

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIA

RODRIGO ALEX SILVA BARROS

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SOFTWARES PVSYST E PVSOL

RODRIGO ALEX SILVA BARROS

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SOFTWARES PVSYST E PVSOL

Trabalho Final de Graduação apresentado a banca examinadora do curso de Engenharia de Energia no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (UFAL), como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenheiro de Energia.

Orientadora: Profa Jamile Pinheiro Nascimento.

Catalogação na fonte Universidade Federal de Alagoas Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias

Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana – CRB 1512

B277a Barros, Rodrigo Alex Silva.

Análise comparativa entre os softwares PVSYST e PVSOL. / Rodrigo Alex Silva Barros. – 2022.

47f.: il.

Orientador (a): Jamile Pinheiro Nascimento.

Tabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Energia) – Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2022.

Inclui bibliografia

1. Simulação fotovoltaica. 2. PVSyst. 3. PVSol. 4. Energia solar. I. Título.

CDU: 621.383

Folha de Aprovação

RODRIGO ALEX SILVA BARROS

Análise comparativa entre os softwares PV SYST e PV*SOL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Energia pela Universidade Federal de Alagoas. Aprovado em 21 de dezembro de 2022.

Documento assinado digitalmente



JAMILE PINHEIRO NASCIMENTO AMOAH Data: 19/01/2023 08:09:05-0300 Verifique em https://verificador.iti.br

Due for Due Tourille Diulesius Massimonte Amash (Oriente dans)

Profa. Dra. Jamile Pinheiro Nascimento Amoah (Orientadora)

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente



ALANA KELLY XAVIER SANTOS Data: 18/01/2023 23:27:29-0300

Verifique em https://verificador.iti.br

Profa. Dra. Alana Kelly Xavier Santos, CECA/UFAL (1ª Avaliadora)

Documento assinado digitalmente



AMANDA SANTANA PEITER

Data: 19/01/2023 07:55:59-0300 Verifique em https://verificador.iti.br

Profa. Dra. Amanda Santana Peiter, CECA/UFAL (2º Avaliador)

RESUMO

A utilização da energia solar fotovoltaica tem crescido constantemente — inclusive no Brasil ao longo dos últimos cinco anos — devido, principalmente, à demanda cada vez maior por fontes alternativas de energia e ao aumento das tarifas relacionadas a esse bem de consumo. Alinhado a tal crescimento, o emprego de *softwares* na elaboração de projetos fotovoltaicos também tem se difundido, uma vez que estes garantem diversos benefícios, sendo o principal deles o aumento da eficiência do sistema fotovoltaico. O presente estudo tem como objetivo demonstrar o passo a passo da utilização dos *softwares* PVSyst e PVSol, bem como realizar a comparação — baseada em uma unidade de geração em operação — entre os dois, já que estes são os programas computacionais mais utilizados para o dimensionamento fotovoltaico. Entre os vários modelos existentes atualmente, inclusive os dois estudados, há diferenças que podem favorecer inúmeros tipos de instalações, logo, cada uma das ferramentas de programação se destaca em uma área de atuação como, por exemplo, o PVSol que, apesar da quantidade limitada de módulos fotovoltaicos para simulação, se sobressai ao PVSyst por permitir a importação de um modelo 3D do sistema de geração.

Palavras-Chave: Simulação fotovoltaica; PVSyst; PVSol

ABSTRACT

The use of photovoltaic solar energy has grown steadily – including in Brazil over the last five years – mainly as a result of the increasing demand for alternative energy sources and the increase in tariffs related to these consumer goods. Accordingly to this growth, the use of softwares to elaborate photovoltaic projects has also been widespread, since they guarantee several benefits, the main one being the increase in the efficiency of the photovoltaic system. The present study aims to demonstrate the step-by-step uses of the PVSyst and PVSol software, as well as to perform the comparison between both-based on a unit generation in operation – since nowadays, these are the most used computer programs for dimensioning photovoltaic Among several models currently existing, including the two studied, there are differences that can favor many types of installations. Therefore every single programming tools stands out in an area of activity. For example, PVSol in despite of the limited amount of photovoltaic modules for simulation, stands out from PVSyst for allowing the import of a 3D model of the generation system.

