com isso, ferramentas modernas e eficazes para a avaliação do potencial de transformação energética em determinada região são fundamentais para o auxílio nas tomadas de decisão tanto pelo poder público como pela iniciativa privada.

O geoprocessamento pode ser caracterizado como sendo um conjunto de tecnologias direcionadas para a coleta e tratamento de informações espaciais, bem como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações. O SIG utiliza de sistemas que realizam tratamento computacional de dados cartográficos, com capacidade de armazenar atributos descritivos como geometrias de diferentes dados geográficos [10, 11].

Sendo assim, este trabalho visa proporcionar através da utilização de ferramentas SIG (Sistema de Informações Geográficas), um estudo acerca do potencial de energia solar incidente no litoral paranaense, bem como de um fator de importância para eficiência de painéis solares: a temperatura do ambiente. Ademais, este estudo busca impulsionar o desenvolvimento de ações promotoras de energia elétrica limpa em comunidades ribeirinhas/rurais/isoladas presentes no território litorâneo paranaense, valendo-se de embasamento para projetos que visam integrar as fontes renováveis nos sistemas locais, além de propor diversificação na matriz energética brasileira, expandindo as alternativas e estruturas energéticas nacionais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O litoral paranaense compreende ao total sete municípios, correspondendo a duas subzonas: a Planície Litorânea e a área montanhosa da Serra do Mar. Abrange os municípios de Antonina, Guaraqueçaba, Guaratuba, Matinhos, Morretes, Paranaguá e Pontal do Paraná, sendo cinco deles banhados pelo Oceano Atlântico (Fig 01) [12]. Segundo o IBGE [13], possui uma população estimada de 291.687 pessoas e uma área de 5.576,3 km^2 . Está localizado na costa sul do Brasil, fazendo divisa com os estados de São Paulo ao norte e Santa Catarina ao sul.

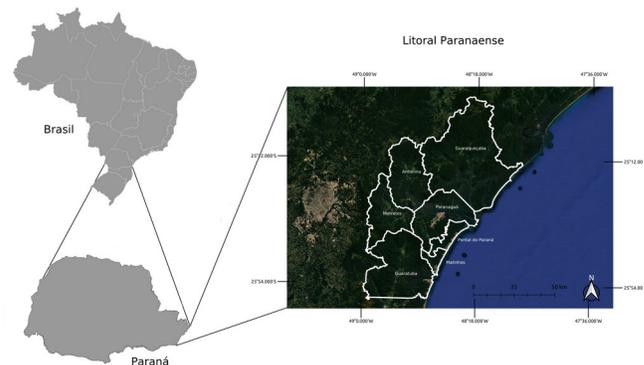


Figura 01 – Local do estudo.

A coleta dos dados se deu na plataforma da *SunData* (v3.0) da CRESEB [14] da qual disponibiliza valores de cálculo referentes à irradiação solar em qualquer ponto no território nacional. Para este trabalho foram escolhidos os parâmetros de irradiação no plano horizontal ao longo do ano. Foram utilizados dados de irradiação solar diária média anual de 68 estações da ferramenta *SunData* espalhadas no litoral Paranaense.

Para a avaliação de temperatura foi realizada a aquisição de duas imagens digitais, banda 10, correspondente a faixa do infravermelho termal (10.6 – 11.19 μm), com resolução espacial de 30 metros do satélite *Landsat-8* no Serviço de Levantamento Geológico Americano [15], do qual se utilizou o sensor *TIRS* (*Thermal Infrared Sensor*) para o levantamento das imagens.

Para a confecção dos mapas, tratamento e manipulação dos dados foi utilizado o *software* *QGIS*. Uma aplicação amplamente utilizada, disponível no *software* *QGIS*, é a interpolação TIN. O algoritmo TIN, também conhecido como Triangulação Delaunay, tenta criar uma superfície formada por triângulos a partir de pontos vizinhos próximos. Para fazer isso, círculos circunscritos são inseridos em volta dos pontos amostrais, então, suas intersecções são conectadas por uma rede de triângulos não sobrepostos e o mais compactos possíveis [16]. Para confecção do mapa de irradiação solar foi interpolado pelo método TIN os valores

obtidos no software *SunData* referente a irradiação em plano horizontal em uma camada de máscara do litoral paranaense.

