



Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Educação a Distância da UFSM – EAD
Universidade Aberta do Brasil – UAB

**Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos
Processos Produtivos**

Polo: Camargo

**POTENCIAL SOLAR NO NORTE GAUCHO, VOLTADO PARA
IMPLANTAÇÃO DE AUTOGERAÇÃO ENERGÉTICA, COM USO DA
TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA**

FEDERIZZI, Diana¹

SALVADOR, Cesar Addis Valverde²

¹ Pós-graduanda do Curso de Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS

² Pós Doutor em Energias de Produção. Cesar Addis Valverde Salvador. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS

RESUMO

A instalação de painéis de captação de irradiação solar para geração de energia, representa uma ótima possibilidade de suprir as necessidades de utilização da eletricidade, que é uma das formas energéticas que melhor se adapta a vida atual e uma estratégia para minimizar os problemas climáticos acarretadas pelo desenvolvimento humano.

Neste trabalho, apresenta-se métodos de levantamento do potencial energético solar para a região Sul do país, mais especificamente a região do norte gaúcho.

Para análise do potencial de irradiação e insolação será levado a pertinente consideração, além da região de estudo, a inclinação e posicionamento de painéis, assim como uma comparação de potencialidade em relação a Alemanha onde o sistema fotovoltaico é muito mais utilizado.

Ao realizar a análise dos dados obtidos, concluiu-se que a média decenal entre os anos de 2004 e 2013 é de 6,71 horas/dia de insolação e de 4,4 kWh/m²/dia de irradiação diária em Passo Fundo.

Palavras-chave: Irradiação solar, Tecnologia fotovoltaica, Insolação.

ABSTRACT:

The installation of panels to capture solar radiation for energy generation, represents a great opportunity to meet the needs of electricity utilization, which is one of the energy forms that best fits the current life and a strategy to minimize the climate problems brought about by human development. This paper presents methods to lift the solar energy potential for the southern region of the country, more specifically the northern region gaucho. For analysis of the potential of solar irradiation, it will be taken the appropriate consideration, in addition to the region of study, the inclination and positioning of panels, as well as a comparison of potentiality in relationship to a Germany where the photovoltaic system is much more used.

SUMÁRIO

Resumo.....	2
Abstract:.....	3
sumário.....	4
Índice de figuras	5
índice de tabelas	7
1 Introdução.....	8
2 OBJETIVOS.....	10
3 OBJETIVO ESPECÍFICO	10
4 METODOLOGIA.....	11
5 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
5.1 Potencial Brasileiro de Energia Solar.....	12
5.2 Utilização da energia fotovoltaica.....	15
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
6.1 Caracterização do local de estudo	20
6.2 Sintetização de dados.....	20
6.3 Análise de dados.....	21
7 CONCLUSÃO	32
8 REFERÊNCIAS.....	33
9 ANEXOS	35

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo por setor de atividades de eletricidade no Brasil. Fonte: EPE 2013.	9
Figura 2- Atlas de irradiação solar do Brasil.	12
Figura 5- Sistema fotovoltaico e seus instrumentos(2014).	16
Figura 6- Fachada com módulos fotovoltaicos da Biblioteca Pompeu Fabras, Catlunya, Espanha.	17
Figura 7- Mapa de irradiação solar global horizontal média anual do Brasil e Alemanha (kWh/m ² /ano).	18
Figura 8- Mapa de localização de Passo Fundo e região. Fonte: Site da Prefeitura Municipal de Passo Fundo.	20
Figura 9 - Dados de radiação e radiação inclinada, para azimute -90°, 0° e 90°, ambos com inclinação de 28°, gerados pelo software Radasol 2.	22
Figura 10 - Níveis de irradiação média em kWh/m ² /dia, levando em conta as Irradiações global, inclinada, direta e difusa.	23
Figura 11 - Níveis de radiação solar Mensal em W/m ² , considerando as irradiações global, inclinada, direta e difusa e as horas do dia onde elas acontecem.	23
Figura 12 - Níveis de irradiação solar para o mês de fevereiro, conforme as horas do dia em que acontecem.	24
Figura 13 -Níveis de irradiação solar para o mês de março, conforme as horas do dia em que acontecem.	25
Figura 14 -Níveis de irradiação solar para o mês de abril, conforme as horas do dia em que acontecem.	25
Figura 15 - Níveis de irradiação solar para o mês de maio, conforme as horas do dia em que acontecem.	26
Figura 16 - Níveis de irradiação solar para o mês de junho, conforme as horas do dia em que acontecem.	27
Figura 17 - Níveis de irradiação solar para o mês de julho, conforme as horas do dia em que acontecem.	27
Figura 18 - Níveis de irradiação solar para o mês de agosto, conforme as horas do dia em que acontecem.	28

Figura 19 -Níveis de irradiação solar para o mês de setembro, conforme as horas do dia em que acontecem.	29
Figura 20 -Níveis de irradiação solar para o mês de outubro, conforme as horas do dia em que acontecem.	29
Figura 21 -Níveis de irradiação solar para o mês de novembro, conforme as horas do dia em que acontecem.	30
Figura 22-Níveis de irradiação solar para o mês de janeiro, conforme as horas do dia em que acontecem.	31

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2004 até 2013.	21
Tabela 2 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2004. Fonte: Adaptado CNTP.	35
Tabela 3 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2005. Fonte: Adaptado CNTP.	36
Tabela 4 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2006. Fonte: Adaptado CNTP.	37
Tabela 5 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2007. Fonte: Adaptado CNTP.	38
Tabela 6 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2008. Fonte: Adaptado CNTP.	39
Tabela 7 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2009. Fonte: Adaptado CNTP.	40
Tabela 8 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2010. Fonte: Adaptado CNTP.	41
Tabela 9 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2011. Fonte: Adaptado CNTP.	42
Tabela 10 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2012.	43
Tabela 11 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2013.	44

1 INTRODUÇÃO

Com o atual desenvolvimento humano e crescimento econômico das nações mundiais, estão se criando problemas de crise energética, provocados principalmente pelo aumento de consumo energético e de população.

A necessidade de substituir derivados de petróleo (fonte de energia fóssil e não renovável), fica cada vez mais evidente e irreversível.

Entre todas as formas de energia, a eletricidade é a que melhor se adapta e se insere na vida atual. Sendo a energia elétrica a fonte mais nobre e mais versátil, estando presente em todos os usos energéticos finais dos consumidores. É, certamente, a forma que mais contribui para o desenvolvimento e o bem estar da sociedade.

As mudanças climáticas acarretadas pelo desenvolvimento humano, e impacto causado pelo uso da atual matriz energética, sugere também que deve haver uma mudança desta para uma menos impactante para o meio ambiente, além de aumentar a eficiência energética o uso de fontes renováveis de energia pode ser uma estratégia para minimizar os problemas climáticos.

O Brasil pode avançar muito no desenvolvimento de exploração das fontes renováveis de energia, pois é considerado de grande potencial, além de ser muito amplo em extensão territorial, possuindo fontes naturais abundantes e clima muito favorável.

O país possui uma estrutura energética privilegiada se comparada a outros países, visto que seu potencial hidroelétrico e as possibilidades para uso de biomassa, energia eólica e energia solar serem abundantes.

Mesmo o percentual de consumo energético utilizado sendo do setor industrial com 42%, (EPE,2013), o setor residencial ocupa 24% do consumo, conforme pode ser visto na Figura 1, e é o setor mais indicado para se repensar a utilização de energia, pois este é o único que recebe incentivos do Governo Federal no quesito diversificação da matriz energética e auto produção.

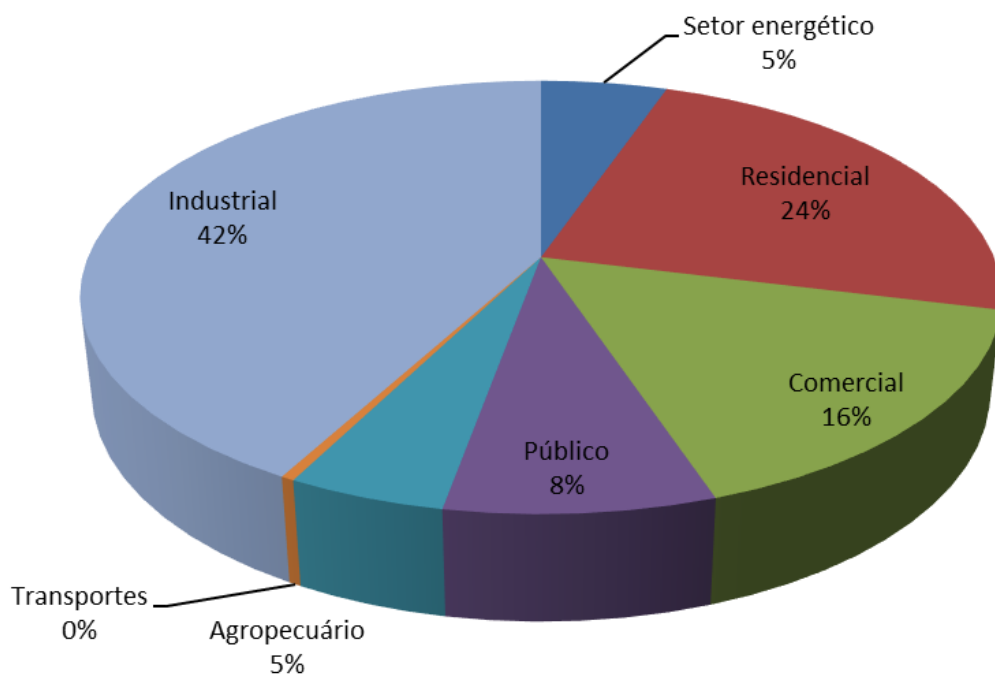


Figura 1 - Consumo por setor de atividades de eletricidade no Brasil.

