

## INSOLAÇÃO DECADAL PARA O MUNICÍPIO RECIFE – PE, BRASIL

### DECADAL INSOLATION FOR THE MUNICIPALITY RECIFE - PE, BRAZIL

### INSOLUCIÓN DECADAL PARA EL MUNICIPIO RECIFE - PE, BRASIL

Raimundo Mainar de Medeiros

Prof., Pós-Doc, Dr. Faculdade Ademar Furtado, Bairro noivo, centro, Teresina, Piauí – Brasil

e-mail: mainarmedeiros@gmail.com

#### RESUMO

Objetiva-se a realização do monitoramento de insolação como sendo atividade relevante para a agricultura, energia renovável e fonte de calor, analisando o comportamento decadal e seu comparativo com a média histórica da insolação frente à variação temporal ocorrida no período de 1962-2011 na cidade do Recife. Utilizou-se dos dados para calcular a média decadal de 1962-1971; 1972-1981; 1982-1991; 1992-2001 e 2002-2011 e seu comparativo com a média histórica. Utilizou-se da estatística para realizou-se os referidos cálculos da média decadal, histórica e desvio padrão normalizada para a série de dados em estudo. As incidências de insolação acima dos padrões normais na região de estudo são condicionadas à baixa incidência de cobertura de nuvens, a flutuações de temperatura acima da normalidade e a ocorrência de queimadas. Observa-se que os desvios positivos superaram os desvios negativos, na sua maioria predominaram os desvios negativos entre os anos de 1972 a 1992, demonstrando reduções de até 15% nos seus valores mensais e anuais. Parte da variabilidade interanual da insolação esta associada à ocorrência dos efeitos locais e regionais e as contribuições dos fenômenos de larga e meso escala registrados no período de estudo. Estas variabilidades estão associadas às condições termodinâmicas do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, que inibindo a formação de nuvens, favorece um aumento no fluxo radiativo de ondas curtas e aumento no fluxo do saldo de radiação, potencializando, assim, doenças a população que, por meio de aquecendo da Camada Limite Atmosférica, implicará em pré-disposição desta área a proliferação de vetores.

**Palavras-chave:** Fonte de calor e energia; aplicações climatológicas; energia renovável.

#### ABSTRACT

The objective of this study was to carry out the monitoring of insolation as a relevant activity for agriculture, renewable energy and heat source, analyzing the decadal behavior and its comparative with the historical average of the sunshine against the temporal variation occurred in the period 1962-2011 in the city of Recife. The data were used to calculate the decadal average of 1962-1971; 1972-1981; 1982-1991; 1992-2001 and 2002-2011 and its comparison with the historical average. Statistical analysis was used to perform the aforementioned decadal mean, historical and normalized standard deviation calculations for the data series under study. The incidence of sunshine above normal standards in the study region is conditioned by the low incidence of cloud cover, temperature fluctuations above normal and the occurrence of fires. It is observed that the positive deviations exceeded the negative deviations, most of them predominated the negative deviations between the years 1972 and 1992, demonstrating reductions of up to 15% in their monthly and annual values. Part of the interannual variability of sunshine is associated with the occurrence of local and regional effects and the contributions of the phenomena of large and meso scale recorded in the study period. These variabilities are

associated to the thermodynamic conditions of the South Atlantic Subtropical Anticiclone, which inhibits the formation of clouds, favors an increase in the radiative flux of short waves and an increase in the flow of the radiation balance, thus increasing diseases to the population that, through of the Atmospheric Limit Layer, will imply the proliferation of vectors in this area.

**Keywords:** Heat and energy source, climatological applications, renewable

## RESUMEN

Se pretende la realización del monitoreo de insolación como actividad relevante para la agricultura, energía renovable y fuente de calor, analizando el comportamiento decadal y su comparativo con la media histórica de la insolación frente a la variación temporal ocurrida en el período de 1962-2011 en la ciudad de Recife. Se utilizó de los datos para calcular la media decenal de 1962-1971; 1972-1981; 1982-1991; 1992-2001 y 2002-2011 y su comparativa con la media histórica. Se utilizó de la estadística para realizarse los referidos cálculos de la media decadal, histórica y desviación estándar normalizada para la serie de datos en estudio. Las incidencias de insolación por encima de los patrones normales en la región de estudio se condicionan a la baja incidencia de cobertura de nubes, a fluctuaciones de temperatura por encima de la normalidad y la ocurrencia de quemaduras. Se observa que las desviaciones positivas superaron los desvíos negativos, en su mayoría predominaron las desviaciones negativas entre los años 1972 a 1992, demostrando reducciones de hasta 15% en sus valores mensuales y anuales. Parte de la variabilidad interanual de la insolación está asociada a la ocurrencia de los efectos locales y regionales y las contribuciones de los fenómenos de larga y meso escala registrados en el período de estudio. Estas variabilidades están asociadas a las condiciones termodinámicas del Anticiclón Subtropical del Atlántico Sur, que inhibiendo la formación de nubes, favorece un aumento en el flujo radiactivo de ondas cortas y aumento en el flujo del saldo de radiación, potenciando así enfermedades a la población que, por medio de calentamiento de la Capa Limite Atmosférica, implicará en pre-disposición de esta área la proliferación de vectores.

**Palabras clave:** Fuente de calor y energía, aplicaciones climatológicas, energía renovable.

## 1. INTRODUÇÃO

A insolação vem a ser o número de horas de brilho solar enquanto a radiação solar global representa a soma da radiação vinda diretamente do Sol, acrescida da radiação difundida pelas partículas e gases da atmosfera.

