ORGANIZAÇÃO DE UM BANCO DE DADOS PARA CADASTRO DA CLARIDADE ATMOSFÉRICA, IRRADIÂNCIA E IRRADIAÇÃO SOLAR

Guilherme Luis Ferreira dos Santos (1); Igor da Silva de Souza (2); Marcelo Orestes da Costa (3); Ítalo Alberto Gatica Rispoli (4); Luiz Fernando Kowalski (5)
(1) Estudante, Graduando em Engenharia Civil, guilhermelfds@gmail.com
(2) Estudante, Graduando em Engenharia Civil, igor_souza_s@hotmail.com
(3) Estudante, Graduando em Engenharia Civil, marcelo.fns@hotmail.com
(4) Doutor, Professor do departamento de Engenharia Civil, italo.gatica@gmail.com
(5) Doutorando, Professor do departamento de Engenharia Civil, fernando.kowalski@ucb.org.br
Universidade Adventista de São Paulo – Campus Engenheiro Coelho, Estr. Mun. Pastor Walter Boger, S/N - Lagoa Bonita I, Engenheiro Coelho–SP, 13445-970, Tel.: (19) 3858 9000

RESUMO
O conhecimento da energia solar que chega ao solo em determinada região e sua variabilidade temporal através de um registro de dados, alteram a eficiência de projetos influenciados por essa fonte de energia. Assim, o objetivo deste trabalho é criar um banco de dados que forneça os valores diários e mensais do índice de claridade atmosférica, irradiância e irradiação solar, analisando sua influência como ferramenta. Para isso, é utilizado o software Excel, onde os dados de entrada são da irradiância solar, fornecidos através de um instrumento de classe A, composto por dois medidores que registram e fornecem uma média aritmética a cada 5 minutos. Com este recurso tecnológico, é discretizado a irradiância instantânea a cada cinco minutos em irradiação solar global na superfície terrestre junto à localização geográfica do equipamento, de modo organizado a cada dia e mês, acrescentando a dedução do índice de claridade atmosférica (Kt). O resultado é um banco de dados que armazena os dados da irradiância solar, deduzindo a irradiação solar e índice de claridade atmosférica diária e mensal, podendo ser solicitado no período desejado. Os dados fornecidos pela ferramenta têm influência positiva para a região local, de grande utilidade nas pesquisas em organizações públicas e privadas que buscam a sustentabilidade aliada ao conhecimento da energia solar, tanto no desenvolvimento de produtos ou de serviços, desde que o referido banco de dados seja disponibilizado na rede sob tutela do NUTEA.

Palavras-chave: energia solar, banco de dados, irradiação solar, claridade atmosférica.

ABSTRACT
The knowledge of solar energy that reaches the ground in a given region and its temporal variability through a data record, change the efficiency of projects influenced by this energy source. Thus, the objective of this work is to create a database that provides the daily and monthly values of the atmospheric brightness index, irradiance and solar irradiation, analyzing its influence as a tool. For this, Excel software is used, where the input data are from solar irradiance, supplied through a class A instrument, composed of two meters that record and provide an arithmetic average every 5 minutes. With this technological resource, the instantaneous irradiance is discretized every five minutes in global solar irradiation on the earth's surface, together with the geographic location of the equipment, in an organized manner each day and month, adding the deduction of the atmospheric brightness index (Kt). The result is a database that stores solar irradiance data, deducting the solar irradiance and daily and monthly atmospheric brightness index, which can be requested in the desired period. The data provided by the tool has a positive influence for the local region, which is very useful in research in public and private organizations that seek sustainability combined with knowledge of solar energy, both in the development of products or services, as long as the aforementioned database be made available on the network under the tutelage of NUTEA.

Keywords: solar energy, database, solar irradiation, atmospheric clarity.

1. INTRODUÇÃO

A obtenção de fatores da radiação solar em determinadas regiões, possui grande relevância em pesquisas cientificas de diversas áreas, sua influência na superfície terrestre afeta os sistemas naturais e urbanos, bem como em microclimas locais e nos seres vivos.

O entendimento sobre o potencial do recurso solar incidente na superfície terrestre é importante, porém não é o bastante para impulsionar o uso dessa fonte de energia. Conforme Martins et al., (2017), são necessárias investigações confiáveis no local de interesse, que demandam um longo espaço de tempo para obtenção de dados seguros e representativos sobre a variabilidade do recurso solar, para projetos que utilizam dessa fonte de energia.

A radiação solar que atravessa a atmosfera sofre atenuações (reflexão, absorção e difusão) (SOUZA, 2009). Existem diversas interações entre a radiação solar e a atmosfera, porém o fator principal que interfere na incidência da radiação solar é a concentração das nuvens no céu. Além disso, estudos em diversas localidades classificam os tipos de cobertura do céu em função do índice de claridade (Kt), utilizando-se de várias metodologias como proposto por Escobedo et al., (2009).