Fonte: EPE 2013.

2 OBJETIVOS

Este trabalho visa fazer uma análise da quantidade de irradiação solar e insolação disponíveis na região do Norte do Rio Grande Sul, com dados precisos para a cidade de Passo Fundo, sendo esta uma das primeiras ações a serem realizadas antes da instalação de um sistema fotovoltaico para produção de energia elétrica, levando em conta a melhor inclinação possível para o painel de acordo com o azimute que pode variar de acordo com a posição, sendo a posição Norte sempre a mais favorável (Norte = 0° , Leste= 90° e Oeste= -90°) e a latitude como inclinação mais favorável ao recebimento dos raios solares.

Esta análise ocorreu fazendo uso de software de interpolação de dados e fazendo uso de dados fornecidos pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA), através de dados do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT).

3 OBJETIVO ESPECÍFICO

-Reunir e sintetizar dados sobre irradiação solar e insolação para a cidade de Passo Fundo;

-Fazer uma análise comparativa de dados durante um período de 10 anos;

-Concluir quais dados demonstra um resultado mais satisfatório, confiável e de melhor qualidade para a instalação de conjunto fotovoltaico de autogeração energética.

4 METODOLOGIA

Para análise de irradiação solar, faz-se uso de um programa idealizado pelo LABSOL (Laboratório de Energia Solar) da UFRGS, o Radasol 2, que tem como base de operação a sintetização de dados meteorológicos, bem como estes dados também podem ser inseridos se desejado. Serão informados valores de inclinação, direção, para obtenção de dados de irradiação global horizontal, inclinada e difusa anual ou para um determinado período (mês). Ainda, se desejar, pode-se consultar o melhor ângulo de inclinação para escolher a mais adequada para a região.

Também fez-se uso de dados meteorológicos da Embrapa Trigo sobre a cidade Passo Fundo, extraídos do CNPT e da EMBRAPA. Estes dados técnicos permitiram a integração de dados para análise comparativa.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

5.1 POTENCIAL BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR

Sendo o Brasil um país com elevados índices de irradiação solar e tendo uma parte da população rural desprovida de energia elétrica, uma ótima oportunidade de diversificar a matriz energética é evitar a possibilidade de novos racionamentos de energia fazendo uso da tecnologia oferecida pelo sistema fotovoltaico de geração energética. Este sistema é muito atrativo em sistemas isolados de energia elétrica, mas ainda muito dificultado por não ter produção nacional de seus instrumentos, tendo que recorrer a módulos importados. A Figura 2, demonstra o potencial solar no Brasil, com valores em Wh/m².

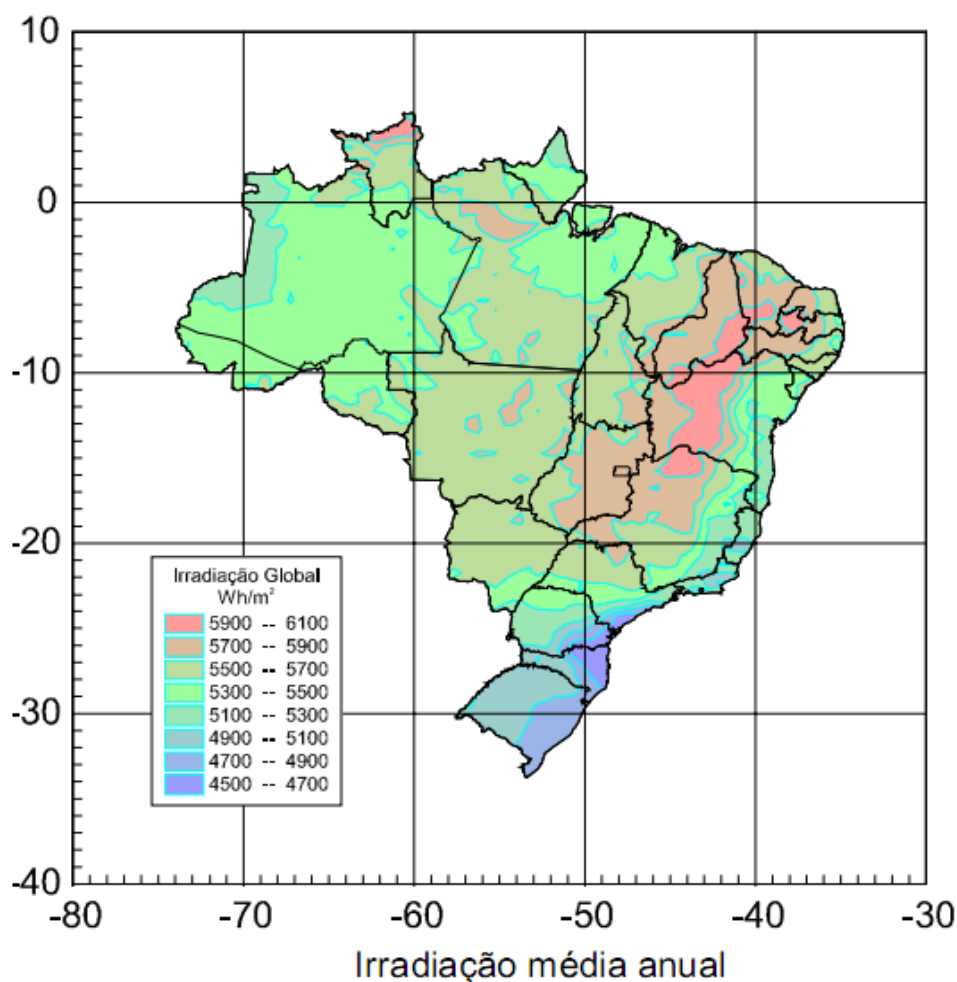


Figura 2- Atlas de irradiação solar do Brasil.

Fonte: COLLE, 1998.

Nesse mapa de irradiação média anual está representado como são as variações dos níveis de radiação, decorrente de característica físicas e climatológica do Brasil. Percebe-se que o sul do país possui o menor potencial de irradiação e a região do Árido e Semiárido árido brasileiro possui o pico de maior potencial em irradiação do país, tendo mais capacidade de gerar energia a partir de um mesmo sistema instalado. A Figura 3, explica os tipos e qualidade de irradiação possível na superfície terrestre em MJ/m²/dia.

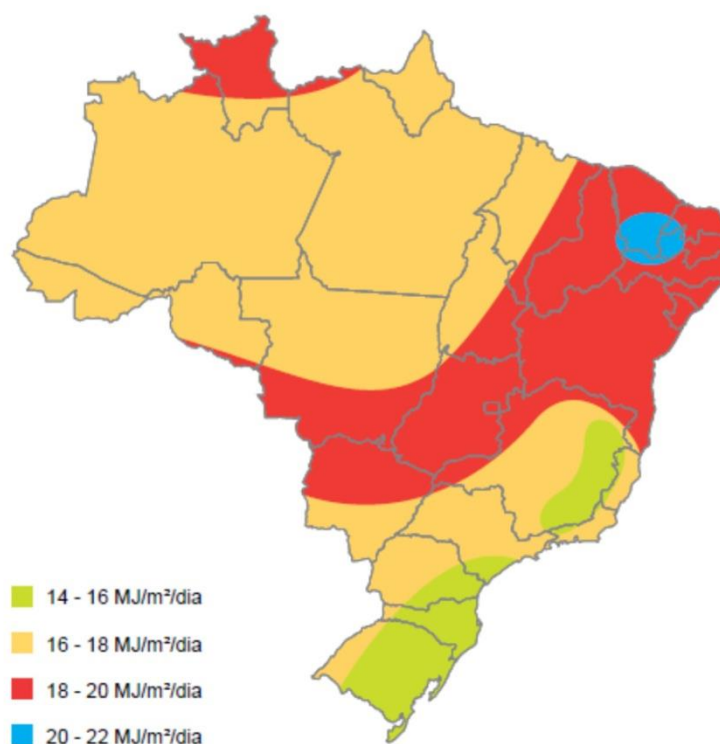


Figura 5.2 – Variação da radiação solar no Brasil.

Fonte: EPE, 2007.

Figura 3- Variação da radiação solar no Brasil.

Fonte: EPE,2007.

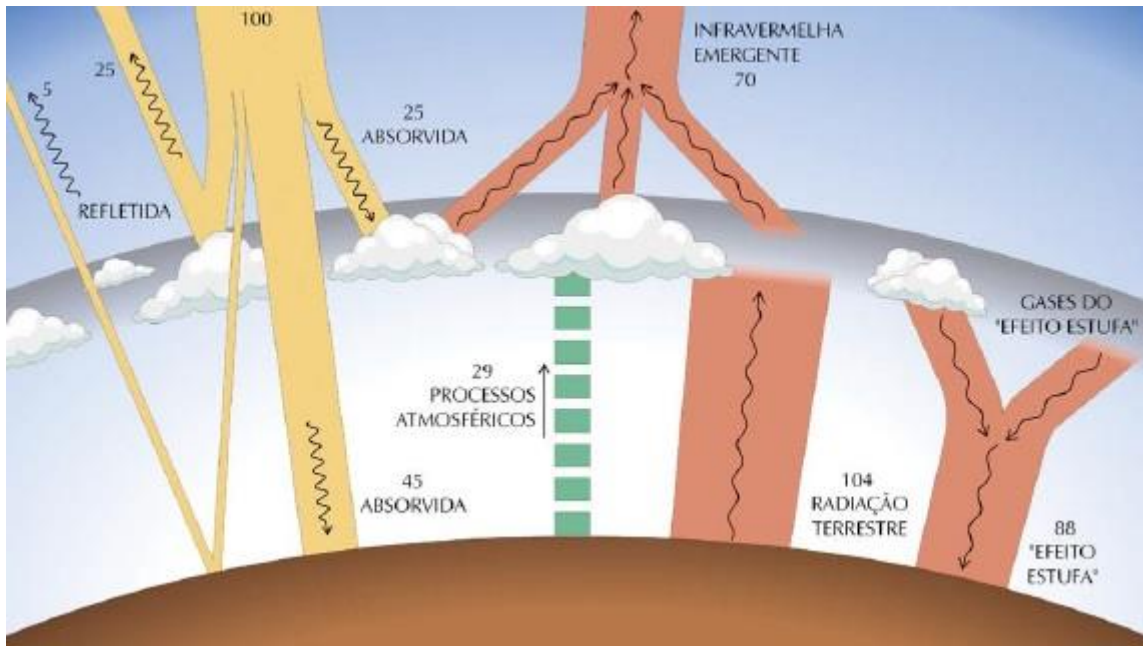


Figura 4 - Diagrama simbólico dos processos de interação da radiação solar com a atmosfera terrestre.

Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2004.

A Figura 4, explica os tipos e qualidade de irradiação possível na superfície terrestre. Os raios solares emitidos, ao atingirem a atmosfera, sofrem transformações em decorrência dos fenômenos físicos que nela encontram. Basicamente, a absorção da radiação solar pela superfície passa a ter várias formas de intensidade, podendo ser direta, indireta, difusa e de reflexão. Sabendo qual a forma de irradiação mais significativa em potência, no caso é a direta, onde 100% da intensidade solar chega a superfície de instalação, faz com que este dado de energia seja o mais adequado para utilização no dimensionamento solar fotovoltaico.

5.2 UTILIZAÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA

A energia solar é uma excelente fonte de energia alternativa, pois é renovável, não gera poluição e não coopera com o aquecimento global. Entre seus diversos meios de aproveitamento está a geração fotovoltaica.

Segundo SALAMONI, I, (2004) do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da UFSC,

A utilização da energia solar fotovoltaica está avançando no mundo inteiro, principalmente nos países desenvolvidos, nos quais há fortes incentivos financeiros, tanto para a instalação dos sistemas fotovoltaicos quanto para o desenvolvimento científico, tecnológico e para a divulgação dessa tecnologia. Desde 2003, por exemplo, a produção mundial foi de 12 GW em módulos fotovoltaicos, equivalente a praticamente a potência da Itaipú, a maior hidrelétrica brasileira. Entre 2008 e 2009, apesar da crise financeira mundial, o mercado revelou um aumento de 56%.

A geração de energia fotovoltaica nada mais é do que a instalação de painéis fotovoltaicos que servem para absorver a irradiação solar, através de células fotovoltaicas interligadas que formarão um módulo, sendo este ligado a um inversor (converte a energia gerada na frequência e tensão da rede), desta forma convertendo a energia do sol em energia elétrica por meio de excitação dos elétrons de alguns materiais na presença da luz solar. A energia gerada e transformada terá como armazenamento a própria rede pública ou células armazenadoras (baterias). Segundo SALAMONI, I, (2004), do Laboratório de Eficiência Energética em edificações da UFSC,

Em termos simplificados, a energia proveniente da luz do sol é convertida em eletricidade pelos painéis solares fotovoltaicos, devido ao efeito fotoelétrico explicado pelo físico Albert Einstein. Os painéis são combinados em cadeias e arranjos a fim de aumentar o nível de tensão e de corrente que alimenta o barramento CC (corrente contínua) do inversor, que condiciona a eletricidade gerada, isto é, transforma as tensões e correntes em CC (corrente contínua) para tensões em CA (corrente alternada), sincronizadas com as tensões da rede elétrica da concessionária. O inversor eletrônico de potência, também conhecido como CC-CA, apresenta um algoritmo de rastreamento de máxima potência, que assegura que os arranjos de painéis solares fotovoltaicos a ele conectados convertam de maneira otimizada a energia proveniente do sol. Além destas duas funções, há um algoritmo de detecção de

ilhamento que, quando identifica uma interrupção no fornecimento de eletricidade pela concessionária de energia, interrompe automaticamente a injeção de potência na rede elétrica para evitar risco de acidentes às equipes de manutenção do sistema elétrico ou usuários.

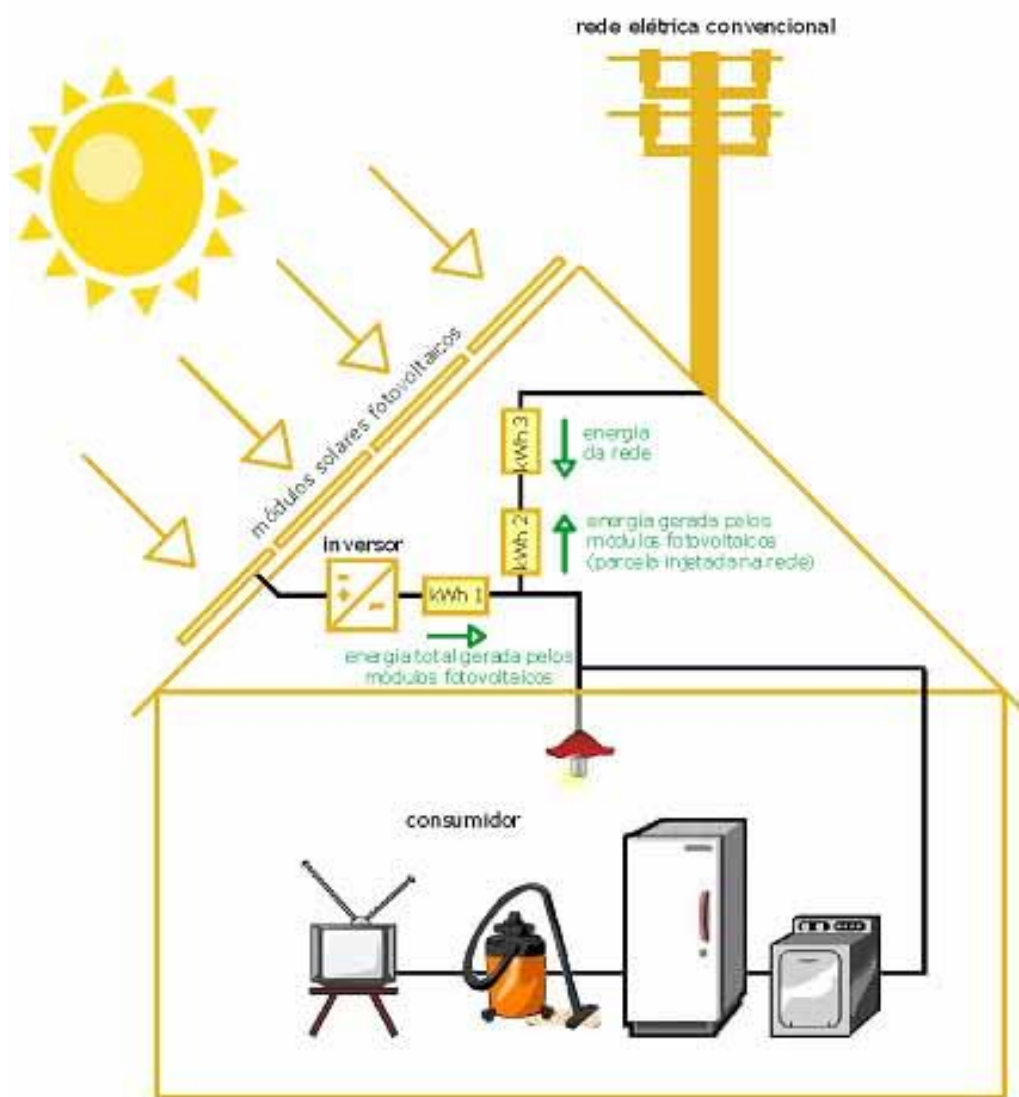


Figura 3- Sistema fotovoltaico e seus instrumentos(2014).

Fonte: LABEEE, Laboratório de Eficiência Energética UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina).

A Figura 5 demonstra que os geradores fotovoltaicos podem ser instalados nas coberturas das edificações, onde se recebe a maior parte da irradiação solar, além de poderem ser instalados em fachadas, e, em brises de modo que a sua superfície seja iluminada uniformemente, para não afetar a geração de energia.

Como o sistema faz uso da irradiação (luz) solar, a captação e geração acontecem somente ao dia, tornando ideal a sua aplicação em regiões quentes e locais com alto consumo energético para condicionamento de ar para climatização, pois coincidem com o horário de pico.



Figura 4- Fachada com módulos fotovoltaicos da Biblioteca Pompeu Fabras, Catalunya, Espanha.

Fonte: vitruvius.com.

Na Figura 6 temos o exemplo de painéis de captação solar instalados na fachada, mas o posicionamento dos módulos em relação à orientação solar deve ser a do Norte geográfico (azimute 0°) quando a proposta se dá para implantação no hemisfério sul. Sua inclinação deve ser em ângulo igual à latitude local para ser adequada à melhor captação. Por isso, é importante que haja integração dos módulos com o projeto arquitetônico, assim minimizando as perdas por sombreamento ou por excesso de aquecimento dos módulos.

Ao dimensionar os sistemas fotovoltaicos é necessário saber qual a energia necessária a ser gerada para o abastecimento do consumo. No Brasil a legislação permite somente gerar energia suficiente para compensar a energia utilizada, caso exista produção excedente não há reembolso financeiro.

Para calcular a quantidade de módulos fotovoltaicos a serem instalados para suprir a demanda de uma edificação, é necessário saber qual a capacidade do módulo a ser utilizado (pode variar de 50 a 250 Wp) e qual a potência a ser instalada no sistema.