O Sol, além de fonte de vida, é a origem de todas as formas de energia que o homem vem utilizando durante sua história, será a resposta e um indicativo de maior fonte para a questão do abastecimento energético no futuro, uma vez que se explore de maneira racional a luz, que esta estrela constantemente insere sobre o planeta. Brilhando há mais de 5 bilhões de anos, calcula-se que o Sol ainda privilegiará a humanidade por outros 6 bilhões de anos. Isto significa que ele está apenas na metade de sua existência.

Santos (2014) mostrou que o principal modulador da dinâmica atmosférica é a radiação solar fornecendo energia para os movimentos que estimulam a circulação atmosférica, abastece com energia todos os seres vivos do planeta, como a fotossíntese das plantas e as células fotovoltaicas utilizadas na conversão dos raios solares em energia elétrica.

Nas últimas décadas a inclusão dos temas energia renovável e meio ambiente vem sendo alvos de diversificados estudos e discussões, induzindo os cientistas a desenvolverem pesquisa de fontes de energia menos poluentes, renováveis e que produzam pouco impacto ao meio ambiente. A energia solar, cujo aproveitamento tanto como fonte de calor quanto como geradora de eletricidade, é uma fonte de energia renovável que se apresenta bastante viável

apesar de seu custo ainda elevado. O principal obstáculo para alavancar o crescimento da adoção da energia solar encontra-se na falta de informações e dados científicos que permitam uma avaliação da viabilidade econômica dos projetos de uso de fontes renováveis no Brasil. É reconhecida a importância da regionalização da insolação solar para fins agrícolas, de geração não convencional de energia e de estudos climatológicos; todavia, séries temporais extensas de medidas no Brasil e na América do Sul são escassas ou pouco difundidas. Atualmente os Estados que tem os maiores usos de energia solar são: Minas Gerais com 23,8%; Rio Grande do Sul (14%); São Paulo (12,3%); Santa Catarina (6,4%); Paraná (5,1). Os estados do Ceará, Piauí e Maranhão estão em de seu desenvolvimento seus parques solares e sua tendência e superar os que estão em funcionamento, a expectativa para a próxima década e que o uso da energia solar venha a se propagar principalmente na região nordeste do Brasil.

No Brasil verifica-se que, em termos médios anuais, o céu fica encoberto de 24 a 52% do período diurno, e que a insolação é maior que a cobertura do céu: de janeiro a abril na Região Sul, de junho a outubro na Região Norte, de abril a janeiro na Região Nordeste, de março a janeiro na Região Sudeste, e durante o ano todo na Região Centro-Oeste; totalizando uma média anual de insolação entre 1.600 e 3.200 horas em conformidade com Tubelis et al. (1988).

De Paola et al. (2001) mostraram que a radiação solar exerce inúmeros benefícios sobre o homem, contanto que se tomem os devidos cuidados à dose de radiação solar recebida. Fonte de energia fundamental, o sol permite a existência da vida na terra e quase todos os ciclos biológicos conhecidos dependem, direta ou indiretamente, de seus subprodutos, ou seja, da luz visível, radiação infravermelha e radiação ultravioleta de acordo com Guirro et al. (2002).

Klering et al. (2007) mostraram via estudos derivados de sensoriamento remoto que a duração do brilho solar pode ser de grande importância em atividades agrícolas. Por exemplo, o brilho solar tem relação estreita com o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) de arroz irrigado e, por conseguinte correlação elevada com o rendimento da cultura.

Mandelli et al. (2003) propagam que “a videira é uma planta exigente em luz, requerendo elevada insolação durante o período vegetativo, fator importante no processo da fotossíntese, bem como na definição da composição química da uva”. A variável diagnóstica é a quantidade de horas de insolação durante o ciclo fenológico ou parte dela. Esta variável tem íntima relação com a irradiação no intervalo visível, mas não tem um histórico de determinações tão extenso como a insolação.

Souza et al. (2008) mostraram que a componente mais importante a influenciar processos atmosféricos e as condições do tempo e clima no planeta Terra, é a energia proveniente do Sol, responsável pelo aquecimento do ar e do solo, fotossíntese e evaporação da água. As variações no saldo de radiação são fundamentais nos processos atmosféricos e terrestres alterando, por exemplo, a temperatura na superfície, o perfil da taxa vertical de aquecimento e a circulação atmosférica.

Monteiro (2000) demonstrou que o desenvolvimento populacional e as atividades industriais conduzem uma demanda cada vez maior de energia. A insuficiência dos recursos naturais e a crescente ofensiva ao meio ambiente para suprir tal demanda energética vem sendo apontadas como fatores de desequilíbrio ao ecossistema. Deste modo a utilização de energias não convencionais tem sido apontada como uma solução alternativa ao modelo energético atual.

Nobre et al. (1999) afirmam que o efeito do desmatamento em grande escala vem causando mudanças no clima, na hidrologia e nos ciclos biogeoquímicos em escalas, local, regional e global. Silva et al. (2011) relataram que alterações no uso e ocupação das terras na Caatinga, com a implantação de cultivos irrigados, vem alterando os fluxos radiativos com consequente aumento da cobertura vegetal e acentuada redução na temperatura da superfície.

A temperatura média do ar, precipitação pluvial, umidade relativa do ar, evaporação e relacionadas à agricultura por sua importância junto aos processos climáticos insolação são alvo de pesquisas especialmente. São os elementos meteorológicos que exercem influência direta sobre as condições agrícolas em conformidade com Amorim et al. (2004).