Keywords: Photovoltaic simulation; PVSyst; PVSol

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| Figura 1 - Sistema Solar Fotovoltaico | . 13 |
|---|-------|
| Figura 2 - Página inicial do site pvsyst.com | . 17 |
| Figura 3 - Interface inicial do Software PvSyst | . 18 |
| Figura 4 - Interface do Sistema PvSyst | . 19 |
| Figura 5 - Ícones de entrada para cadastro do cliente | . 19 |
| Figura 6 - Ícones de localização | . 20 |
| Figura 7 - Importação dos dados de irradiância | . 20 |
| Figura 8 - Opção "guardar" os dados fornecidos | . 21 |
| Figura 9 - Botão "Parâmetros projeto" | . 22 |
| Figura 10 - Os parâmetros do projeto | . 22 |
| Figura 11 - Página inicial do site pvsol. software. | . 24 |
| Figura 12 - Página inicial do <i>software</i> | . 25 |
| Figura 13 - Etapa de preenchimento dos dados do usuário do software | . 26 |
| Figura 14 - Opção de sistema de unidades | . 27 |
| Figura 15 - Opção de rede c.a | . 27 |
| Figura 16 - Opção simulação. | . 28 |
| Figura 17 - Continuação dos dados sobre a simulação | . 30 |
| Figura 18 - Página sobre o limite de configurações. | . 31 |
| Figura 19 - Continuação da página de limite de configurações | . 31 |
| Figura 20 - Janela de dados do projeto. | . 32 |
| Figura 21 - Tipo de sistema, clima e rede | . 33 |
| Figura 22 - Janela sobre o consumo de energia elétrica | . 33 |
| Figura 23 - Informações sobre o módulo fotovoltaico | . 34 |
| Figura 24 - Etapa sobre a inserção de parâmetros para o cálculo das células fotovolta | icas. |
| | . 35 |
| Figura 25 - Opções sobre o perfil de instalação do projeto. | . 35 |
| Figura 26 - Etapa sobre perdas por sombreamento. | . 36 |
| Figura 27 - Etapa de degradação do módulo | . 36 |
| Figura 28 - Página sobre inversor de frequência | . 37 |

| Figura 29 - Dimensionamento dos cabos | . 38 |
|--|------|
| Figura 30 – Ícones de acesso para as últimas etapas do projeto | . 38 |
| Figura 31 - Definição da disposição dos módulos no software PVSyst | . 40 |
| Figura 32 - Visualização 3D da disposição do projeto no software PVSol | . 41 |
| Figura 33 - Projeto solar fotovoltaico real. | . 42 |
| Figura 34 - Comparativo entre os erros dos <i>softwares</i> | . 43 |

LISTA DE TABELAS

| Tabela 1 -Diferença entre desvios de transposição da irradiação difusa do projeto SWERA |
|---|
| 29 |
| Tabela 2 - Quadro comparativo entre a estimativa de geração de energia e o real 43 |

SUMÁRIO

| 1. | INTRODUÇÃO | 10 |
|------|--|------|
| 2. | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 12 |
| 2.1 | FONTE DE ENERGIA E O MEIO AMBIENTE | 12 |
| 2.2 | ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA | 13 |
| 2.3 | PVSYST | 14 |
| 2.4 | PVSOL | 15 |
| 3 | METODOLOGIA | . 16 |
| 3.1 | PLANEJAMENTO SEQUENCIAL | . 16 |
| 3.1. | 1 Definição do software de análise | 16 |
| 3.1. | 2 Mapeamento de utilização dos softwares | 16 |
| 3.1. | 3 Utilização dos softwares | 16 |
| 3.1. | 4 Comparativo entre o PVSyst e o PVSol | 16 |
| 3.2 | COMO UTILIZAR O SOFTWARE PVSYST | 17 |
| 3.2. | 1ADESÃO DO PVSYST | 17 |
| 3.2. | 2INTERFACE INICIAL DO SOFTWARE | 17 |
| 3.2. | 3INSERÇÃO DOS DADOS PARA O SISTEMA ON GRID | 18 |
| 3.2. | 4ELABORAÇÃO DO PROJETO | . 23 |
| 4 | COMO UTILIZAR O SOFTWARE PVSOL | . 24 |
| 4.1 | ADESÃO DO PVSOL | . 24 |
| 4.2 | INTERFACE INICIAL DO SOFTWARE | . 24 |
| 4.3 | PARAMETRIZAÇÃO DO SOFWTARE | . 25 |
| 5 | DIFERENÇA ENTRE PVSYST E PVSOL | . 38 |
| 6 | APLICAÇÃO DOS SOFTWARES PVSYST E PVSOL | . 39 |
| 7 | CONCLUSÃO | . 45 |
| DEI | FEDÊNCIAS | 16 |