A atmosfera atua como um filtro influindo a parcela de radiação solar que incide na superfície terrestre. Gases atmosféricos, aerossóis, vapor d'agua, nuvens e vários poluentes modificam a radiação solar em seu comprimento de onda e na sua distribuição espectral. Por esse motivo, os elementos e os aspectos atmosféricos locais são essenciais, tanto de maneira quantitativa quanto qualitativa, para a parcela de radiação solar atingida pela superfície terrestre (MYERS, 2013).

Segundo Santos et al., (2020), atualmente no Brasil, a rede solarimétrica ainda é bem pequena em relação ao tamanho do território nacional, entre as dificuldades encontradas para a ampliação das redes solarimétricas, estão a falta de recursos financeiros alinhado a não produção nacional de piranômetros térmicos de primeira classe.

O conhecimento a respeito da quantidade de energia que incide ao solo e sua variabilidade temporal, são importantes no desenvolvimento de projetos que abrangem a utilização de energia solar, a captação e registro desses dados, sendo estes, considerados relevantes em pesquisas interdisciplinares, como estimativa de rendimento das culturas ou como uma ferramenta de avaliação do impacto das alterações climáticas (ABDULLAHI; NASIR, 2014).

A oscilação da energia solar em longos intervalos de tempo, ocasionam impactos na atmosfera e no clima da terra (VIEIRA et al., 2011 apud GÓMEZ et al., 2018). Conforme Martins et al., (2017) a análise do potencial disponível, fornece informações importantes a atividade humana, como a climatologia, meteorologia, agronegócios, além de ser essencial como suporte científico visando a exploração comercial dessa fonte de energia.

O entendimento da radiação solar que incide na superfície, é um aspecto primordial no dimensionamento e avaliação da possibilidade de instalação de usinas fotovoltaicas. Os principais motivos para o estudo da irradiação solar, são devido a facilidade de medição utilizando-se de piranômetros e a sua relação direta através de uma função de transferência com a potência elétrica gerada por um painel fotovoltaico (RODRIGUES et al., 2020).

Explorado a relevância do estudo em questão, para examinar uma fonte como energia solar, é necessário o entendimento de todas variáveis do seu potencial de geração de energia, bem como o conhecimento dos componentes atmosféricos de um determinado local, se faz possível definir a variação dos níveis de energia solar da região e em consequência dimensionar projetos que utilizam-se dessa fonte energética com maior rendimento (TOMASZEWSKI; SOARES; HAAG, 2018).

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar a geração de um banco de dados com os valores diários e mensais do índice de claridade atmosférica, irradiância e irradiação solar no Núcleo de Tecnologia de Engenharia e Arquitetura (NUTEA), através dos dados fornecidos por um solarímetro classe A, a fim de ser disponibilizado para utilização em futuros trabalhos e pesquisas na região do UNASP.

3. MÉTODO

Foi realizada uma análise bibliográfica para que fosse desenvolvido um banco de dados que armazene e forneça os valores da irradiância solar (I), irradiação solar na superfície terrestre (H), irradiação solar no topo da atmosfera (Ho) e Kt diário e mensal, através da leitura de dados de um instrumento instalado no NUTEA.

A interface utilizada para criação do banco de dados, foi através da ferramenta de planilha do Excel, um software de propriedade da Microsoft. Através do programa, para facilitar o manuseio do usuário e o tratamento dos dados, foi utilizado alguns comandos em VBA (*Visual Basic for Applications*) que se trata de uma linguagem de programação tendo por objetivo ajudar na automatização do programa criando macros.

Uma macro se trata de uma sequência de comandos e funções que são armazenados em um módulo de VBA, onde é utilizada sempre que for preciso executar a tarefa, funcionando, portanto, como uma espécie de atalho, facilitando as necessidades dos usuários.

Os métodos utilizados neste trabalho foram divididos em 5 etapas, sendo elas as abaixo relacionadas:

1. Obtenção dos dados de irradiância solar instantânea, medida e fornecida através de uma média aritmética de 5 em 5 minutos pelo instrumento no NUTEA;

2. Obtenção dos valores da irradiação solar na superfície terrestre e da irradiação solar extraterrestre no topo da atmosfera, ambas diárias e mensais através dos tratamentos dos dados da irradiância;

3. Determinação do índice de claridade atmosférica Kt, diário e mensal;

4. A coleta dos valores de irradiação pelo software *SunData*, que são fornecidos através de uma média mensal, para efeito de comparação com os valores obtidos pelo banco de dados gerado neste trabalho.