Quando se obtém uma estimativa simples da geração possível de acordo com a irradiação local é necessário saber qual a energia gerada pelo sistema (em kWh/dia), a média mensal do total diário da irradiação solar incidente no plano do arranjo fotovoltaico (em kWh/m²/dia).

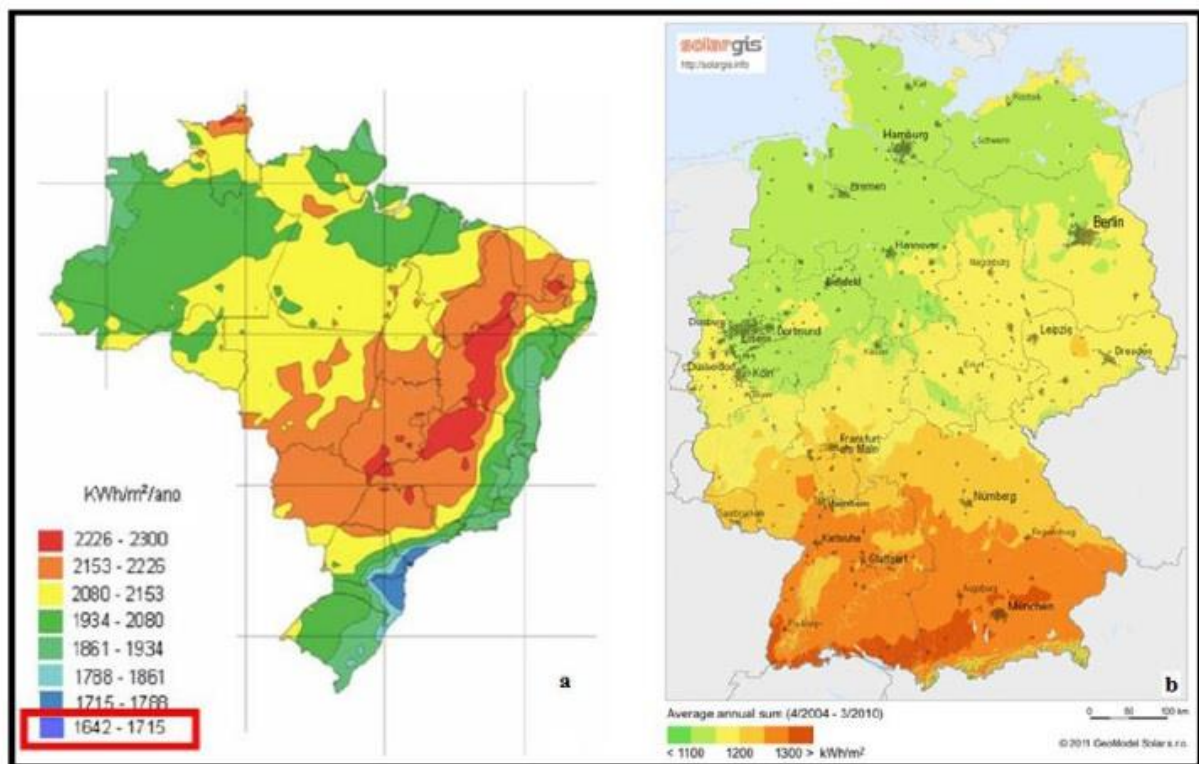


Figura 5- Mapa de irradiação solar global horizontal média anual do Brasil e Alemanha (kWh/m²/ano).

Fonte: SALOMONI e RUTHER, 2007; GEOMODEL SOLAR.

Conforme se observa na Figura 7 nota-se que o Brasil possui maior potencial (1642 kWh/m² na pior posição) para aproveitamento de energia solar em relação a Alemanha (1300 kWh/m² na melhor posição), no que diz respeito a irradiação solar, também possui uma das maiores reservas de silício do mundo (material utilizado para

confeção dos módulos), no entanto, não possui indústrias nacionais para a produção de painéis.

O Brasil caminha a passos lentos na difusão desta tecnologia limpa e tão desejável, mas o primeiro passo foi dado quando a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) aprovou, em 2012, as resoluções normativas 481 e 482, contemplando medidas no sentido de reduzir barreiras econômicas e burocráticas para o desenvolvimento do uso dessa fonte de energia.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para obter os resultados foram realizados estudos do local e analisados e sintetizados dados obtidos.

6.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

A região de Passo Fundo está situada no norte do estado do RS, com coordenadas geográficas de 28° 15' S, e 52° 24' W. A região possui altitude média de 68 m acima do nível do mar e o clima local é descrito como subtropical úmido com temperatura média de 17,5° C. A Figura 8 apresenta a localização do município.



Figura 6- Mapa de localização de Passo Fundo e região.

Fonte: Site da Prefeitura Municipal de Passo Fundo.

6.2 SINTETIZAÇÃO DE DADOS

A região de Passo fundo foi contemplada com a EMBRAPA, que por meio desta, desenvolve pesquisas com dados da CNPT. Esta empresa possui dados regionais sobre o clima da região os quais fornece para serem utilizados na agricultura. Dos dados coletados pela Embrapa foram utilizados os dados de

irradiação solar e insolação. A Tabela 01 apresenta uma média decenal de 2004 até 2013 dessas informações meteorológicas.

Os dados de irradiação solar obtidos para os anos entre 2004 até 2013 foram convertidos para kWh/m²/dia. Para a transformação de unidades foi usado o valor de conversão de unidades onde 1 MJ/m²/dia deve ser multiplicado por 1000/3600, assim obtendo resultados em kWh/m²/dia. Essa conversão foi necessária para viabilizar os cálculos de dimensionamento de painéis fotovoltaico que devem ser kWh/m²/dia. Estes dados podem ser vistos nos anexos deste trabalho.

6.3 ANÁLISE DE DADOS

Ao sintetizar e analisar os dados fornecidos pelo CNPT, pela EMBRAPA, foram obtidos resultados sobre irradiação solar e insolação conforme Tabela 1.

Ano	Insolação horas/dia	Irradiação kWh/m ² /dia
2004	7,3	4,3
2005	6,7	4,1
2006	7,2	4,3
2007	6,3	4,2
2008	7,0	4,6
2009	6,3	4,3
2010	6,1	4,3
2011	6,5	4,7
2012	7,0	4,6
2013	6,7	4,6
Somatório	67,1	44,0
Média	6,71	4,4

Tabela 1 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2004 até 2013.

Fonte: Adaptado CNPT.

A média decenal entre os anos de 2004 e 2013 é de 6,71 horas/dia de insolação e de 4,4 kWh/m²/dia de irradiação diária em Passo Fundo, segundo dados da CNPT, representado na Tabela 1.

Com os dados obtidos da CNPT 2014, para insolação na cidade de Passo Fundo – RS, de 2004 até 2013 (total de 10 anos, para análise mais precisa), foi possível realizar as médias anuais de horas de sol por dia.

Quando utilizado o programa Radiasol 2 (LABEEE), para pesquisa de dados sobre insolação e irradiação solar, foram utilizados diferentes azimutes e inclinação de 28° de latitude no posicionamento de conjuntos solares.

De posse dos dados acima e inserindo-os no programa radiasol 2, este forneceu as informações relativas a radiação e radiação inclinada. Estes dados estão apresentados na Figura 9.

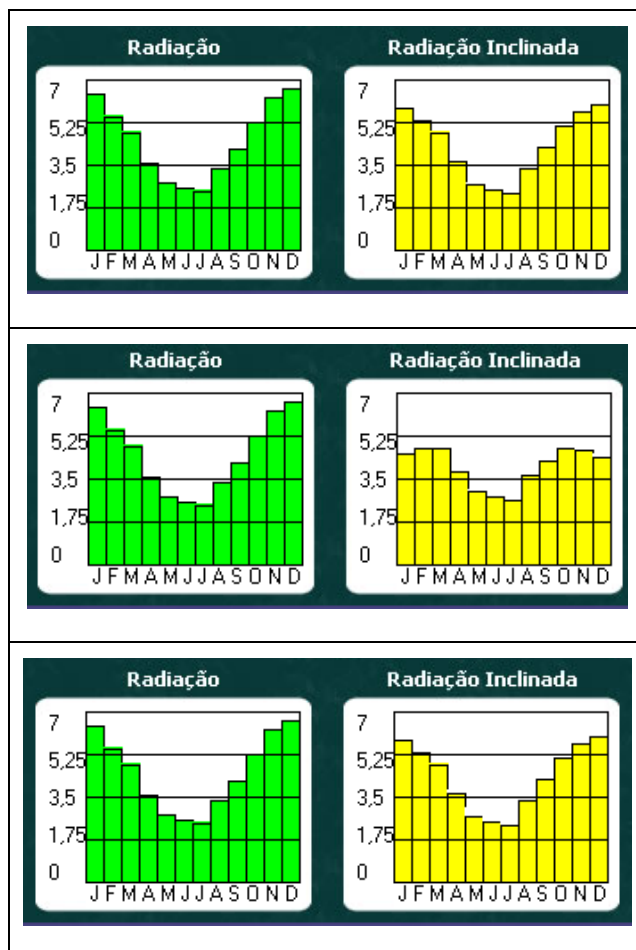


Figura 7 - Dados de radiação e radiação inclinada, para azimute -90°, 0° e 90°, ambos com inclinação de 28°, gerados pelo software Radiasol 2.

Fonte: o Autor.

A Figura 10 apresenta os níveis médios de irradiância mensal, sendo que a média se mantém entre 3,5 e 5,25 kWh/m²/dia.