1. INTRODUÇÃO

A demanda por energia elétrica vem crescendo ao longo dos últimos anos e assim, a necessidade por fontes alternativas e renováveis para geração de energia elétrica está cada vez maior.

Dentre essas fontes a que mais se destaca é a energia solar fotovoltaica, pois além de contribuir para o meio ambiente é a mais silenciosa e a que menos necessita de manutenção. Além disso, a instalação e operação são mais simples e necessitam de menos tempo quando comparada com as outras opções de geração de energia renovável, como a energia eólica, de biomassa, hídrica e geotérmica.

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2022) em 2022 o Brasil ultrapassou a marca de 10 GW de potência instalada em micro e minigeração (que é quando o consumidor gera sua própria energia), o que é uma marca muito expressiva, já que em 2019 havia apenas 1 GW de potência instalada em todo país, e que a fonte mais utilizada é a energia solar.

Com esse crescimento notório, o uso de *softwares* para auxiliar e dar rapidez a elaboração e dimensionamento dos projetos é indispensável em instalações que buscam uma máxima eficiência, com o intuito de evitar perdas por: sombreamento, mal dimensionamento e orientações erradas.

O PVSyst e o PVSOL são *softwares* bastante utilizados no mercado solar, que utilizam dados climatológicos do local, modelos matemáticos para identificar possíveis perdas e o quanto de energia vai ser gerada e possuem a tecnologia tridimensional que permite o cálculo da influência de sombreamento no local. Também elaboram relatórios completos com estatísticas e recomendações para a construção de sistemas fotovoltaicos, com base em um banco de dados de variáveis meteorológicas do local escolhido.

Um ponto positivo do PVSOL sob o PVSyst, é que ele permite uma modelagem tridimensional a partir de um arquivo 3D (esse desenho em 3D pode ser realizado a partir de um conjunto de fotos) importado de outros *softwares*, deixando a simulação do sombreamento mais assertiva e estimando mais precisamente as perdas.

Pelo que já foi supracitado, os *softwares* são ferramentas importantes para o setor de Engenharia por conseguir facilitar a criação de projeto solar fotovoltaico com pequenas chances de erro e maior agilidade.

Tratando-se de valores de aquisição, o PVSyst tem a vantagem de possuir o menor valor do mercado, custando R\$ 3.396,00/ano (€ 600/ano), o que facilita a sua

aquisição, já a aquisição do PV Sol é de forma vitalícia, no valor de R\$ 7.329,70 (\in 1.295) com a cobrança de 18% (R\$ 1.319,35) desse valor ao ano para atualizações.

Com isso, o objetivo geral deste trabalho é desenvolver um passo a passo da modelagem e simulação de um sistema fotovoltaico utilizando o PVSyst e o PVSOL para fins de aprendizagem do uso do *software*.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 FONTE DE ENERGIA E O MEIO AMBIENTE

Segundo Goldemberg (2003), os impactos ambientais se destacam como local, regional e global. O impacto local se refere a poluição do ar urbana e em ambientes fechados, o regional pode ser a chuva ácida, por exemplo e a global, o efeito estufa, desmatamento, degradação costeira e marinha.

A demanda por energia elétrica cresceu em todo o mundo e a necessidade de diminuir a dependência de combustíveis fósseis aliado à preferência por fontes de energia que não poluem têm levado à busca de novas fontes de energia para geração de eletricidade (VILLALVA e GAZOLI 2012).