A cobertura de nuvem e um dos empecilhos encontrados pela insolação e a radiação solar na sua trajetória em direção à superfície terrestre. A radiação solar na região visível do espectro ao interagir com uma nuvem penetra em seu interior, parte da radiação atravessa a nuvem e parte colide sucessivamente com os cristais e gotículas. Cada colisão entre a radiação e as componentes da nuvem muda não apenas a direção da trajetória, mas a própria radiação, podendo ocorrer à extinção da radiação devido às múltiplas colisões e espalhamentos dentro da nuvem. Parte dessa radiação é redirecionada à superfície terrestre, podendo ser percebida em dias nublados. A superfície da Terra absorve a radiação solar que atravessa as nuvens e reemite a radiação recebida, assim as nuvens funcionam como agentes absorvedores dessa radiação que é emitida pela superfície e pela atmosfera na faixa do infravermelho. Ao conjunto retenção e reflexão da radiação solar pelas nuvens dá-se o nome de cloud-forcing em conformidade com Pereira et al. (1997).

Sabe-se que a variação espacial e temporal do ângulo de incidência dos raios solares na superfície influencia nas suas resultantes quantitativas incidentes sobre a superfície do solo é fator determinante e condiciona os processos que ocorrem nesse ambiente, segundo Silva et al. (1999). No entanto, diariamente, devido à ação antrópica, ocorrem transformações no meio através de substituição do ecossistema natural por estruturas artificiais. Esse processo é contínuo e ocasiona impactos ambientais em vários níveis, principalmente em relação à qualidade do ar e do clima, que representa uma diminuição na qualidade de vida da população. Tal afirmação foi expressa de acordo com o IPCC/TAR (MMA, 2007) que considerou ser pouco provável que o aquecimento observado durante os últimos 100 anos seja apenas consequência da variabilidade natural de clima, segundo as avaliações de modelos climáticos. A principal evidência desse processo é o aumento da temperatura do ar nas cidades, que tem atraído à atenção dos especialistas e da própria sociedade, a principal impactada pelas consequências dessa mudança.

Roriz et al. (2005) apresentaram um mapeamento de médias mensais de irradiância solar global sobre plano horizontal para toda a América do Sul, elaborado a partir de dados registrados em 1037 estações terrestres e da aplicação de técnicas de interpolação geográfica. Foram obtidas aproximações bastante satisfatórias entre valores interpolados e dados medidos. Os resultados permitem estimar a irradiância global, direta ou difusa sobre um plano qualquer, para qualquer intervalo de tempo e para qualquer ponto do território sul americano.

No ano de 2017, entrou em operação as usinas Complexo Solar Lapa (BA), com 158 MW, Parque Solar Ituverava (BA), com 254 MW, e o Parque Solar Nova Olinda (PI), com 292 MW, consideradas as maiores usinas de geração solar da América Latina. Em 2018, foi inaugurado o Parque Solar Horizonte (BA), com 103 MW, (ANEEL, 2017).

Medeiros (2018) Comparou as insolações totais registradas nas Capitais brasileiras e detectou as Capitais com baixos índices de insolação total Rio Branco (1700,7 horas e décimos); Manaus (1828,5 horas e décimos); Porto velho e Boa Vista com 1988,4 e 1896,1 horas e décimos respectivamente. As Capitais de maiores brilhos solares são: Fortaleza (2843,4 horas e décimos); Teresina (2781,7 horas e décimos); Goiana (2606,7 horas e décimos); João Pessoa com 2695,1 horas e décimos; Natal e Aracaju com 2968,4 e 2721,0 horas e décimos, respectivamente e Recife com 2550,7 horas e décimos, as demais Capitais os índices de insolação são inferiores ao registrado na Capital pernambucana conforme tabela 1.

Kozmhinsky et al. (2018) Caracterizaram as condições climáticas da insolação no Estado de Pernambuco através da interpolação, elaborando mapas representativos da distribuição mensal e anual, além da variabilidade baixa e alta insolação pelo método da

krigagem para o período de 1962 a 2016. Os registros apontam incidência de insolação acima dos padrões normais em relação ao período de estudo na região do sertão e alto sertão condicionados a baixa cobertura de nuvens, a flutuações de temperatura acima da normalidade e ocorrências de queimadas. O método de interpolação dos dados de insolação pelo modelo de krigagem indicou níveis de significância ótimos quando estendido para as demais regiões pernambucanas demonstrando condições climáticas idênticas aos valores utilizados das estações trabalhadas.

Tem-se como objetivo a realização do monitoramento de insolação como sendo atividade relevante para a agricultura, energia renovável e fonte de calor, analisando o comportamento decadal (1962-1971; 1972-1981; 1982-1991; 1992-2001 e 2002-2011) e seu comparativo com a média histórica da insolação frente à variação temporal ocorrida nos no período de 1962-2011 no município do Recife – PE.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Recife limita-se ao norte com as cidades de Olinda e Paulista, ao sul com o município de Jaboatão dos Guararapes, a oeste com São Lourenço da Mata e Camaragibe, e a leste com o Oceano Atlântico. Segundo os dados do recenseamento de 2010, a cidade do Recife contém uma população superior a dois milhões de habitantes (IBGE, 2010). Localiza-se na latitude 08°01'S; Longitude 34°51'W, com altitude média em relação ao nível do mar de 72 metros (Figura 1).