Foram necessárias duas imagens raster para compreender toda região, com isso primeiramente foi realizado o mosaico das imagens. Em seguida para o tratamento, foi realizado um recorte da imagem infravermelha termal (banda 10) na área desejada pela camada de máscara, seguido do uso dos parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, seguido da transformação da temperatura Kelvin para Celsius, se fundamentando nas equações expostas abaixo disponibilizadas no Serviço Geológico Americano:

$$L_{\lambda} = ML * Q_{cal} + AL$$

Onde: L_{λ} – Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/m²;

ML – Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04;

Q_{cal} – Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10;

AL – Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000.

Após a transformação dos valores em radiância aplicou-se a equação 2 a fim de transformar os valores obtidos em temperatura Kelvin:

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_{\lambda}} + 1\right)}$$

Onde: T – Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K);

K2 – Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K);

K1 – Constante de calibração 1 = 774.89 (K);

L_{λ} – Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/m²;

Posteriormente, os valores de temperatura Kelvin foram subtraídos pelo seu valor absoluto (273,15), gerando o raster de temperatura de superfície em graus Celsius (°C). Utilizando a calculadora raster foi adicionada a seguinte fórmula para inclusão dos algoritmos:

$$TC = ((1321.08 / \ln(774.89 / (3.3420E-04 * \text{"ltrl_bnd10.tif"} + 0.10000) + 1)) - 273.15)$$

3. RESULTADOS

A partir do processamento das informações interpoladas foi obtido o seguinte mapa de irradiação solar no plano horizontal para o litoral paranaense, utilizando como unidade de medida Wh/m².dia:

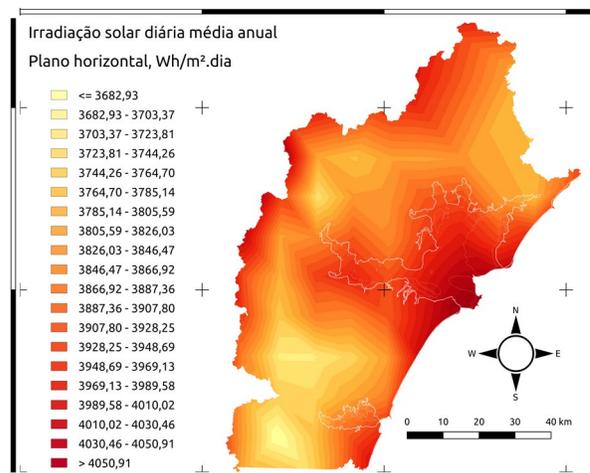


Figura 02 – Irradiação solar diária média anual no plano horizontal.

Os Mapas a seguir apresentam as classes de temperaturas de superfície derivadas do satélite Landsat-8. Com temperatura mínima de 12,4 °C, temperatura máxima 33,7 °C. Com base nesses dados foi realizado no Qgis a reclassificação dos intervalos com os valores de temperaturas descritos na legenda.

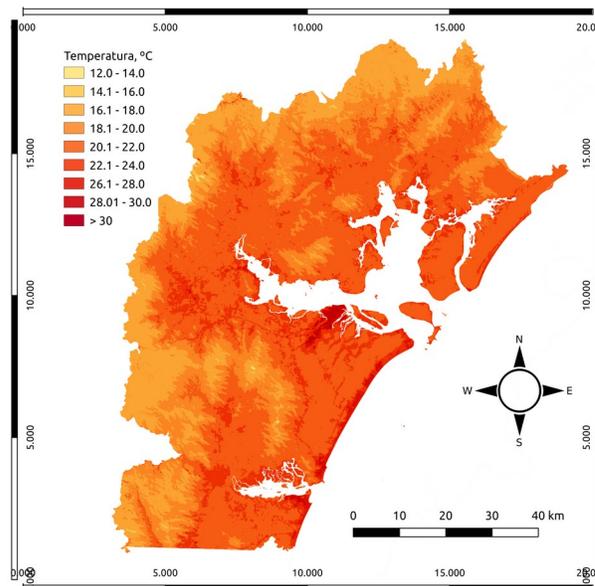


Figura 04 – Temperatura no local do estudo.