Atualmente são procuradas cada vez mais fontes de geração de energia para suprir a crescente demanda, dentre essas fontes, as fontes renováveis de geração de energia têm ganhado destaque, porém, muitas delas também podem trazer prejuízos ao meio ambiente, como por exemplo a geração por fonte hidráulica que é considera uma energia limpa, porém demanda uma grande área para os reservatórios, influenciando a comunidade local, a fauna e a flora.

Outro caso são as termoelétricas que trazem impactos negativos ao meio ambiente pela emissão de gases de efeito estufa. Já a energia nuclear não tendo a devida segurança durante sua atividade e o tratamento correto, pode causar danos duradouros ao meio ambiente.

As fontes alternativas possuem alguns problemas, que podem danificar a biodiversidade, mas quando são cuidadas de forma apropriada antes, durante e após a sua atividade de funcionamento se tornam as melhores opções para a geração de eletricidade (SANTOS, 2016).

Segundo Santos (2016), a energia eólica e a solar fotovoltaica são as fontes renováveis de geração de energia que geram o menor impacto ambiental, e um ponto positivo da energia solar sob a energia eólica é que precisa-se de menor espaço para geração de energia, podendo ser instalada em telhados de casa e comércios, por exemplo.

Em 2021 o Brasil foi alvo de uma crise energética provocada por falta de chuvas que consequentemente diminuíram os níveis nos reservatórios trazendo efeitos negativos para a população, como aumento na conta de energia, por conta da necessidade do acionamento das usinas termoelétricas para complementar a geração hídrica de energia.

Segundo a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE (2022), o consumo de energia elétrica no Brasil no ano de 2021 foi 4,1% maior que em 2020, esse crescimento é atribuído também ao retorno das atividades econômicas no país após a pandemia do COVID-19.

No Brasil, o consumo de energia elétrica está em constante crescimento, de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) o consumo energético no Brasil cresceu 3,0% no mês de agosto de 2022 quando comparado com o mesmo período do ano de 2021 e a tendência é que os números continuem em escala crescente.

2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O sistema de energia solar fotovoltaica (Figura 1) converte a energia da radiação solar em eletricidade através de células fotovoltaicas.



Figura 1 - Sistema Solar Fotovoltaico

Fonte: Autor (2022).

Os sistemas solares fotovoltaicos podem ser classificados em dois grupos: *Off grid*, que é o sistema isolado da rede elétrica da concessionária e o *on-grid* que é o sistema conectado à rede.

A categoria *on-grid* é o sistema em que a energia produzida é direcionada diretamente para a rede e precisam atender as normativas impostas pela concessionaria, já no sistema *off-grid* são os isolados que não possui conexão com rede elétrica e,

consequentemente precisa de algum método de armazenamento para o momento que não tiver irradiação solar, como por exemplo a bateria (ANDRADE, 2017).

A implementação desses sistemas conectados à rede elétrica da concessionaria de energia local só foi possível a partir do Projeto de Lei (PL) 5.829/2019, que criou o "Marco Legal da Geração Distribuída", que foi regulamentado pela Resolução Normativa da ANEEL – a REN nº 482/2012, que estabelece os critérios e condições para os consumidores que desejam gerar sua própria energia por meio de várias fontes como: eólica, solar, biomassa, pequenas centrais hidroelétrica (PCH's) por meio da geração distribuída – GD, e dentre as várias formas de geração própria de energia, a fonte solar se destaca no panorama brasileiro.

2.3 PVSYST

O *software* PVsyst é um programa operacional que tem o objetivo de fazer análise do sistema de energia fotovoltaica e que serve também para a produção de relatórios de sistemas solares fotovoltaicos.

Ele possui uma caixa de entrada de dados que permite inserir a localização geográfica da instalação, fazer uma análise financeira, o dimensionamento dos sistemas, e estimar as perdas específicas no sistema (BRITO, 2015).

Além disso, através do PVSyst é possível fazer estudos e cálculos de perdas por sombreamento e da sujeira nos módulos, e ainda estima a produção de energia considerando a eficiência de todo o equipamento.