3.1. Obtenção dos dados da irradiância solar

A obtenção dos dados da irradiância solar é feita através de um instrumento de classe A denominado Solárimetro, financiado pela PIPE FAPESP (Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas), que apoia a execução de pesquisa científica e/ou tecnológica em pequenas empresas no Estado de São Paulo para ser utilizado em pesquisas na universidade, composto por dois piranômetros da fabricante japonesa EKO modelo MS-602, sensibilidade 6,77 μV/Wm², apresentado na figura 1, atribuídos a medir a irradiância solar global horizontal.



Figura 1 – Piranômetro MS-602 da fabricante EKO.

Para que as leituras não fossem afetadas por possíveis erros, os piranômetros foram devidamente instalados com seus conectores voltados para o sul e precisamente aferidos com relação ao seus nivelamentos.

A instalação foi realizada em um local de fácil acesso, através de uma escada marinheiro, assim como os equipamentos foram fixados em uma base metálica com chumbadores na altura de 8,7m, todo o cabeamento foi protegido com a utilização de conduítes corrugados reforçados, assim todos os cuidados foram tomados para prevenir possíveis acidentes provenientes de fortes rajadas de vento. E por fim, os piranômetros foram posicionados em um campo livre sem obstruções como é apresentado na Figura 2



Figura 2 – Instrumento com os dois piranômetros instalados

O instrumento conta com um datalogger HD32MT.1, este equipamento faz a coleta e armazena os dados separados de cada um dos piranômetros a cada 5 minutos, resultando na média aritmética das leituras feitas nos últimos 5 minutos registrando para I [W/m²].

O equipamento está instalado em uma plataforma no exterior do NUTEA, no campus da Universidade Adventista localizada na cidade de Engenheiro Coelho, estado de São Paulo, nas coordenadas geográficas 22°30'6,12"S; 47°9'59,4"W, conforme apresentado na Figura 3, adaptada do Google Earth Pró (2021).



Figura 3 – Localização do NUTEA

3.2. Obtenção dos dados de irradiação solar

Para que seja calculado o valor do índice Kt, é necessário obter os valores da irradiação solar global na superfície terrestre e a irradiação solar extraterrestre, pois kt é encontrado pela razão dos dois valores.

Obtidos os dados da irradiância solar através dos dois piranômetros em W/m², fez-se a média desta entre os dois equipamentos e a somatória dos valores diários. Posteriormente o resultado foi transformado em irradiação diária horária, através de uma multiplicação pela razão de 5/60, sendo obtido o valor da irradiação solar global na superfície terrestre em W.h/m².

Para o cálculo da irradiação solar extraterrestre, é necessário o cálculo da declinação solar para qualquer coordenada geográfica da terra que é apresentada na Equação 1, assim como deve ser calculado o ângulo horário ao anoitecer como indicado na Equação 2.

$$\delta = 23,45.sen\left(\frac{360}{365,24}.(n+284)\right) \qquad \text{Equação 1}$$

Onde:

δ é a declinação solar para qualquer coordenada geográfica da terra em função do dia do ano [$^\circ$];

n é o dia do ano, contado de 1 a 365 (nos anos bissextos, até 366).

$$\omega_s = arco\ \cos\left(-\tan\theta.\tan\delta\right) \qquad \text{Equação 2}$$

Onde:

ωs é o ângulo horário do anoitecer [$^\circ$]

θ é a latitude local sendo -22,5017 [$^\circ$];

δ é a declinação solar para qualquer coordenada geográfica da terra em função do dia do ano [$^\circ$];

Conforme apresentado anteriormente, o índice Kt é a razão entre a irradiação solar na superfície terrestre e a radiação solar extraterrestre. Por essa razão, fez-se necessário o cálculo da irradiação solar extraterreste diária, através da Equação 3 conforme exposta por Duffie e Beckman (2020).

$$Ho = \frac{24}{\pi}.G_{SC}.\left(1+0,033.\cos\left(\frac{360.n}{365.24}\right)\right).\left(\cos\theta.\cos\delta.sen\omega s + \frac{\pi.\omega s}{180}.sen\theta.sen\delta\right) \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

Ho é a irradiação solar extraterrestre no topo da atmosfera em um plano horizontal [W.h/m²];

θ é a latitude local sendo -22,5017 [°];

G_{SC} é a constante solar de valor fixo em 1367 [W/m²];

δ é a declinação solar para qualquer coordenada geográfica da terra em função do dia do ano [°];

ωs é o ângulo horário do anoitecer [°]

n é o dia do ano, contado de 1 a 365 (nos anos bissextos, até 366).