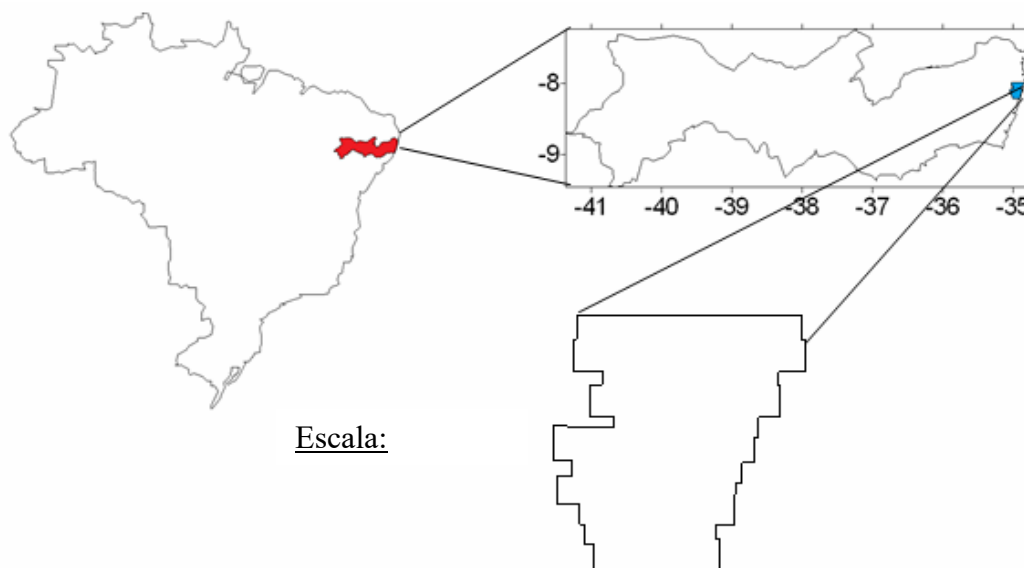


Figura 1. Localização do município de Recife. Fonte: Adaptada pelo Autor.

Medeiros (2016) mostrou que os sistemas atmosféricos atuantes nos índices pluviiais da área estudada são: vestígios de Sistemas Frontais, Distúrbios Ondulatórios de Leste, Brisas Marítimas e Terrestres, Ondas de Leste, ventos alísios de sudeste, atingindo a costa oriental do Nordeste, e provocando chuvas fortes, outro indutor de precipitações é a Zona da Convergência Intertropical (ZCIT). As formações dos sistemas de Vórtices Ciclones de Altos Níveis (VCAS) quando de suas formações nos meses de fevereiro a abril e com suas bordas sobre o NEB em especial acima do estado do Pernambuco aumenta a cobertura de nuvem e provocam chuvas de alta intensidade e curto intervalo de tempo, causando prejuízo às comunidades como alagamento, enchentes, inundações e ao setor socioeconômico, agropecuário e ao transporte urbano. E os efeitos locais como formações de Aglomerados convectivos; Linha de

instabilidade e a troca de calor latente por calor sensível.

O clima local foi classificado, segundo Köppen, como sendo do tipo “Am” clima de monção em conformidade com Medeiros (2018) e Alvarez et al. (2013).

### 3. METODOLOGIA

Utilizou-se das médias mensais de insolação obtidas da estação climatológica do INMET, no período de 1962 a 2016. Utilizou-se dos referidos dados para calcular a média decenal de 1962-1971; 1972-1981; 1982-1991; 1992-2001 e 2002-2011 e seu comparativo com a média histórica. Para tanto se utilizaram da estatística básica e realizou-se os referidos cálculos da média decadal, média histórica e de seu desvio padrão normalizada para a série de dados acima descrita.

Segundo Galvani (2011) o desvio padrão é importante para terem-se informações do “grau de dispersão dos valores em relação ao valor médio”. O coeficiente de variância que é utilizado para fazer comparações em termos relativos e expressa “a variabilidade de cada conjunto de dados normalizada em relação à média, em porcentagem.”

As técnicas geoestatísticas podem ser usadas para descrever e modelar padrões espaciais em estudo, com a finalidade de predizer valores em locais e/ou regiões não amostrados conforme Andriotti (2009).

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 2 tem-se a variabilidade da Insolação decadal 1962-1971 e sua média climatológica do período 1962-2015 para cidade do Recife– PE. Percebe-se que nos meses de março, abril, maio, junho e agosto a insolação decadal fluiu abaixo da média climatológica. Nos meses de setembro, outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro a insolação climatológica foi menor que a insolação decadal. O mês de máxima insolação foi novembro e o de mínima registrou-se junho.

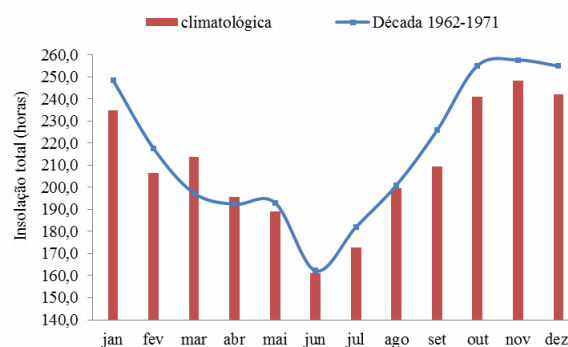


Figura 2. Insolação decadal 1962-1971 e sua média climatológica do período 1962-2015 para o município de Recife – PE.

A década 1972-1981 registrou-se insolações elevadas nos meses de janeiro, agosto, outubro e novembro, nos demais meses a insolação foi reduzida esta variabilidade foram causadas pela cobertura de nuvens, ocorrências de chuvas e seu auxílio pelas contribuições locais. (Figura 3).