De acordo com o site do PVSyst, ele foi projetado para que arquitetos, engenheiros e pesquisadores façam uso dele. O *software* contém uma biblioteca extensa que possui informações técnicas sobre diferentes fabricantes dos materiais que são utilizados para a instalação e funcionamento do projeto solar fotovoltaico, dados climáticos exportados da NASA (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço) e Meteonorm (*Software* para dados Meteorológicos para Geração de Energia Fotovoltaica).

Foi elaborado na década de 90 pela Universidade de Genebra localizada na Suíça com objetivo principal de fazer uma simulação completa de sistemas fotovoltaicos e ganhou força no mercado devido às ferramentas que são oferecidas com precisão e dessa forma se tornou um dos *softwares* mais procurados no mundo.

2.4 PVSOL

O *software* PVSol é uma ferramenta de simulação de projetos de sistemas fotovoltaicos, construído na Alemanha pela empresa *Valentin Software*. O seu diferencial é a possibilidade da utilização de modelos tridimensionais a fim de estimar a geração de energia com simulações de sombreamento (GALLE, 2019).

Para a elaboração dos projetos fotovoltaicos, o *software* utiliza um banco de dados meteorológicos, com uma série histórica desde 1981 até 2010, que possui registros de velocidade do vento, temperatura média, umidade relativa e radiação global horizontal desta forma, a modelagem do *software* consegue estimar a geração de energia elétrica considerando o sombreamento que existe na planta (GALLE, 2019).

Diferente do PV Syst, ele não possui dados atualizados do Meteonorm em suas bases de dados, mas, permite que os mesmos sejam importados e possui uma simulação limitada em até 7500 módulos fotovoltaicos, o que é um fator limitante para grandes usinas.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no presente trabalho consiste na abordagem de um mapa sobre a utilização dos *softwares* e um comparativo, a partir da literatura, entre a elaboração de projetos fotovoltaicos a partir dos *softwares* PVsyst e PVSol.

3.1 PLANEJAMENTO SEQUENCIAL

3.1.1 Definição do *software* de análise

Nessa etapa os programas foram decididos a partir da relevância que eles possuem no mercado de energia solar fotovoltaica.

De acordo com a literatura, o sistema PVSol apresentou resultados de simulação mais próximos aos valores reais obtidos por medição, dessa forma foi realizado um comparativo entre ele e o *software* PVSyst que obteve resultados diferentes com os mesmos parâmetros, no entanto um olhar diferente no quesito de sombreamento.

3.1.2 Mapeamento de utilização dos *softwares*

Após a definição dos sistemas operacionais que foram colocados em estudo, foi realizada uma investigação das funcionalidades dos mesmos para ter mais conhecimento e poder abordar com propriedade o assunto e por fim, foi feita a apresentação da *interface*, a explicação sobre os comandos e as ferramentas que são oferecidas para o usuário.

3.1.3 Utilização dos softwares

Em seguida, foi colocado em prática a demonstração de uso dos programas em um projeto solar fotovoltaico real.

3.1.4 Comparativo entre o PVSyst e o PVSol

Por fim, foi realizado um comparativo entre a construção de projetos solar fotovoltaicos a partir dos *softwares* PVSyst e o PVSol com abordagem no que eles podem oferecer e, de acordo com a literatura, um comparativo entre eles.

3.2 COMO UTILIZAR O SOFTWARE PVSYST

3.2.1 ADESÃO DO PVSYST

Para aderir o *software* é necessário acessar o site *pvsyst.com* e a opção de *download* já é mostrada em sua página inicial (Figura 2).

Para conseguir acesso ao *software* é necessário pagar, mas pode ser utilizado de forma gratuita com a opção de teste que é oferecida. O site possui o francês e o inglês como opções de idioma, entretanto quando é feito o *download* do *software* ele oferece outras opções de idiomas, sendo o português uma delas.