3.3. Obtenção do índice de claridade atmosférica (Kt)

Com a obtenção dos valores diários das irradiações, têm-se os dados necessários para a determinação do índice Kt diário, sendo calculado conforme a relação de Angstrom, citada por Duffie e Beckman (2020), dada pela Equação 4.

$$Kt = \frac{H}{Ho} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

Kt é o índice de claridade atmosférica;

H é a irradiação solar na superfície terrestre [W.h/m²];

Ho é a irradiação solar extraterrestre no topo da atmosfera em um plano horizontal [W.h/m²].

Com os valores das irradiações de todos os dias, podemos fazer uma média para obter um valor de irradiação média mensal, tanto extraterrestre quanto da superfície terrestre, alcançando assim, um Kt médio mensal para todos os meses do ano, sendo calculado conforme a Equação 5.

$$\overline{Kt} = \frac{\overline{H}}{\overline{Ho}} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

$\overline{Kt}$ é o índice de claridade atmosférica médio mensal;

$\overline{H}$ é a irradiação solar na superfície terrestre [W.h/m²];

$\overline{Ho}$ é a irradiação solar extraterrestre no topo da atmosfera em um plano horizontal [W.h/m²].

Conforme os valores de Kt, se estabeleceu a classificação qualitativa diária e mensal da cobertura do céu conforme proposto por Escobedo et al. (2009), segundo a seguinte classificação:

Kt < 0,35 → céu nublado, pois a irradiação no topo da atmosfera é pouco transmitida ao solo, sendo considerada quase nula.

0,35 < Kt < 0,55 → céu parcialmente nublado, pois a irradiação é parte interceptada.

0,55 < Kt < 0,65 → como céu parcialmente limpo.

Kt > 0,65 → céu limpo, pois existe pouca interceptação da radiação sendo classificado.

3.4. Obtenção dos dados da CRESESB

Os valores do banco de dados da CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica), são adquiridos gratuitamente acessando o site da instituição. Os dados são gerados através do preenchimento das coordenadas geográficas locais, onde foram usadas as coordenadas da localização do NUTEA sendo latitude 22° 30’6,12” Sul e Longitude 47°9’59,4” Oeste.

Através das coordenadas preenchidas, o banco de dados gera os valores das localidades mais próximas e, através de gráficos e tabelas, são apresentados os dados da irradiação solar diária média mensal em kW.h/m².

A instituição supracitada, adquire seus dados por meio do uso do atlas brasileiro de energia solar, sendo o mais atual no que diz respeito as informações quanto a irradiação solar no Brasil, com valores através de interpolação usando imagens transmitidas por satélites.

4. RESULTADOS

A seguir serão apresentados os valores resultantes da geração do banco de dados criado através da plataforma do Excel, onde possui como uma de suas características a facilidade de inserção de informações e de obtenção dos valores desejados.

Devido a manutenção do equipamento, os resultados apresentados foram mensurados por meio de uma sequência histórica da irradiância global coletada com a leitura de apenas um piranômetro, pois o outro estava no momento fazendo a leitura da irradiância difusa. Atualmente, os dois piranômetro medem a irradiância global sendo utilizado o valor da média entre os dois para os futuros dados.

Para que o banco de dados seja alimentado, se faz necessário atribuir os valores fornecidos e armazenados pelo datalogger da irradiância, medida através de uma média aritmética de cada 5 minutos, que são obtidos de forma bruta pelo instrumento em formato de planilha do Excel. Através do comando denominado "Gerar dados" disposta na ferramenta criada, é escolhido as planilhas para alimentação, assim o banco de dados conta com um bloqueio de duplicatas, impedindo o erro de armazenar valores do mesmo dia. A figura 4 abaixo, apresenta a irradiância que foi adquirida pelo instrumento e alimentado no banco de dados no dia 01 de dezembro de 2020, entre 12h00min e 14h00min apenas como exemplo de seu armazenamento.

Data	Horário	sampleavg Pira1 [W/m2]	sampleavg Pira2 [W/m2]
01/12/2020	12:00:00	1132	1126,9
01/12/2020	12:05:00	1118,3	1112,6
01/12/2020	12:10:00	1103	1094,7
01/12/2020	12:15:00	1079,1	1073,7
01/12/2020	12:20:00	1078,1	1076,8
01/12/2020	12:25:00	1085,5	1085,9
01/12/2020	12:30:00	1089,4	1089,9
01/12/2020	12:35:00	1104,4	1106,8
01/12/2020	12:40:00	1132,2	1136,9
01/12/2020	12:45:00	1138,5	1144,6
01/12/2020	12:50:00	1165,5	1173,7
01/12/2020	12:55:00	1185,3	1194,7
01/12/2020	13:00:00	1122,1	1129,6
01/12/2020	13:05:00	722,2	725,1
01/12/2020	13:10:00	306,6	303,1
01/12/2020	13:15:00	205,9	202,9
01/12/2020	13:20:00	671,3	674,6
01/12/2020	13:25:00	782,5	787,7
01/12/2020	13:30:00	1136,9	1148,6
01/12/2020	13:35:00	1002,6	1013,6
01/12/2020	13:40:00	1032,2	1043,4
01/12/2020	13:45:00	895,7	906,5
01/12/2020	13:50:00	738,9	747,1
01/12/2020	13:55:00	893,1	903,3
01/12/2020	14:00:00	1114,8	1125,2

Figura 4 – Valores da irradiância medida pelo instrumento no mês de dezembro de 2020

Os valores denominados na coluna "Pira 1" e "Pira 2" são referentes às leituras da irradiância em W/m² feitas pelos dois piranômetros instalados no instrumento, correspondente a sua data e horário respectivo de leitura.