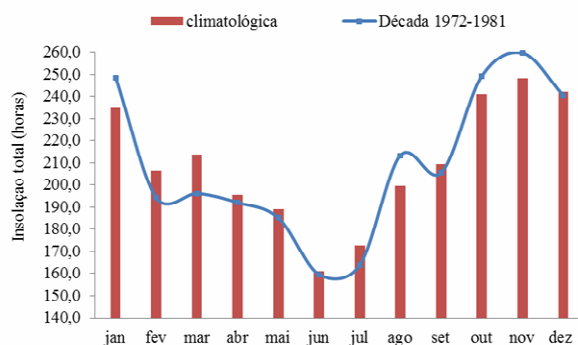


Figura 3. Insolação decadal 1972-1981 e sua média climatológica do período 1962-2015 para o município de Recife – PE.

A insolação decadal registrou-se redução quando comparadas a insolação climatológica nos meses de abril, maio, julho, agosto a dezembro e nos meses de janeiro, fevereiro, março e junho apresentaram elevadas incidências de insolação de acordo com a figura 4.

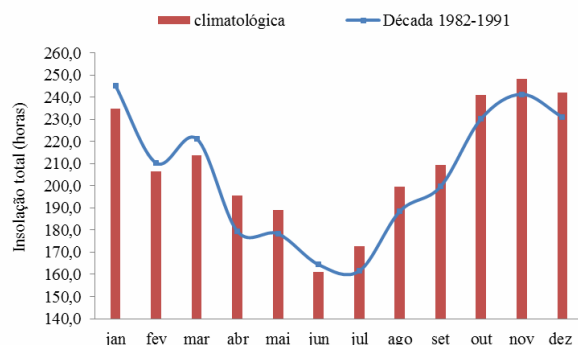


Figura 4. Insolação decadal 1982-1991 e sua média climatológica do período 1962-2015 para o município de Recife – PE.

Figura 5 tem-se a variabilidade decadal e seu comparativo com a insolação climatológica. Observa-se que a climatologia superou as médias decadais exceto os meses de agosto e novembro, destaca-se dois pontos de máximos na insolação climatológicas ocorridas nos meses de março e outubro assim como os meses de fevereiro e junho com dois picos de mínimas insolações. Outubro, novembro e dezembro foram os meses de altas incidências de insolação e os meses de maio, junho e julho com baixas incidências. As baixas intensidades de insolação ocorrida na década esta relacionada com as flutuações de meso e microescala, auxiliadas pelos efeitos locais e regionais que reduziram as intensidades da insolação e aumentaram a cobertura de nuvem.

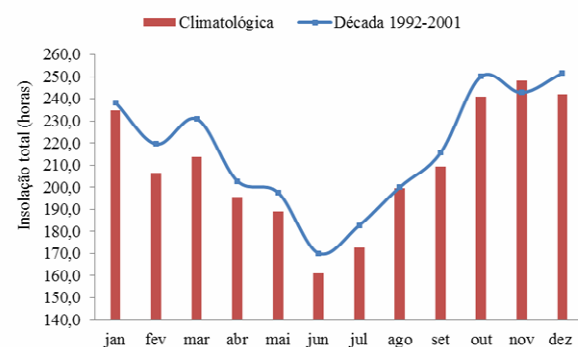


Figura 5. Insolação decadal 1992-2001 e sua média climatológica do período 1962-2015 para o município de Recife – PE.

Na figura 6 ressaltar a variabilidade da insolação decadal de 2002-2011, destacam-se os meses de janeiro, maio, agosto e outubro com a média histórica fluindo abaixo da insolação registrada, os demais meses em estudo mostram que a insolação histórica foi superior às observadas. Destacam-se dois picos de máxima insolação nos meses de março e novembro, e os picos de mínimos registrados nos meses de fevereiro e junho. O trimestre de menor insolação ocorre nos meses de maio, junho e julho, ao passo que os meses de outubro a dezembro registram-se as maiores incidências de insolação.

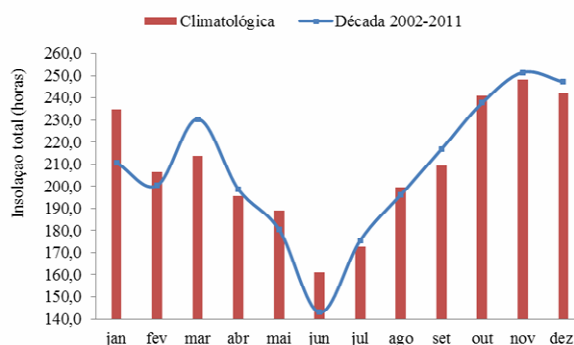


Figura 6. Insolação decadal 2002-2011 e sua média climatológica do período 1962-2015 para o município de Recife – PE.

Figura 7 tem-se a variabilidade da Insolação anual e sua média climatológica do período 1962-2015 para o município de Recife – PE. Em 53 anos com observações de insolação, registrou-se vinte e oito anos com índices de insolação acima da media; 4 anos com registro próximo a média e 21 ano com baixo índices de insolação registrado. A reta de tendência apresenta coeficiente angular negativo e tem baixo nível de significância. Salienta-se que não podemos confirmar que futuramente ocorrerão reduções nos índices da insolação para a área estudada.

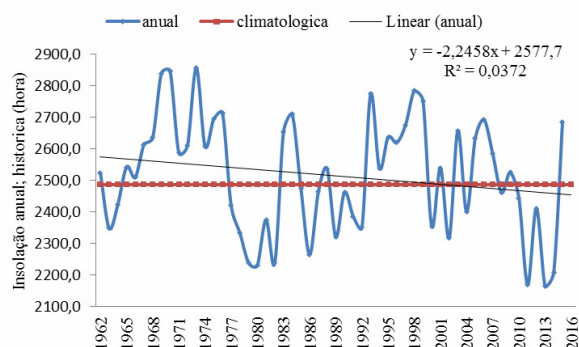


Figura 7. Insolação anual e sua média climatológica do período 1962-2015 para o município de Recife – PE.