Home Software Download Shop Support Publications Engagement ■■ Site en Français **PV**SYST A full package for the study of your photovoltaïc systen Preliminary design tool A powerful software for your PVsyst presents results in the form of News a full report, specific graphs and photovoltaic systems tables, and data can be exported for PVsyst 7.2 is available PVsyst is designed to be used by architects, engineers use in other software. and researchers. It is also a very useful educative tool. It includes a detailed contextual Help menu that explains the procedures and models that are used, and offers a PVsyst tutorials DOWNLOAD PVSYST 7.2 user-friendly approach with a guide to develop a project. PVsyst is able to import meteo data, as well as personal data from many different sources.

Figura 2 - Página inicial do site pvsyst.com

Fonte: Adaptado do software PVSyst (2022).

3.2.2 INTERFACE INICIAL DO SOFTWARE

Na *interface* inicial do *software* as opções de uso são apresentadas, como:

- Acoplado à rede que são os sistemas on grid;
- Isolado com baterias que são os sistemas *off grid*;
- Bombagem que é o bombeamento solar; e os
- Utilitários que são as funções de análises.

Para prosseguir com o método utilizado neste trabalho, é necessário selecionar a opção do sistema *on-grid*. (Figura 3)

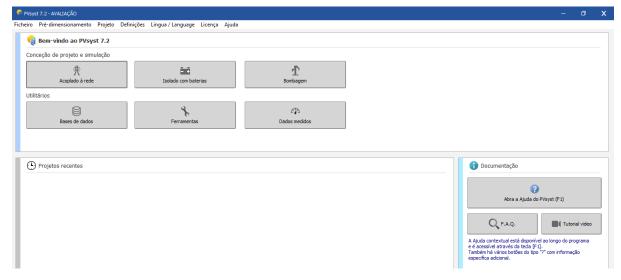


Figura 3 - Interface inicial do Software PvSyst

Fonte: Adaptado do software PVSyst (2022).

3.2.3 INSERÇÃO DOS DADOS PARA O SISTEMA ON GRID

A *interface* do *software* após a seleção da opção "sistema On Grid" é o início da confecção do projeto (Figura 4).

Inicialmente na caixa de entrada, em "nome do projeto" é possível nomear o projeto e em "nome do cliente" é possível colocar o nome do para qual o projeto está sendo elaborado. (Figura 5)

Localização Variante Novo Carregar E Guardar Parâmetros projeto 🛗 Eliminar 0 Projeto Nome do projeto Ficheiro localização a 🗁 🛨 Ficheiro meteorológico Escolha, por favor, a localização Novo Guardar Importar Eliminar Gerir Variante 0 N° de Variante Sem cenário 3D de sombras, sem sombras Produção do sistema 0.00 kWh/kWp/ano Índice de performance 0.00 kWh/kWp/dia Produção normalizada 0.00 kWh/kWp/dia 0.00 kWh/kWp/dia Resultados detalhados **Sair** Sinopse do sistema

Figura 4 - Interface do Sistema PvSyst

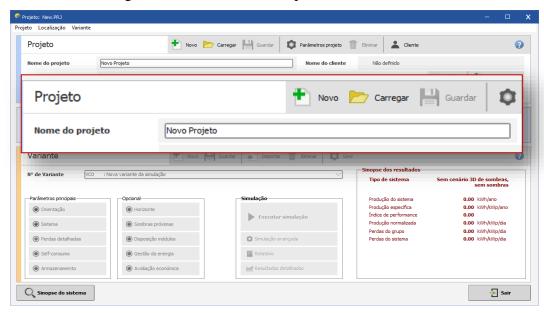


Figura 5 - Ícones de entrada para cadastro do cliente

Fonte: Adaptado do software PVSyst (2022).

Após o preenchimento dos dados do cliente, é necessário fazer o reconhecimento geográfico de onde será instalado o sistema solar fotovoltaico, a fim de exportar os dados de irradiância do local. Para isso, é fundamental pesquisar a latitude e longitude do local

de instalação para encontrar a irradiância do ponto específico e assim, a simulação ser efetuada.