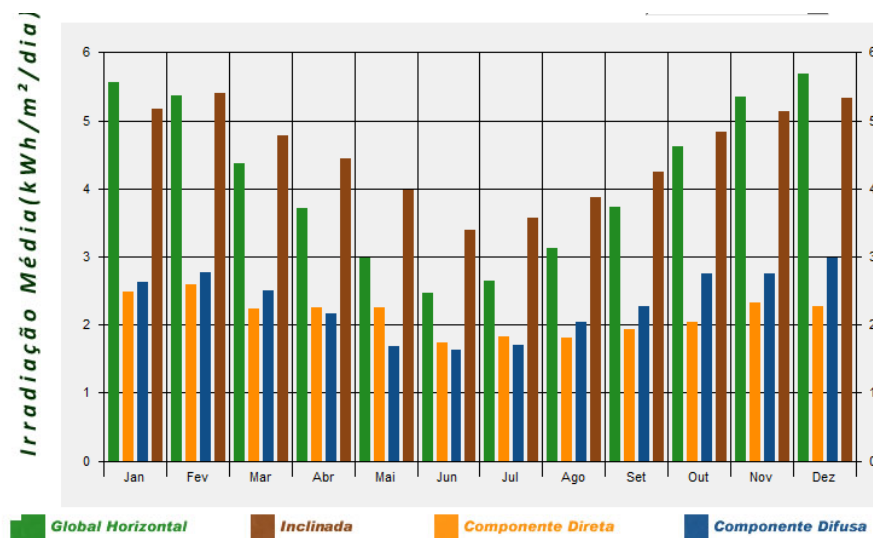


Figura 8 - Níveis de irradiação média em kWh/m²/dia, levando em conta as Irradiações global, inclinada, direta e difusa.

Fonte: O autor.

Na Figura 10 pode-se observar que nos meses de inverno, a irradiância diminui substancialmente, chegando ao mínimo no mês de junho.

A Figura 11 mostra os níveis de irradiância diária em todos os meses.

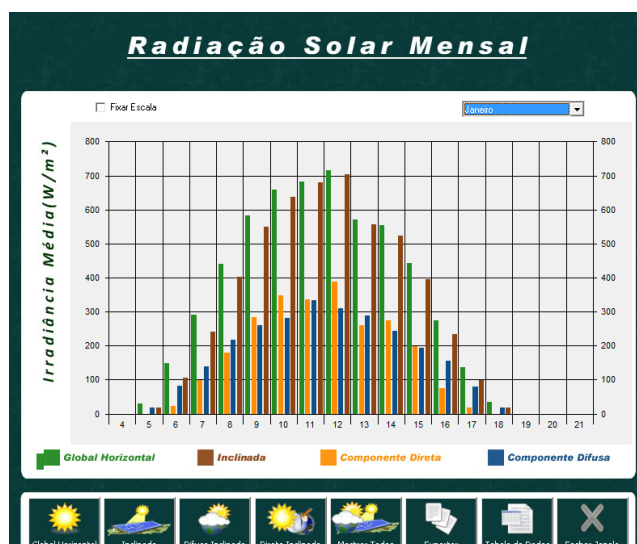


Figura 9 - Níveis de radiação solar Mensal em W/m², considerando as irradiações global, inclinada, direta e difusa e as horas do dia onde elas acontecem.

Fonte: O autor.

Observa-se que no mês de janeiro, o pico de irradiação diária se dá em torno das 11h da manhã. A Figura 12 apresenta os níveis de irradiação para o mês de fevereiro.

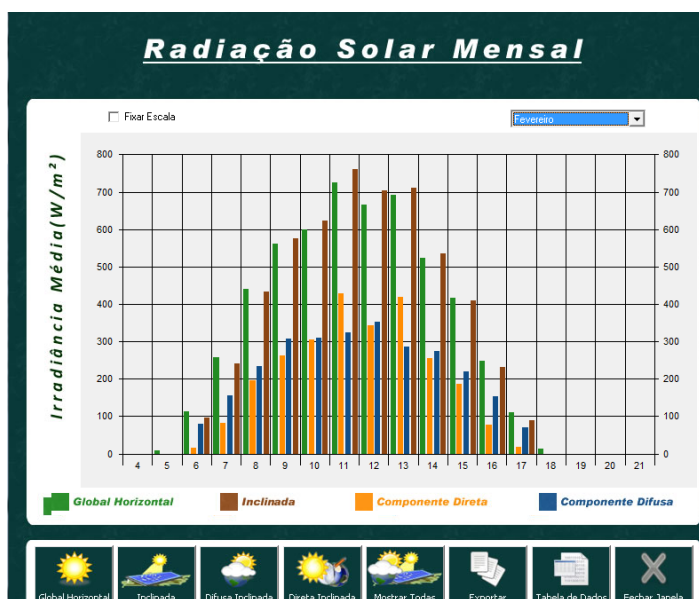


Figura 10 - Níveis de irradiação solar para o mês de fevereiro, conforme as horas do dia em que acontecem.

Fonte: O autor.

Observa-se que os níveis de irradiação encontram-se mais bem distribuídos ao longo do dia com pico às 11h da manhã. A Figura 13 mostra os níveis de irradiação para o mês de março.

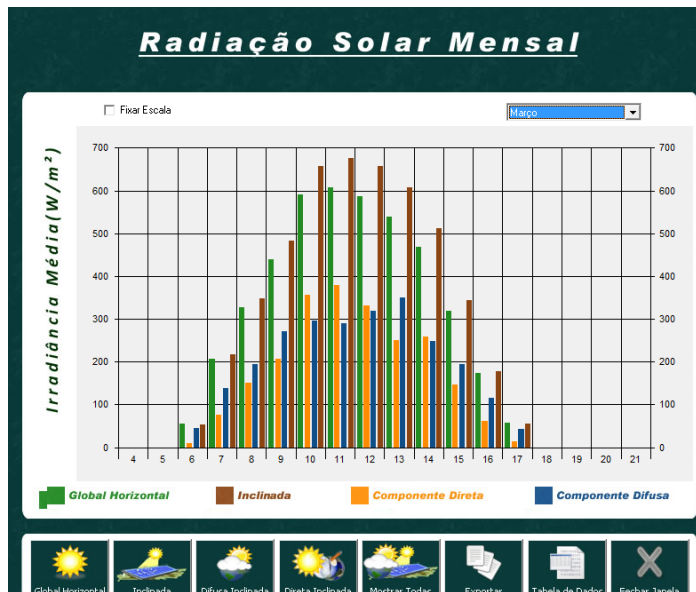


Figura 11 -Níveis de irradiação solar para o mês de março, conforme as horas do dia em que acontecem.

Fonte: O autor.

Observa-se que no mês de março os maiores níveis de irradiância se dão no horário da manhã entre as 10 e 12h. A Figura 14 mostra os níveis de irradiância para o mês de abril.

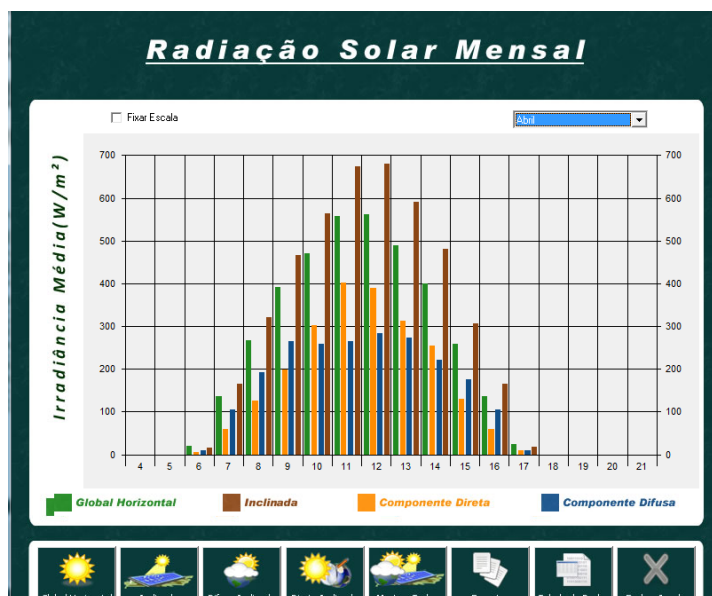


Figura 12 -Níveis de irradiação solar para o mês de abril, conforme as horas do dia em que acontecem.

Fonte: O autor.

Observa-se que no mês de abril os maiores níveis de irradiância se dão a partir das 11h até às 14h. A Figura 15 mostra os níveis de irradiância para o mês de maio.

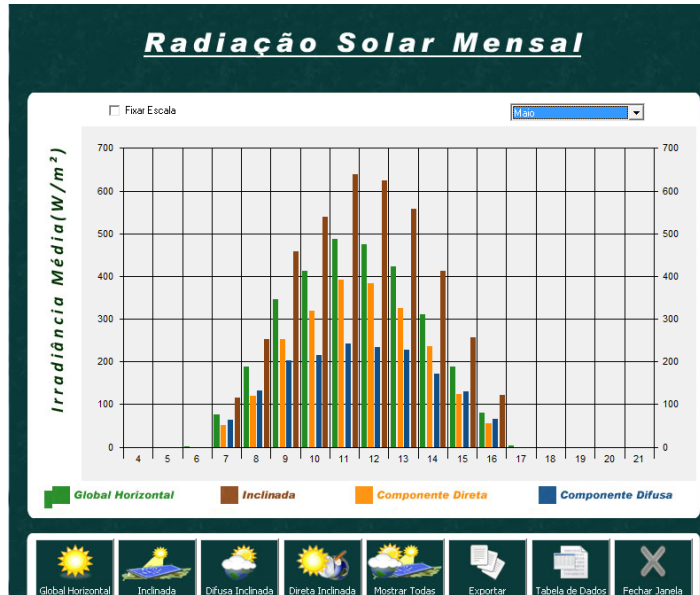


Figura 13 - Níveis de irradiação solar para o mês de maio, conforme as horas do dia em que acontecem.