A temperatura média, precipitação, umidade relativa do ar, evaporação e insolação estão relacionadas à agricultura por sua importância junto aos processos climáticos, que exercem influência direta sobre as produções agrícolas em conformidade com Amorim et al. (2004). Associado às condições termodinâmicas do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, que inibindo a formação de nuvens, favorece um aumento no fluxo radiativo de ondas curtas e aumento no fluxo do saldo de radiação, potencializando, assim, doenças a população que, por meio de aquecendo da Camada Limite Atmosférica, implicará em pré-disposição desta área a proliferação de vetores.

Na figura 8 tem-se a variabilidade do desvio normalizado da insolação compreendido entre o período de 1962-2011, entre os anos de 1965 a 1976 predominou o desvio positivo com oscilação entre 0,5 a 14%. No período de 1993 a 2009 ocorreu alternância da insolação de -7 a



11%. Os anos de 1962, 1965, 1966, 1988, 1994, 2001 e 2009 registram-se as menores incidências de insolação.

Os desvios normalizados negativos fluíram entre -3,5 a -14%. As maiores concentração de desvios negativos estão registradas nos anos de 1977 a 1992 com oscilação de -1 a 14%. Em 1985, 1987, 1990 e 2008 registraram-se os menores desvios. Estas flutuações podem estar relacionadas aos sistemas transientes de mesos e largas escala atuante na área de estudo.

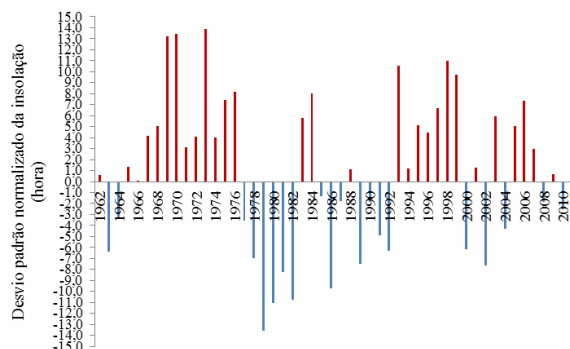


Figura 8. Desvio padrão normalizado da insolação para o município de Recife – PE.

As flutuações da insolação entre os anos estudados oscilam entre 2.857,8 horas ano<sup>-1</sup> há 1.172,1 horas ano<sup>-1</sup> em Petrolina, a estimativa anual da insolação é de 2.481,7 horas ano<sup>-1</sup>. A insolação máxima absoluta registrada entre o período de 1962-2015 foi de 319,6 horas mês<sup>-1</sup> ocorrida no mês de dezembro e mínima insolação registrada de 108,6 horas mes<sup>-1</sup> em julho.

A tabela 1 tem-se as medidas de tendência central e de dispersão da insolação no município Recife. Com média anual de 2.484,2 horas, desvio padrão de 258,8 horas e a mediana com flutuações mensais 182,3 horas em junho há 285,9 horas em novembro, também se observa as insolações máximas e mínimas absolutas registradas no período de 1962-2015.

Tabela 1. Medidas de tendência central e de dispersão da insolação no município Recife.

Meses	Média (mm)	Desvio padrão	Mediana (mm)	Coefficiente Variância (%)	Insolação Máxima (mm)	Insolação Mínima (mm)
Janeiro	233,3	33,7	232,2	0,144	297,6	148,2
Fevereiro	205,8	33,9	198,0	0,165	270,0	116,4
Março	212,6	33,9	207,4	0,159	280,4	143,9
Abril	194,9	29,9	234,8	0,153	258,7	123,4
Mai	188,5	25,5	202,8	0,135	249,9	131,4
Junho	163,8	28,1	182,3	0,171	226,8	113,4
Julho	170,2	25,4	182,9	0,149	218,8	108,6
Agosto	199,3	25,6	219,5	0,129	282,9	156,9
Setembro	208,8	31,6	224,9	0,151	270,4	133,2
Outubro	241,1	31,5	223,8	0,131	297,1	164,7
Novembro	247,8	27,7	285,9	0,112	308,0	139,1
Dezembro	242,0	34,5	259,3	0,142	319,6	143,9
Anual	2484,2	258,8	2653,8	0,104	2857,8	1172,1

Na tabela 2 tem-se o comparativo das estações da América do Sul com dados medidos de Irradiância Global sobre Plano Horizontal, Horas de Insolações, ou outros parâmetros dos Países da América do Sul. As principais fontes de obtenção desses dados foram o World Radiation Data Centre (WRDC, 2003), o Departamento de Engenharia Solar da Universidade

de Massachusetts (UML, 2003) e o Centro de Estudos da Energia Solar, em Sevilla, Espanha (Censolar, 1993).

Tabela 2. Estações da América do Sul com dados medidos de Irradiância Global sobre Plano Horizontal, Horas de Insolações, ou outros parâmetros.

País	Irradiância Global			Soma
	Sobre plano horizontal	Insolação	Diversos	
Argentina	51	65	21	137
Bolivia	6	14	8	28
Brasil	364	39	-	403
Chile	86	-	-	86
Colômbia	3	88	-	91
Equador	6	58	5	69
Guiana	1	-	-	1
Francesa				
Guiana	3	13	1	17
Paraguai	2	15	-	17
Peru	22	53	-	75
Suriname	-	19	-	19
Uruguai	6	-	-	6
Venezuela	45	43	-	88
Totais	595	47	35	1037

A falta de equipamentos e/ou instrumentação para registrar os valores da Irradiância Global sobre Plano Horizontal, Horas de Insolações, ou outros parâmetros, são poucos e mal distribuídos, para tanto muitos estudiosos trabalham com estimativas de dados de acordo com Roriz et al. (2005).