No ícone "escolher uma localização" existe uma tabela com locais cadastrados, porém é necessário adicionar o ponto específico da instalação no ícone "nova localização" para que faça a importação dos dados. (Figura 6)

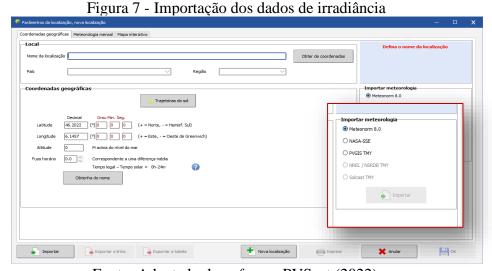
Projeto Localização
Projeto Novo Projeto Nov

Figura 6 - Ícones de localização

Fonte: Adaptado do software PVSyst (2022).

Após ser feita a seleção do ícone de localização, surge a segunda *interface* que permite fazermos a identificação do local, na qual é necessário: colocar o nome do local, nome do país e a região, com isso é preenchido o campo da latitude e longitude, altitude e fuso horário.

Para concluir é necessário importar os dados de irradiância que foram fornecidos. (Figura 7)



Fonte: Adaptado do software PVSyst (2022).

Após todo o processo de coleta de dados básicos sobre localização, o *software* importa os dados de irradiação global, irradiação horizontal, velocidade do vento, turbulência e umidade e temperatura local.

E por fim, é necessário selecionar a opção "guardar" para que o programa libere a *interface* completa e assim possa ser possível continuar o projeto. (Figura 8)

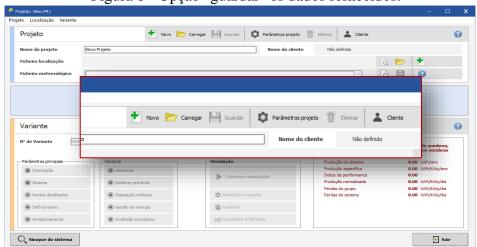


Figura 8 - Opção "guardar" os dados fornecidos.

Fonte: Adaptado do software PVSyst (2022).

Para que os resultados da simulação tenham precisão é necessário selecionar o botão "Parâmetros projeto" onde são estabelecidos alguns dados em que o sistema irá operar, tais como: temperaturas de início da manhã e temperaturas operacionais.

É importante para o sistema solar fotovoltaico a informação da temperatura mínima e máxima pois elas interferem na tensão e dessa forma é possível determinar a quantidade de painéis por grupo (Figura 9).

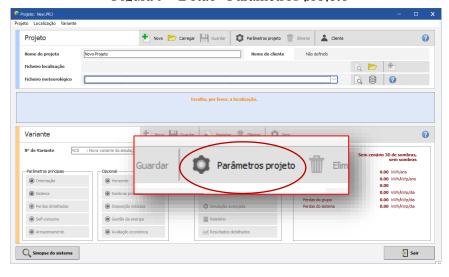


Figura 9 - Botão "Parâmetros projeto"

Para indicar os parâmetros do projeto precisa-se selecionar a opção "condições de conceção" e a partir disso é preciso definir a mínima temperatura – temperatura histórica do início da manhã e em seguida a temperatura que o sistema vai operar durante o inverno, depois a temperatura usual da operação e a temperatura máxima que o projeto vai ser exposto.

Também faz-se a seleção da tensão máxima do conjunto de módulos, utilização de um modelo de diodo e um modelo de transposição, para tais valores podem ser utilizados parâmetros pré-definidos. Para conclusão, os dados são enviados a partir da seleção dos botões "ok" e "salvar", respectivamente. (Figura 10)

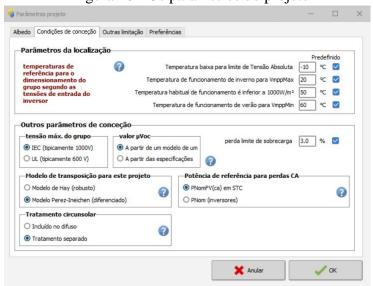


Figura 10 - Os parâmetros do projeto

Fonte: Adaptado do software PVSyst (2022).

3.2.4 ELABORAÇÃO DO PROJETO

Após a inserção de todos os dados no sistema, é inicializada a parte da elaboração do projeto, para isso é preciso selecionar o botão "orientação" e definir a inclinação e o azimute do sistema fotovoltaico.