4. DISCUSSÃO

De acordo com um estudo comparativo realizado por Moreira Júnior e Souza (2020), a média de irradiação solar apresentada neste estudo (valores entre 3,5 e 4,0 kWh/m².dia) demonstra um bom potencial solar em comparação à regiões europeias, onde hoje possui países líderes no contexto solar, sendo assim o aproveitamento

energético desta fonte tem amplo potencial de aplicabilidade no litoral paranaense. Mais estudos referentes ao custo financeiro, potencial quantitativo, áreas passíveis de instalação (unindo mapas de uso e ocupação do solo, topografia local e áreas de preservação), e outras informações de importância no que tange os processos de implementação desta fonte de energia devem ser desenvolvidos para que ao encaixe de medidas para o incentivo também exista todo respaldo científico para sua aplicação.

Os métodos de análise se mostraram satisfatórios a medida que proporcionaram uma ampla visão regional dos dados analisados, possibilitando uma melhor avaliação qualitativa dos parâmetros o se caracteriza de grande importância tanto ao poder público, a fim de criar incentivos a esta tecnologia, como para a microgeração entre os residentes da região e comunidades ribeirinhas/rurais/isoladas.

5. CONCLUSÕES

O considerável valor de irradiação presente na região do estudo demonstra uma excitante possibilidade para aproveitamento desta fonte energética, apesar dos valores de temperatura também se apresentarem altos existem mecanismos, como de resfriamento, dos quais possibilitam uma redução na interferência de fatores externos na eficiência de conversão.

As análises espaciais dos dados de irradiação mostram valores maiores próximos a baía e na entrada dos estuários presentes na região, porém valores menores ao se aproximar do conjunto de montanhas que cerca o litoral. Já os valores de temperatura superficial se mantiveram mais elevados nos perímetros urbanos. Partindo destes resultados, podemos delinear que as áreas de maior potencial energético são as mais afastadas dos centros urbanos e mais próximas da costa. Estudos futuros podem vir a se concentrar nas possibilidades de instalação de parques solares na parte interna da baía, bem como nas ilhas circundantes. Nas áreas de maior presença de comunidades ribeirinhas/rurais/isoladas é observado uma boa junção dos dados analisados, tendo em vista um menor valor na temperatura superficial e considerável valor de irradiação solar.

6. REFERÊNCIAS

- [1] S. Sumathi., L. Ashok Kumar, and P. Surekha. *Solar PV and Wind Energy Conversion Systems*. Springer. 2015.
- [2] WWF. *Usos de sistemas energéticos com fontes renováveis em regiões isoladas*. 2017.
- [3] M. F., Cherem. *As Ciências Sociais e as populações costeiras: territórios e conflitos. Conflitos socioambientais e processos de*

resistência de pescadores artesanais no litoral do Paraná. 40º Encontro Anual da ANPOCS, 2016.

[4] COBRAPE. *Plano da Bacia Hidrográfica Litorânea*. v. 1, Parte 1, 2017.

[5] N. Bragagnolo. *Relatório de contextualização final*. v. 1, Parte 1, 2019.

[6] BEN, Balanço energético nacional. *Balanço energético nacional, Ano Base 2019*. 2020.

[7] J. T. Pinho, M.A. Galdino. *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. Rio de Janeiro, 2014.

[8] J. TWIDELL, T. WEIR. *Renewable energy resources*. Routledge, 2015.

[9] R. S Ruviano, J. G. Daltrozo, L. Garlet, W. M Lourenço e I.P. SANTOS. *Análise da variação da eficiência do módulo fotovoltaico em função da temperatura*. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar – Gramado – RS. 2018.

[10] R. Rosa, J.L.S. Brito. *Introdução ao geoprocessamento: sistema de informações geográficas*. Uberlândia, 1996.

[11] G. Câmara. *Representações computacionais do espaço*. In: M. Casanova. *Banco de dados geográficos*. Curitiba, 2005.

[12] V. Silva e M. C. Fagundes. *Conhecendo os principais solos do litoral do paraná. Abordagem para educadores do ensino fundamental e médio*. 2013.

[13] IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico. Características da População e dos Domicílios*. 2017.

[14] A. P. C. Guimarães e M. A. Galdino. *SUNDATA V3.0*. CRESEB. CEPEL. 2017.

[15] USGS – *Geological Survey/Serviço de Levantamento Geológico Americano. Aquisição de imagens orbitais digitais do satélite Landsat-8*. EUA. 2020.

[16] L. Mitas e H. Mitasova. *Spatial Interpolation*. In: P. Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire, D.W. Rhind. *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*. Wiley. 1999.