Na tabela 3 têm-se as variabilidades da Insolação total, períodos (chuvoso e seco) e da cobertura de nuvens e seus respectivos períodos chuvoso e seco nas capitais do Brasil.(Fonte:INMET,2017). Destacam-se as Capitais com baixos índices de insolação total Rio Branco (1700,7 horas e décimos); Manaus (1828,5 horas e décimos); Porto velho e Boa Vista com 1988,4 e 1896,1 horas e décimos respectivamente. As Capitais de maiores brilhos solares são: Fortaleza (2843,4 horas e décimos); Teresina (2781,7 horas e décimos); Goiana (2606,7 horas e décimos); João Pessoa com 2695,1 horas e décimos; Natal e Aracaju com 2968,4 e 2721,0 horas e décimos, respectivamente e Recife com 2550,7 horas e décimos, as demais Capitais os índices de insolação são inferiores ao registrado na Capital pernambucana conforme tabela 3.

As coberturas de nuvem total nas Capitais Brasileira fluem entre 0,50 a 0,80 décimos. No período chuvoso a cobertura de nuvem oscila entre 0,30 a 0,90 décimos ao passo que no período seco a cobertura de nuvem flui entre 0,25 a 0,70 décimos. Os valores representados das cobertura de nuvem correspondem ao trimestre de maior e menor cobertura de nuvem de cada capital brasileira, conforme pode ser visualizado na tabela 3.

Tabela 3. Comparativos da Insolação total, períodos (chuvoso e seco) e da cobertura de nuvens e seus respectivos períodos chuvoso e seco nas capitais do Brasil.

Capitais	Insolação total			Cobertura nuvens		
	Anual	Período Chuvoso	Período Seco	Anual	Período Chuvoso	Período Seco
Rio Branco (AC)	1700,7	297,1	571,0	0,70	0,75	0,60
Manaus (AM)	1828,5	298,1	639,7	0,60	0,70	0,50
Macapá (AP)	2335,2	334,1	626,3	0,80	0,90	0,70
Salvador (BA)	2495,8	522,7	666,3	0,50	0,60	0,50
Fortaleza (CE)	2843,4	389,4	1068,9	0,70	0,70	0,35
Brasília (DF)	2363,0	540,1	782,8	0,60	0,70	0,30
Vitória (ES)	2368,4	470,7	669,3	0,50	0,70	0,40
Goiana (GO)	2606,7	503,7	837,0	0,65	0,70	0,30
São Luiz (MA)	2312,9	334,6	762,0	0,60	0,80	0,50
Belo Horizonte (MG)	2569,3	540,6	752,2	0,50	0,65	0,30
Campo Grande (MS)	2576,1	565,9	711,2	0,70	0,60	0,40
Cuiabá (MT)	2465,3	510,9	699,1	0,50	0,60	0,30
Belém (PA)	2241,6	328,0	746,4	0,70	0,80	0,55
João Pessoa (PB)	2695,1	552,7	813,1	0,60	0,60	0,55
Recife (PE)	2550,7	511,1	768,3	0,60	0,70	0,60
Teresina (PI)	2781,7	504,7	893,3	0,50	0,70	0,30
Curitiba (Pr)	2006,2	463,0	534,3	0,70	0,75	0,60
Rio de Janeiro (RJ)	2181,8	466,8	619,6	0,50	0,65	0,40
Natal (RN)	2968,4	894,4	615,2	0,50	0,60	0,40
Porto Velho (RO)	1988,4	329,4	710,4	0,70	0,75	0,65
Boa Vista (RR)	1896,1	361,0	601,3	0,30	0,30	0,30
Porto Alegre (RS)	2338,3	416,1	764,3	0,50	0,60	0,50
Florianópolis (SC)	2096,8	341,1	590,3	0,60	0,70	0,50
Aracaju (SE)	2721,0	572,4	678,6	0,60	0,60	0,50
São Paulo (SP)	2003,3	457,3	544,7	0,70	0,75	0,60
Palma (TO)	2293,1	505,0	680,4	0,40	0,75	0,25

## 5. CONCLUSÕES

As incidências de insolação acima dos padrões normais estão condicionadas a baixa incidência de cobertura de nuvens, a flutuações de temperatura acima da normalidade e a ocorrência de queimadas.

Observa-se que os desvios positivos superaram os desvios negativos, na sua maioria predominaram os desvios negativos entre os anos de 1972 a 1992, demonstrando reduções de até 15% nos seus valores mensais e anuais.

Parte da variabilidade interanual da insolação esta associada à ocorrência dos efeitos locais e regionais e as contribuições dos fenômenos de larga e meso escala registrados no período de estudo.

Esse aumento está associado às condições termodinâmicas do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, que inibindo a formação de nuvens, favorece um aumento no fluxo radiativo de ondas curtas e aumento no fluxo do saldo de radiação, potencializando, assim, doenças a população que, por meio de aquecendo da Camada Limite Atmosférica, implicará em pré-disposição desta área a proliferação de vetores.

Os resultados merecem estudos mais aprofundados e específicos, inclusive de ordem metodológica, tendo como objeto de estudo os balanços de radiação e energia, com abordagens na influência desses fluxos em biomas.

A maior incidência da insolação foi verificada nos meses de agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro para o município estudado.