Fonte: O autor.

Observa-se que no mês de maio os maiores níveis de irradiância se dão entre as 10h até as 14h. A Figura 16 mostra os níveis de irradiância para o mês de junho.

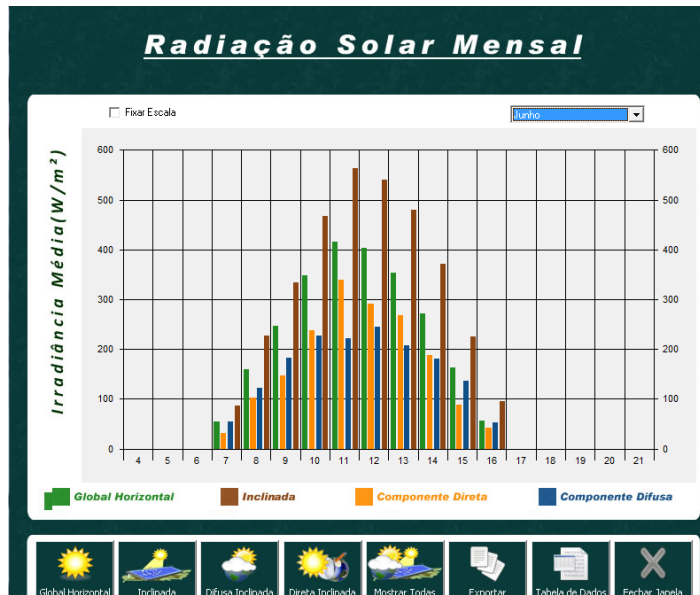


Figura 14 - Níveis de irradiação solar para o mês de junho, conforme as horas do dia em que acontecem.

Fonte: O autor.

No mês de junho foi observado que os maiores níveis de irradiação se mantêm entre as 10h até às 14h. A Figura 17 mostra os níveis de irradiação para o mês de julho.

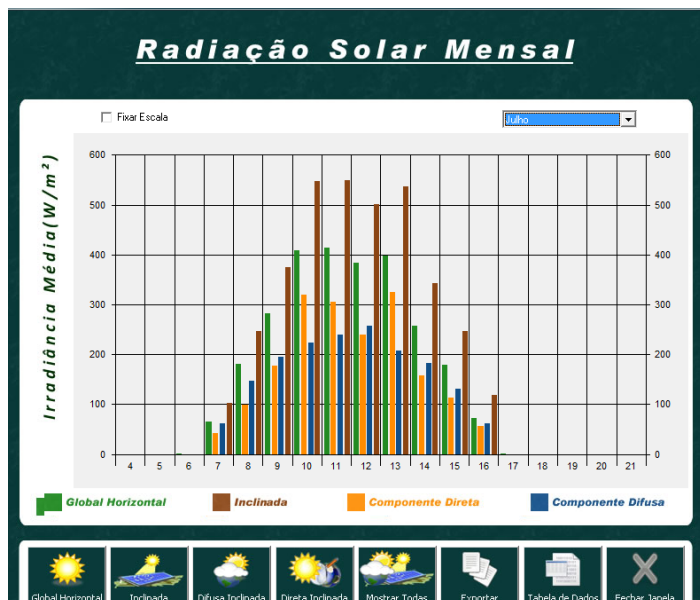


Figura 15 - Níveis de irradiação solar para o mês de julho, conforme as horas do dia em que acontecem.

Fonte: O autor.

No mês de julho foi observado que os maiores níveis de irradiância que se mantém entre as 10h até as 13h com valores bastante uniformes. A Figura 18 mostra os níveis de irradiância para o mês de agosto.

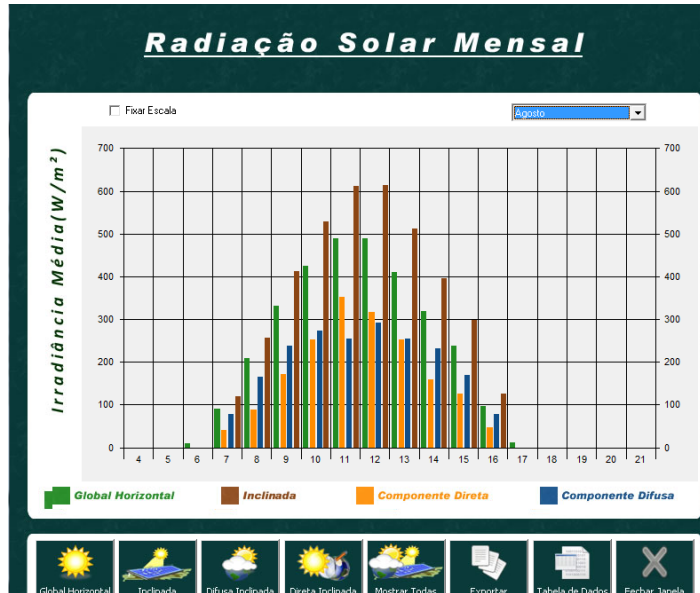


Figura 16 - Níveis de irradiação solar para o mês de agosto, conforme as horas do dia em que acontecem.

Fonte: O autor.

No mês de agosto foi observado que os maiores níveis de irradiância se mantém com pico de 4 h entre as 10h até às 13h. A Figura 19 mostra os níveis de irradiância para o mês de setembro.

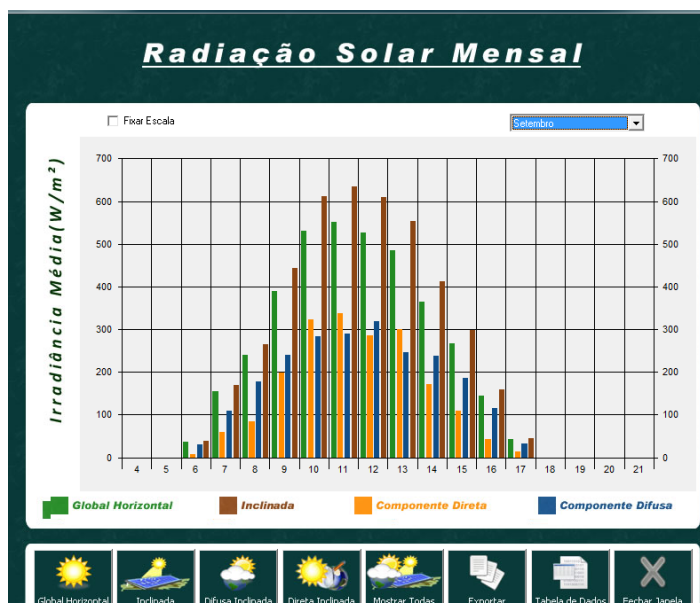


Figura 17 -Níveis de irradiação solar para o mês de setembro, conforme as horas do dia em que acontecem.

Fonte: O autor.

A Figura 19 mostra que os níveis de irradiação tem pico entre as 10h e 13h com um aumento da irradiação pelo turno da tarde. A Figura 20 mostra os níveis de irradiação pra o mês de outubro.

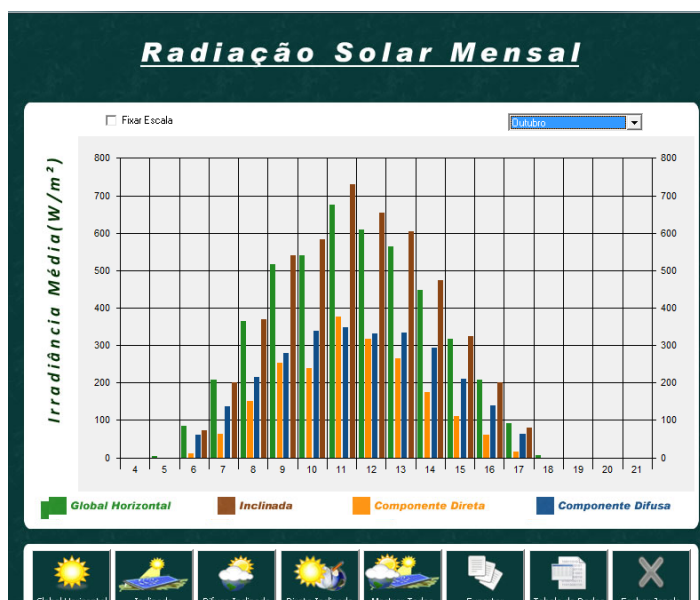


Figura 18 -Níveis de irradiação solar para o mês de outubro, conforme as horas do dia em que acontecem.

Fonte: O autor.

No mês de outubro foi percebido que os horários de pico de irradiância deram início as 11h perdurando por 3h. A Figura 21 mostra os níveis de irradiância para o mês de novembro.

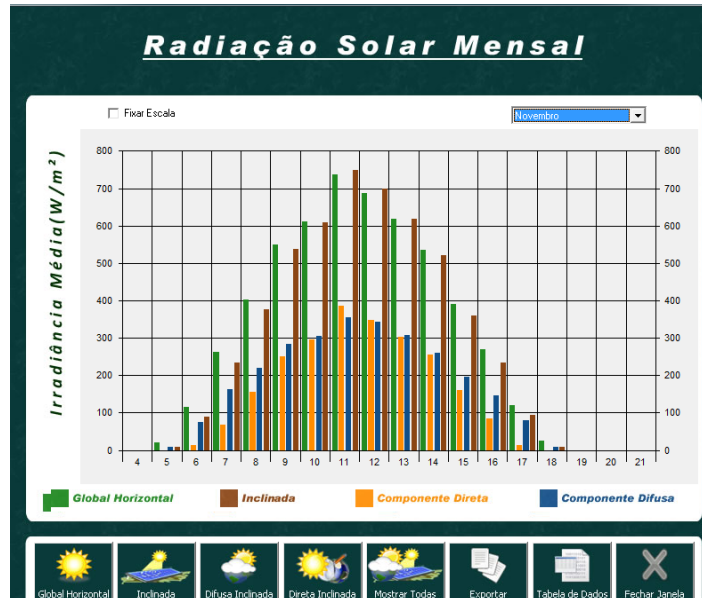


Figura 19 -Níveis de irradiação solar para o mês de novembro, coforme as horas do dia em que acontecem.