Com os dados de irradiância, é feito a leitura e armazenado as informações de irradiação solar na superfície terrestre (H), de irradiação solar no topo da atmosfera (Ho) e do Kt, podendo ser acessados em forma de lista em qualquer período escolhido como apresentado na Figura 5, onde foi usado o período entre 01/12/2020 à 31/12/2020.

Data	H [W.h/m²]	Ho [W.h/m²]	Kt Diário	Qualidade do céu
01/12/2020	7542,24	11752,68	0,64	Parcialmente Limpo
02/12/2020	5362,49	11762,74	0,46	Parcialmente Nublado
03/12/2020	5828,19	11772,31	0,50	Parcialmente Nublado
04/12/2020	7787,80	11781,41	0,66	Limpo
05/12/2020	5811,27	11790,04	0,49	Parcialmente Nublado
06/12/2020	4685,01	11798,20	0,40	Parcialmente Nublado
07/12/2020	3731,34	11805,90	0,32	Nublado
08/12/2020	5352,77	11813,13	0,45	Parcialmente Nublado
09/12/2020	5597,34	11819,90	0,47	Parcialmente Nublado
10/12/2020	7362,72	11826,22	0,62	Parcialmente Limpo
11/12/2020	3985,43	11832,08	0,34	Nublado
12/12/2020	5939,82	11837,50	0,50	Parcialmente Nublado
13/12/2020	5458,26	11842,46	0,46	Parcialmente Nublado
14/12/2020	5559,21	11846,98	0,47	Parcialmente Nublado
15/12/2020	6324,32	11851,05	0,53	Parcialmente Nublado
16/12/2020	7530,13	11854,68	0,64	Parcialmente Limpo
17/12/2020	5518,06	11857,87	0,47	Parcialmente Nublado
18/12/2020	7227,05	11860,61	0,61	Parcialmente Limpo
19/12/2020	7109,15	11862,91	0,60	Parcialmente Limpo
20/12/2020	5720,94	11864,77	0,48	Parcialmente Nublado
21/12/2020	7742,29	11866,19	0,65	Limpo
22/12/2020	5658,87	11867,17	0,48	Parcialmente Nublado
23/12/2020	7220,03	11867,71	0,61	Parcialmente Limpo
24/12/2020	7119,89	11867,80	0,60	Parcialmente Limpo
25/12/2020	6687,98	11867,45	0,56	Parcialmente Limpo
26/12/2020	7234,92	11866,66	0,61	Parcialmente Limpo
27/12/2020	3306,77	11865,42	0,28	Nublado
28/12/2020	5065,75	11863,73	0,43	Parcialmente Nublado
29/12/2020	4733,59	11861,59	0,40	Parcialmente Nublado
30/12/2020	8037,59	11859,00	0,68	Limpo
31/12/2020	3147,51	11855,95	0,27	Nublado

Figura 5 – Resultados obtidos pelo banco de dados no mês de dezembro de 2020

Os dados obtidos acima são diários e em complemento com os dados de Kt é representado sua referência de qualidade do céu, assim pode-se observar que o mês de dezembro de 2020, teve de seus 31 dias, 15 dias com a abóboda celeste classificada como situação parcialmente nublada, de modo que a classificação do Kt sendo mais de 0,35% e menos de 0,55% da irradiação solar no topo da atmosfera chegou ao solo.

Conforme Martins et al., (2017) a região de Engenheiro Coelho tem uma média diária da irradiação global horizontal de 5500W.h/m² a 6500W.h/m² no mês de dezembro, e o banco de dados do mês de dezembro de 2020 apresentou uma média diária de 5946,38W.h/m².

Assim como diariamente, o banco de dados armazena e fornece dados de H, Ho e Kt médios mensais resultantes de um período escolhido, conforme observado na Figura 6, onde é mostrado o período entre abril e agosto de 2020.