Usar vestimentas com mangas compridas, confeccionadas em tecidos com as fibras bem fechadas, o que não as encarece, é mais eficiente do que um tipo particular de têxtil. A melhor forma de proteção é usar calças compridas e camisas de mangas longas associadas aos protetores solares.

É reconhecida a importância da regionalização da insolação solar para fins agrícolas, de geração não convencional de energia e de estudos climatológicos; todavia, séries temporais extensas de medidas no Brasil e na América do Sul são escassas ou pouco difundidas.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, R.C.F.; AMORIM, D.K.F.; LEITE, C.C.; GOMES, H.B. Análise climática para a cidade de Curitiba/PR. In: congresso Brasileiro de Meteorologia, 13, Fortaleza, 2004. Anais...Fortaleza, 2004.

ANEEL. Agencia Nacional de Energia Elétrica. 2017.

ANDRIOTTI, J.L.S. Fundamentos de estatística e geoestatística. São Leopoldo: Unisinos, v. 3, p.165, 2009.

CENSOLAR. Valores Medios de Irradiacion Solar Sobre Suelo Horizontal - Centro de Estudios dela Energia Solar. Sevilla. 1993.

DE PAOLA, M.V.R.V.; RIBEIRO, M.E. Princípios de Formulação de Protetores Solares. Cosmetics & Toiletries, São Paulo: Tecnopress Editora e Publicidade, v. 13, n., p.74-82, out. 2001.

GALVANI, E. Estatística descritiva mensal de aula. In: VENTURI, L.A.B. Geografia: Práticas de campo, laboratório e sala de aula. São Paulo: Editora Sarandi, 2011.

GUIRRO, E.; GUIRRO, R. Fisioterapia dermato funcional. Fundamentos, recursos e patologias. São Paulo: Manole, 2002.

INMET Instituto Nacional de Meteorologia. Irradiação solar do Brasil. INMET Instituto Nacional de Meteorologia / LABSOLAR Laboratório de Energia Solar EMC-UFSC, 1998. 58 pp.

INMET Instituto Nacional de Meteorologia. Normais climatológicas 1962-2017.

KLERING, E.V.; M.S. CUSTÓDIO; FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A. Relação entre os perfis temporais de NDVI/MODIS da cultura do arroz irrigado, a insolação e o rendimento na região da Campanha do Rio Grande do Sul. Anais, XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, p. 249-254, 2007.

KOZMHINSKY, M.; MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; SILVA, V.P. Average insolation interpolated by the krigagem method for the state of Pernambuco – Brazil. Journal of Hyperspectral Remote Sensing, v. 8. p.78-84, 2018.

MANDELLI, F.; J. TONIETTO, UVAS Viníferas para Processamento em Regiões de Clima Temperado. In: Embrapa Uva e Vinho. Sistema de produção, 4. Versão eletrônica julho 2003. Endereço <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvsUvasViniferasRegioesClimaTemperado/clima.htm> . Visitado em março 2008.

MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; VIANA, M.A.; SILVA, V.P. Climate classification in Köppen model for the state of Pernambuco – Brazil. Revista de Geografia (Recife) V. 35, No. 3, 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI/José A. Marengo. Brasília: MMA, 2007.

NOBRE, C. A.; FISCH, G.; NOBRE, A. D. Balanço de energia, vapor d'água e CO<sub>2</sub> em áreas de floresta tropical na Amazônia Central. In: Relatório do projeto (0966/95) realizado pelo INPE e INPA, p.373-385, 1999.

SANTOS, R.M.B. Aplicação do método de kriging para estimar campos de radiação solar: um estudo para o Nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia. INPE. São José dos Campos. 2014.

SILVA, M.S.; COSTA, L.A.M.; BENINCASA, M.; LUCAS JR. J. Avaliação das perdas de nitrato em solo irrigado e submetido à diferentes intensidades de radiação solar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.3, n.1, p.82- 88, 1999.

SILVA, B.B.; BRAGA, A.C.; BRAGA, C.C. Balanço de radiação no perímetro irrigado São Gonçalo – PB mediante imagens orbitais. Revista Caatinga, v.24, p.145-152, 2011

SOUZA, J.D.; SILVA, B.B.; CEBALLOS, J.C. Estimativa da radiação solar global à superfície usando um modelo estocástico: caso sem nuvens. Revista Brasileira de Geofísica, v.26, p.31-44, 2008.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Carga horária de trabalho: evolução e principais mudanças no Brasil [Internet]. [Brasília, DF]: Ipea; 2009. [acesso em 2013 dez 20]. Disponível em: [http://www.simpsc.org.br/wp-content/uploads/2011/12/arq\\_24\\_red.pdf](http://www.simpsc.org.br/wp-content/uploads/2011/12/arq_24_red.pdf). 9.

HOLMAN, C.D.; GIBSON, I.M.; STEPHENSON, M.; ARMSTRONG, B.K. Ultraviolet irradiation of human body sites in relation to occupation and outdoor activity: field studies using personal UVR dosimeters. Clin Exp Dermatol. May;8(3):269-77. 1983

RORIZ, M.; SANTOS, J.C.P. Distribuição de energia solar na América do Sul. ENCARELACAR 2005, Maceió, Alagoas, Brasil – 5 a 7 de outubro 2005. P.1658-1666.2005.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.J.S. Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo: Nobel, 374 p. 1988.

UML. Solar Irradiation Database. Solar Engineering Department. University of Massachusetts Lowell Photovoltaic Program. [<http://energy.caeds.eng.uml.edu/>]. 2003.

WRDC. World Radiation Data Centre, Main Geophysical Observatory in St. Petersburg, Russia [<http://wrdc-mgo.nrel.gov>]. 2003.