Fonte: O autor.

No mês de novembro foi percebido que assim como no mês anterior os horários de pico de irradiância deram início às 11h perdurando por 3h. A Figura 2 mostra os níveis de irradiância para o mês de dezembro.

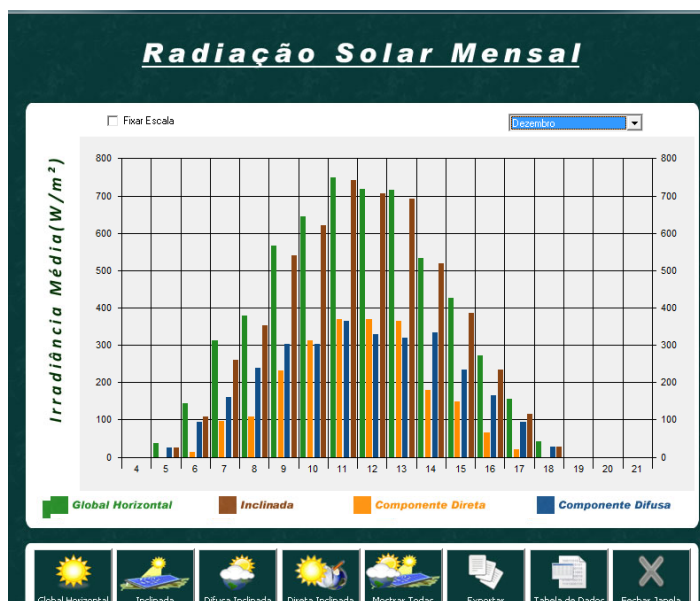


Figura 20-Níveis de irradiação solar para o mês de janeiro, conforme as horas do dia em que acontecem.

Fonte: O autor.

Em dezembro foi percebido que assim como no mês anterior os horários de pico de irradiação deram início às 10h perdurando por 4h.

7 CONCLUSÃO

Este trabalho atingiu com sucesso os objetivos sobre níveis e quantidades de irradiação, e a quantidade de horas de sol diárias incidente no plano de instalação de um conjunto fotovoltaico. Foi identificado que:

- A melhor posição de instalação de painéis fotovoltaicos para geração de energia na região do norte gaúcho, mais precisamente a cidade de Passo Fundo-RS, é o Azimute 0° (orientação voltada para o Norte), e inclinação de painéis da superfície horizontal a 28° , orientado pela latitude local.

- Os dados sintetizados que melhor quantificam e tem uma melhor qualidade de períodos são os dados obtidos e sintetizados do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, ao qual expõe sua atividade á Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA) que trabalham dados especificamente para o local desejado com fonte de medições confiáveis;

- Conforme demonstrado concluiu-se que existem 6,71 horas/dia de insolação e que 4,4 kWh/m²/dia de irradiação diária em Passo Fundo.

Foi concluído que estes dados apresentados são relevantes para cálculos de dimensionamento para instalação de painéis fotovoltaicos com intenção de captar energia solar para produzir energia utilizável no cotidiano humano. Estes dados são indispensáveis para dimensionamento, sendo que deve-se levar em consideração a produção exata de energia/dia, para o consumo em uma edificação, uma vez que o excedente de energia produzida que será armazenada na rede de energia elétrica convencional, não poderá ser utilizada no dia seguinte e nem terá seu custo reembolsado pela concessionária de energia.

8 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil) (ANEEL). **Energia solar**. Disponível em: [HTTP://WWW.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energiasolar.pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energiasolar.pdf). Acesso em junho de 2014.

BARJA, Gabriel Jesus de Azevedo. **A cogeração e sua inserção ao sistema elétrico**. 2006. 157p. Dissertação- Universidade de Brasília.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISAS DE TRIGO (CNPT). **Dados meteorológicos**. (2014). Disponível em <http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/agromet.php> .

EMPRESA DE PERQUISA ENERGÉTICA (EPE) (2013). **Produção Energética Brasileira**. Disponível em: [HTTP://www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br).

EPE- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Análise de Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**, 2012. Disponível em: [HTTP://www.epe.gov.br/geracao](http://www.epe.gov.br/geracao).

FREIRE, Luiza Beana Chipansky, 2013. **Método para levantamento do potencial energético solar em Campus Universitário**. Universidade Federal do Paraná. Acesso em outubro de 2014.

GREENPEACE BRASIL. **Geração renovável**. Disponível em [HTTP://www.greenpeace.org/brasil/pt/noticias/geracao-renovavel-ao-alcance-dos-brasileiros](http://www.greenpeace.org/brasil/pt/noticias/geracao-renovavel-ao-alcance-dos-brasileiros). Acesso em junho de 2014.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (LABEEE) 2014. **Mapa de irradiação solar**. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em [HTTP://www.labeee.ufsc.br/](http://www.labeee.ufsc.br/) .

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas> . Acesso em outubro de 2014.

PASINATO, Aldemir; CUNHA, Gilberto R. da. **Informações meteorológicas de Passo Fundo**, RS: novembro de 2014. Passo Fundo.

Sistema Fotovoltaico Integrado a Edificação: Eficiência e Sustentabilidade. Disponível em: [HTTP://www.labeee.ufsc.br/linhas_pesquisa/energia_solar/publicacoes/sistema_foto_voltaico_integrado.doc.\(2004\)](http://www.labeee.ufsc.br/linhas_pesquisa/energia_solar/publicacoes/sistema_foto_voltaico_integrado.doc.(2004)). Acesso em junho de 2014.

SILVA E MIRANDA, 2006. **Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em eletricidade**. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

9 ANEXOS

Conforme, a Tabela 2 foram sintetizados dados para o ano de 2004.

Tabela 2 -Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2004. Fonte: Adaptado CNTP.

Meses	Insolação horas	Média Diária (H)	Irradiação Solar MJ/m ² /dia	Irradiação Solar kWh/m ² /dia	Média diária kWh/m ² /dia
Janeiro	285,5	9,2	687,6	191,0	6,2
Fevereiro	287	9,9	665,7	184,9	6,4
Março	262	8,5	555,8	154,4	5,0
Abril	217,6	7,3	397,6	110,4	3,7
Mai	139,1	4,5	256,4	71,2	2,3
Junho	182	6,1	261,8	72,7	2,4
Julho	172,3	5,6	273,6	76,0	2,5
Agosto	200,2	6,5	388,2	107,8	3,5
Setembro	162,5	5,4	375,2	104,2	3,5
Outubro	258,4	8,3	565,5	157,1	5,1
Novembro	221,8	7,4	538,5	149,6	5,0
Dezembro	266,1	8,6	666,2	185,1	6,0
Somatório	2654,5	87,1	5632,1	1564,5	51,3
Média	221,21	7,3	469,3	130,4	4,3

A Tabela 2 demonstra que a média anual de horas de insolação/dia para o ano de 2004 foi de 7,3 horas/dia e a irradiação solar teve média diária de 4,3 kWh/m²/dia. A seguir, na Tabela 3 foram sintetizados dados para o ano de 2005.

Tabela 3 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2005. Fonte: Adaptado CNTP.

Meses	Insolação horas	Média diária	Irradiação Solar MJ/m ² /dia	Irradiação Solar kWh/m ² /dia	Média diária
Janeiro	271,8	8,8	685,3	190,4	6,1
Fevereiro	245,4	8,8	600,6	166,8	6,0
Março	238,8	7,7	562,1	156,1	5,0
Abril	140,2	4,7	340,7	94,6	3,2
Mai	140,2	4,5	310,4	86,2	2,8
Junho	168,1	5,6	232,2	64,5	2,2
Julho	130,2	4,2	307,8	85,5	2,8
Agosto	216,4	7,0	337,6	93,8	3,0
Setembro	187,1	6,2	330,4	91,8	3,1
Outubro	142,6	4,6	389,7	108,3	3,5
Novembro	268,3	8,9	582,7	161,9	5,4
Dezembro	280,8	9,1	643,0	178,6	5,8
Somatório	2429,9	80,1	5322,5	1478,5	48,7
Média	202,49	6,7	443,5	123,2	4,1

A Tabela 3 demonstra que a média anual de horas de insolação/dia para o ano de 2005 foi de 6,7 horas/dia e a irradiação solar teve média diária de 4,1 kWh/m²/dia. A seguir, na Tabela 4 foram sintetizados dados para o ano de 2006.

Tabela 4 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2006. Fonte: Adaptado CNTP.

Meses	Insolação horas	Média diária	Irradiação Solar MJ/m ² /dia	Irradiação Solar kWh/m ² /dia	Média diária
Janeiro	234,3	7,6	605,2	168,1	5,4
Fevereiro	226,4	8,1	538,6	149,6	5,3
Março	212,2	6,8	438,2	121,7	3,9
Abril	236,8	7,9	355,4	98,7	3,3
Mai	228	7,4	269,6	74,9	2,4
Junho	169,6	5,7	294,2	81,7	2,7
Julho	181,4	5,9	384,7	106,9	3,4
Agosto	209,4	6,8	454,2	126,2	4,1
Setembro	192,6	6,4	454,2	126,2	4,2
Outubro	229,6	7,4	573,7	159,4	5,1
Novembro	230,2	7,7	595,2	165,3	5,5
Dezembro	270,7	8,7	708,9	196,9	6,4
Somatório	2621,2	86,2	5672,1	1575,6	51,8
Média	218,43	7,2	472,7	131,3	4,3

A Tabela 4 demonstra que a média anual de horas de insolação/dia para o ano de 2006 foi de 7,2 horas/dia e a irradiação solar teve média diária de 4,3 kWh/m²/dia. A seguir, na tabela 5 foram sintetizados dados para o ano de 2007.