Data [mês/ano]	H̄ mensal [W.h/m²]	H̄o mensal [W.h/m²	k̄t mensal	Qualidade do céu
04/2020	5309,93	8440,00	0,63	Parcialmente Limpo
05/2020	4430,58	7043,92	0,63	Parcialmente Limpo
06/2020	3732,26	6349,83	0,59	Parcialmente Limpo
07/2020	4324,94	6630,45	0,65	Limpo
08/2020	4763,14	7784,19	0,61	Parcialmente Limpo

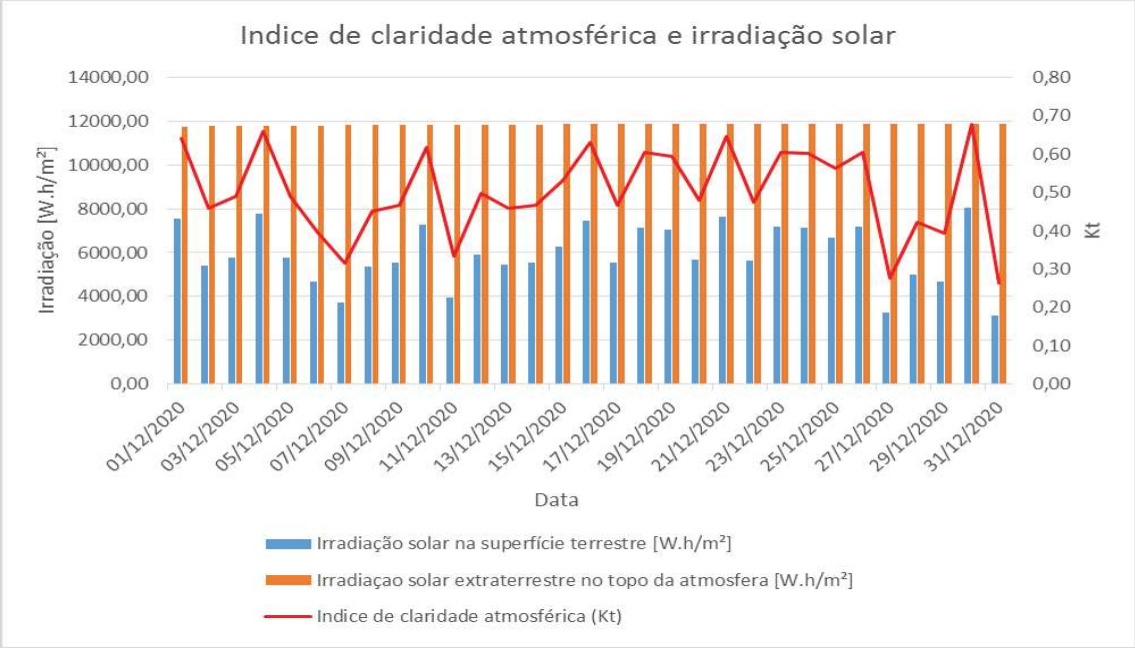
Figura 6 – Resultados obtidos pelo banco de dados médio mensal

Pode ser observado que ao deter de uma maior escala quando trabalhado com os valores médios mensais, é classificado o mês todo com uma referência de seus resultados. Nos meses apresentados temos apenas julho como um mês de céu limpo com maior irradiação solar chegando ao solo e nos outros meses uma taxa menor.

Na região de análise, segundo Martins et al., (2017), os meses de junho e julhos são os meses com a menor média mensal de irradiação global horizontal, apresentando maiores taxas de nebulosidade. No banco de dados dos meses analisados, junho foi o mês com maior proporção de interceptação da irradiação extraterrestre, chegando ao solo 59% de sua totalidade.

Os dados resultantes diários do mês de dezembro de 2020 podem ser analisados em forma de gráfico, como apresentado no gráfico 1.

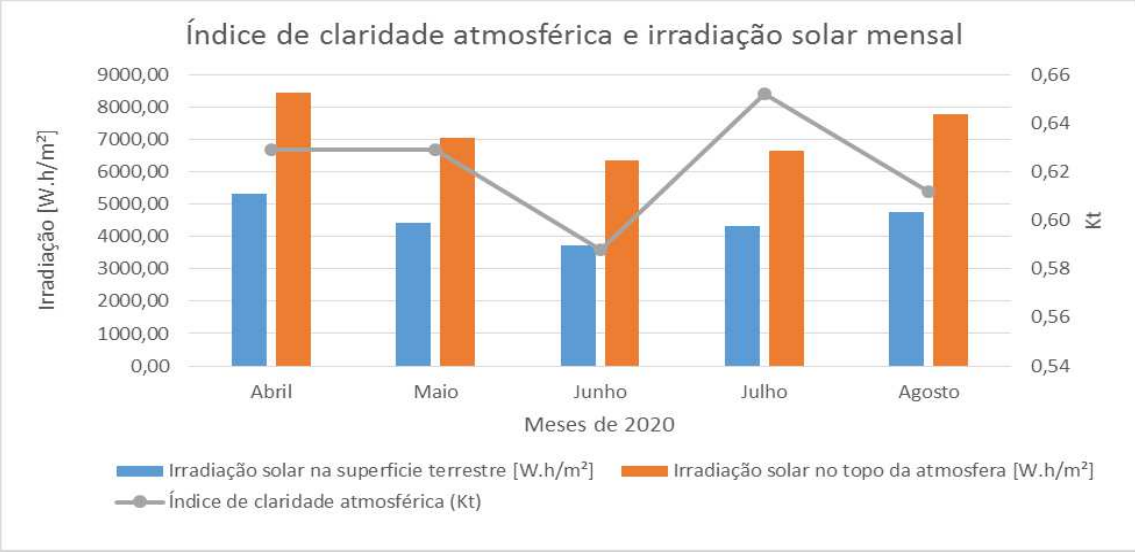
Gráfico 1 – Resultados obtido durante o mês de dezembro de 2020.



Conforme o gráfico do mês de dezembro, é analisado a relação que o Kt tem junto a irradiação solar na superfície da terra, em que os valores mais baixos indicam uma massa que intercepta essa energia no seu caminho até o solo gerando os menores Kts. No mês representado, verifica-se a maioria dos dias com céu parcialmente nublado e poucos dias em que o referido não apresenta alguma interceptação que possa classificar como dia de céu limpo.

Assim como os dados diários, os dados mensais médios resultantes podem ser visualizados em forma de gráfico, tendo todos os desenlaces conforme é apresentado no gráfico 2, que aborda inerente ao mês de abril de 2020 até agosto de 2020.

Gráfico 2 – Resultados mensais obtidos entre abril de 2020 a agosto de 2020.

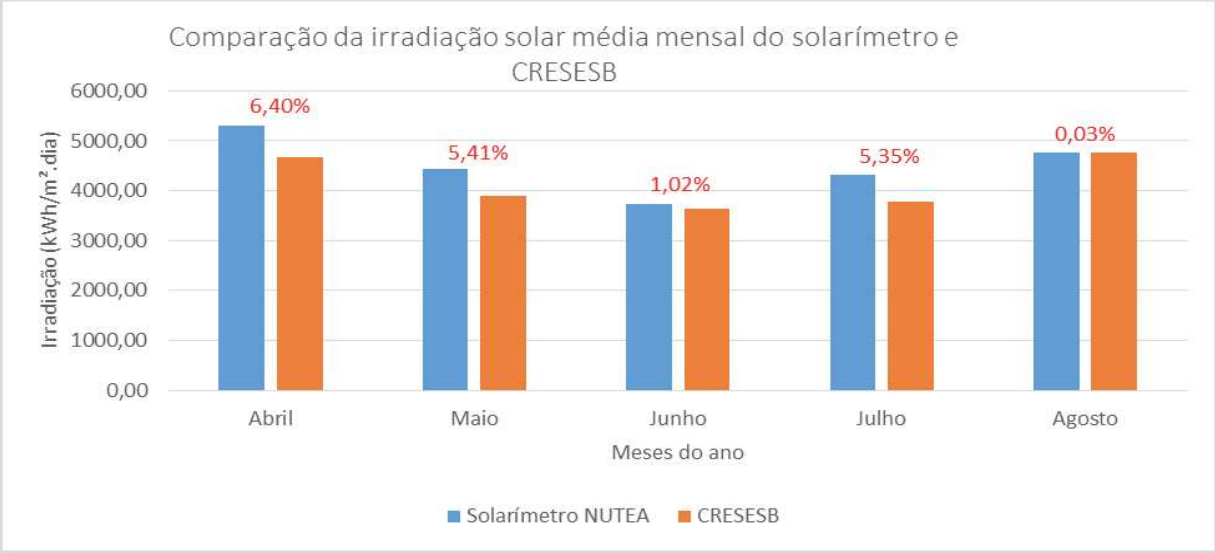


A partir do gráfico é analisado um Kt médio mensal que varia de 0,59 até 0,65, o que classifica a maioria dos meses analisados com uma qualidade de céu parcialmente limpo, os valores da irradiação extraterrestre no topo da atmosfera mostram uma taxa menor nos meses intermediários do ano, sendo junho e julho.

Mesmo se tratando de condições climáticas e latitudes diferentes, os resultados encontrados neste período são coincidentes com os apresentados por Rondon et al., (2020), em Porto Alegre – RS, apresentando em sua maioria dias com a qualidade do céu parcialmente nublados ou parcialmente limpos.

Através dos dados da irradiação média mensal coletados na base de dados do Sundata (CRESESB), foi feita a comparação com os valores do banco de dados do NUTEA no período de abril a agosto de 2020, conforme apresentado no gráfico 3.