Tabela 5 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2007. Fonte: Adaptado CNTP.

Meses	Insolação horas	Média diária	Irradiação Solar MJ/m ² /dia	Irradiação Solar kWh/m ² /dia	Média diária
Janeiro	231,2	7,5	651,7	181,0	5,8
Fevereiro	222,3	7,9	583,2	162,0	5,8
Março	189,8	6,1	516,9	143,6	4,6
Abril	191,6	6,4	424,9	118,0	3,9
Mai	163	5,3	326,9	90,8	2,9
Junho	115,5	3,9	238,8	66,3	2,2
Julho	174,5	5,6	316,1	87,8	2,8
Agosto	154,5	5,0	350,1	97,3	3,1
Setembro	169,1	5,6	433,0	120,3	4,0
Outubro	131,5	4,2	452,0	125,6	4,1
Novembro	259,9	8,7	593,0	164,7	5,5
Dezembro	282	9,1	674,6	187,4	6,0
Somatório	2284,9	75,3	5561,2	1544,8	50,9
Média	190,41	6,3	463,4	128,7	4,2

A Tabela 5 demonstra que a média anual de horas de insolação/dia para o ano de 2007 foi de 6,3 horas/dia e a irradiação solar teve média diária de 4,2 kWh/m²/dia. A seguir, na Tabela 6 foram sintetizados dados para o ano de 2008.

Tabela 6 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2008. Fonte: Adaptado CNTP.

Meses	Insolação horas	Média diária	Irradiação Solar MJ/m ² /dia	Irradiação Solar kWh/m ² /dia	Média diária
Janeiro	278,3	9,0	723,7	201,0	6,5
Fevereiro	229,7	7,9	599,1	166,4	5,7
Março	227,6	7,3	553,4	153,7	5,0
Abril	205,7	6,9	435,1	120,9	4,0
Mai	192,7	6,2	356,5	99,0	3,2
Junho	131,7	4,4	260,3	72,3	2,4
Julho	208,4	6,7	349,0	96,9	3,1
Agosto	191,5	6,2	389,8	108,3	3,5
Setembro	191,7	6,4	460,6	127,9	4,3
Outubro	167,5	5,4	504,6	140,2	4,5
Novembro	257,2	8,6	673,8	187,2	6,2
Dezembro	284,9	9,2	739,6	205,4	6,6
Somatório	2566,9	84,2	6045,5	1679,3	55,1
Média	213,91	7,0	503,8	139,9	4,6

A Tabela 6 demonstra que a média anual de horas de insolação/dia para o ano de 2008 foi de 7,0 horas/dia e a irradiação solar teve média diária de 4,6 kWh/m²/dia. A seguir, na Tabela 7 foram sintetizados dados para o ano de 2009.

Tabela 7 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2009. Fonte: Adaptado CNTP.

Meses	Insolação horas	Média diária	Irradiação Solar MJ/m ² /dia	Irradiação Solar kWh/m ² /dia	Média diária
Janeiro	234,2	7,6	659,2	183,1	5,9
Fevereiro	172,7	6,2	508,6	141,3	5,0
Março	229,4	7,4	555,6	154,3	5,0
Abril	252,7	8,4	490,7	136,3	4,5
Mai	176,8	5,7	339,6	94,3	3,0
Junho	181,4	6,0	304,8	84,7	2,8
Julho	155,5	5,0	298,9	83,0	2,7
Agosto	185,8	6,0	383,2	106,4	3,4
Setembro	126,5	4,2	378,8	105,2	3,5
Outubro	215,2	6,9	569,1	158,1	5,1
Novembro	149,9	5,0	512,9	142,5	4,7
Dezembro	238,2	7,7	670,1	186,1	6,0
Somatório	2318,3	76,1	5671,5	1575,4	51,8
Média	193,19	6,3	472,6	131,3	4,3

A Tabela 7 demonstra que a média anual de horas de insolação/dia para o ano de 2009 foi de 6,3 horas/dia e a irradiação solar teve média diária de 4,3 kWh/m²/dia. A seguir, na Tabela 8 foram sintetizados dados para o ano de 2010.

Tabela 8 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2010. Fonte: Adaptado CNTP.

Meses	Insolação horas	Média diária	Irradiação Solar MJ/m ² /dia	Irradiação Solar kWh/m ² /dia	Média diária
Janeiro	184,5	6,0	585,4	162,6	5,2
Fevereiro	222,1	7,9	580,5	161,3	5,8
Março	209,7	6,8	528,2	146,7	4,7
Abril	187,5	6,3	412,5	114,6	3,8
Mai	100,2	3,2	263,9	73,3	2,4
Junho	159,0	5,3	283,9	78,9	2,6
Julho	172,4	5,6	314,3	87,3	2,8
Agosto	120,1	3,9	314,2	87,3	2,8
Setembro	161,6	5,4	422,8	117,4	3,9
Outubro	205,5	6,6	555,4	154,3	5,0
Novembro	259,0	8,6	671,3	186,5	6,2
Dezembro	253,5	8,2	692,8	192,4	6,2
Somatório	2235,1	73,7	5625,1	1562,5	51,5
Média	186,26	6,1	468,8	130,2	4,3

A Tabela 8 demonstra que a média anual de horas de insolação/dia para o ano de 2010 foi de 6,1 horas/dia e a irradiação solar teve média diária de 4,3 kWh/m²/dia. A seguir, na Tabela 9 foram sintetizados dados para o ano de 2011.

Tabela 9 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2011. Fonte: Adaptado CNTP.

Meses	Insolação horas	Média diária	Irradiação Solar MJ/m ² /dia	Irradiação Solar kWh/m ² /dia	Média diária
Janeiro	224,8	7,3	707,7	196,6	6,3
Fevereiro	139,1	5,0	492,0	136,7	4,9
Março	227,2	7,3	578,4	160,7	5,2
Abril	207,0	6,9	457,4	127,1	4,2
Mai	181,3	5,8	350,5	97,4	3,1
Junho	129,3	4,3	266,6	74,1	2,5
Julho	151,9	4,9	288,1	80,0	2,6
Agosto	154,1	5,0	347,4	96,5	3,1
Setembro	196,6	6,6	514,4	142,9	4,8
Outubro	254,0	8,2	669,2	185,9	6,0
Novembro	253,8	8,5	725,3	201,5	6,7
Dezembro	263,7	8,5	750,6	208,5	6,7
Somatório	2382,8	78,2	6147,8	1707,7	56,1
Média	198,57	6,5	512,3	142,3	4,7

A Tabela 9 demonstra que a média anual de horas de insolação/dia para o ano de 2011 foi de 6,5 horas/dia e a irradiação solar teve média diária de 4,7 kWh/m²/dia. A seguir, na Tabela 10, foram sintetizados dados para o ano de 2012.

Tabela 10 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2012.

Meses	Insolação horas	Média diária	Irradiação Solar MJ/m ² /dia	Irradiação Solar kWh/m ² /dia	Média diária
Janeiro	287,2	9,3	736,7	204,6	6,6
Fevereiro	226,1	7,8	593,1	164,7	5,7
Março	279,4	9,0	618,4	171,8	5,5
Abril	189,0	6,3	414,1	115,0	3,8
Mai	236,3	7,6	397,4	110,4	3,6
Junho	169,7	5,7	294,2	81,7	2,7
Julho	172,0	5,5	315,5	87,6	2,8
Agosto	200,6	6,5	404,3	112,3	3,6
Setembro	180,6	6,0	448,4	124,5	4,2
Outubro	145,8	4,7	474,5	131,8	4,3
Novembro	272,9	9,1	693,7	192,7	6,4
Dezembro	215,0	6,9	635,7	176,6	5,7
Somatório	2574,6	84,4	6025,9	1673,9	54,9
Média	214,55	7,0	502,2	139,5	4,6

A Tabela 10, demonstra que a média anual de horas de insolação/dia para o ano de 2012 foi de 7,0 horas/dia e a irradiação solar teve média diária de 4,6 kWh/m²/dia. A seguir, na Tabela 11 foram sintetizados dados para o ano de 2013.

Tabela 11 - Média diária das informações de insolação e irradiação, para Passo Fundo em 2013.

Meses	Insolação horas	Média diária	Irradiação Solar MJ/m ² /dia	Irradiação Solar kWh/m ² /dia	Média diária
Janeiro	290,3	9,4	775,2	215,3	6,9
Fevereiro	206,5	7,4	583,2	162,0	5,8
Março	155,1	5,0	455,2	126,4	4,1
Abril	241,8	8,1	333,0	92,5	3,1
Mai	150,2	4,8	258,4	71,8	2,3
Junho	126,2	4,2	373,1	103,6	3,5
Julho	211,9	6,8	386,5	107,4	3,5
Agosto	175,1	5,6	386,5	107,4	3,5
Setembro	146,5	4,9	437,6	121,6	4,1
Outubro	212,0	6,8	580,5	161,3	5,2
Novembro	248,2	8,3	714,6	198,5	6,6
Dezembro	285,2	9,2	808,8	224,7	7,2
Somatório	2449	80,5	6092,6	1692,4	55,7
Média	204,08	6,7	507,7	141,0	4,6

A Tabela 11 demonstra que a média anual de horas de insolação/dia para o ano de 2013 foi de 6,7 horas/dia e a irradiação solar teve média diária de 4,6 kWh/m²/dia.