Gráfico 3 – Valores da Irradiação média mensal do Solarímetro e CRESESB



Analisando o gráfico com a comparação entre os dados do CRESESB e do solarímetro, notamos o mesmo segmento nos valores sendo apresentado uma diminuição até o mês de junho e posteriormente um aumento nos meses subsequentes, sendo junho o mês com a menor irradiação registrada.

Através da comparação entre os valores, a maior diferença entre os dados da irradiação média mensal foi a do mês de abril, sendo de 6,40% com a maior irradiação medida pelo banco de dados do NUTEA, e a menor diferença foi no mês de agosto com 0,03%.

5. CONCLUSÕES

A partir dos desenlaces obtidos de irradiância medida pelo solárimetro instalado no NUTEA, foi possível a geração de um banco de dados que faça o armazenamento de seus dados e gere resultantes de irradiação solar e Kt durante o período em que o instrumento está em funcionamento, se fazendo disponível para pesquisas e trabalhos na região.

Os resultados fornecidos pelo banco de dados agregam positivamente nas pesquisas que são influenciadas pelas variáveis de irradiação solar e Kt, seja diário ou mensal por um longo período de tempo, onde toda a macrorregião pode se beneficiar com os valores para exploração e melhorias na área de agricultura, climatologia, meteorologia e energia solar.

Os dados agregam nas pesquisas realizadas pelo NUTEA que envolvem conforto térmico, ambiente construído e energia fotovoltaica com uma base de dados de confiança que registra o potencial da energia solar no local das pesquisas.

Com o histórico dessas medidas podemos viabilizar as instalações de sistemas térmicos e fotovoltaicos na região, garantindo o máximo de aproveitamento ao longo do ano, pois as variações da intensidade da irradiação solar sofrem significativas alterações.

Outras aplicações podem ser utilizadas na elaboração de projetos que envolvem a caracterização do ambiente em conforto térmico e, podem ser aplicados na agricultura, influenciando na produção agrícola anual em função da irradiação e do Kt disponível em cada época do ano.

Considerando os resultados armazenados pelo banco de dados, uma continuação desta pesquisa seria viável analisar a variabilidade dos valores obtidos de forma estatística por um longo período de tempo, para caracterizar uma distribuição de frequência. Outra possibilidade, seria um estudo de comparação dos valores gerados por softwares que abrangem a região e apontam variáveis de irradiação solar e Kt.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAHI, M.; NASIR, M. A. **Evaluation of monthly total global and diffuse solar radiation** in: Ibi, Taraba state, Nigeria. Pelagia Research Library. Advances in Applied Science Research, vol. 5, n. 2, pp 144– 148, 2014.

CRESESB - **Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito** / CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Cidade Universitária - Rio de Janeiro – RJ, 2014. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata. Acesso em: 16 Abr. 2021.

DUFFIE, John A.; BECKMAN, William A.; BLAIR, Nathan. **Solar engineering of thermal processes, photovoltaics and wind**. 5. ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2020.

ESCOBEDO, João F. et al. Modeling hourly and daily fractions of UV, PAR and NIR to global solar radiation under various sky conditions at Botucatu, Brazil. **Applied Energy**, v. 86, n. 3, p. 299-309, 2009.

GÓMEZ, J. M. et al. A irradiância solar: conceitos básicos. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 40, n. 3, 2018.

MARTINS, RAMOS, F. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. São José dos Campos, 2017.

MYERS, D. Solar Radiation: **Practical Modeling for Renewable Energy Applications**. Nova Iorque: Taylor & Francis Group, 2013.

RODRIGUES, Bruna Kariny Fontes et al. **Análise Estatística da Irradiação Solar de uma Estação Solarimétrica**. Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos-SBSE, v. 1, n. 1, 2020.

RONDÓN, Adriana Coromoto Becerra; DUCATI, Jorge Ricardo; HAAG, Rafael. Análise Anual Das Componentes Direta, Difusa E Global Da Radiação Solar Em Porto Alegre, RS. In: **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS** 2018. 2020.

SANTOS, Lauren Merlini et al. Desenvolvimento E Caracterização De Um Piranômetro Térmico–Análise Preliminar Das Medidas De Irradiação. In: **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS** 2018. 2020.

SOUZA, Adilson Pacheco de. **Evoluções, frações e estimativas das irradiações global, direta e difusa em superfícies inclinadas**. 2009.

TOMASZEWSKI, Georgia Andrade; SOARES, Raiana Schirmer; HAAG, Rafael. Obtençao do ındice de claridade atmosférica para diferentes localidades do estado do rio grande do sul. In: **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar**, Gramado. 2018.

AGRADECIMENTOS

Á Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento através do projeto de Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (PIPE). (Número do processo: 2015/22424-2).