Para a continuidade da produção do projeto, é importante analisar o telhado onde será feita a instalação e os dados de orientação do local, que podem ser coletados com ajuda da ferramenta "Google Earth", dessa forma, é possível visualizar a posição em que as placas serão fixadas. Por fim, após os dados serem preenchidos, é necessário colocar "ok".

Quando o campo "orientação" for concluído, passa-se para a etapa do "sistema". Nesse *layout* será possível inserir os dados sobre o módulo fotovoltaico, inversor e arranjo fotovoltaico que serão utilizados no sistema.

Na etapa que solicita "nome" é necessário colocar a nomenclatura do sub arranjo do sistema e, em seguida, no botão "Selecionar o Módulo Fotovoltaico" é a etapa de escolha de marca e tipo do módulo que será utilizado no sistema, e logo após é selecionado o inversor, no campo "Selecionar o inversor".

Após esse estágio, mas ainda na mesma *interface*, é necessário inserir a quantidade de módulos e *strings* (conjunto de módulos associados em série numa mesma entrada do inversor).

Quando efetuada a inserção de todos os dados, é possível observar o "sumário global do sistema" no qual mostra algumas especificações sobre o projeto, como: a área de módulos, potência, a máxima potência do sistema e a potência do inversor. Além disso, mostra a tensão mínima, média e máxima, esses dados podem ser importados no projeto.

Para concluir e conseguirmos o projeto, após a inserção de todos os dados e parâmetros necessários é preciso importar os dados sobre "orientação" e do "sistema" e por fim, selecionar a opção "rodar simulação" para obter o projeto.

4 COMO UTILIZAR O SOFTWARE PVSOL

4.1 ADESÃO DO PVSOL

Para baixar o *software* é necessário acessar o site *pvsol.software* e clicar na opção de *download* que já é mostrada em sua página principal (Figura 11).

O *software* disponibiliza duas versões, a forma gratuita como "teste" durante 31 dias e a opção "*premium*" que é paga, e a diferença entre eles é a marca d'água no relatório final.

O site possui opções de idioma, porém quando o *download* do *software* é realizado, ele oferece a linguagem tcheca, inglês, francês, espanhol, alemão, italiano, português, língua polaça e o turco como idiomas para acesso.

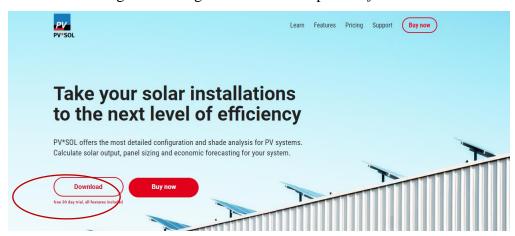


Figura 11 - Página inicial do site pvsol. software.

Fonte: Adaptado do software PVSOLol (2022).

4.2 INTERFACE INICIAL DO SOFTWARE

Na página inicial do *software* existem as opções de tutoriais em "Introdução ao programa", conforme a Figura 12.

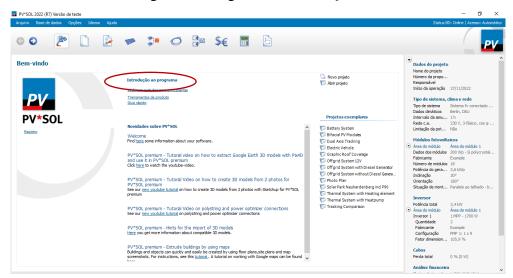


Figura 12 - Página inicial do software

4.3 PARAMETRIZAÇÃO DO SOFWTARE

Antes de iniciar a simulação, alguns dos parâmetros precisam ser configurados, essas configurações são colocadas a partir do botão "opções" e em seguida, no botão "opções do programa" (Figura 13).

Após selecionar "opções de programa" aparece uma página com diversas entradas, iniciando com a opção "usuário" que é aba própria para fornecer os dados do projetista e deixar salvos para a demarcação de projetos feitos utilizando o *software*. (Figura 13)

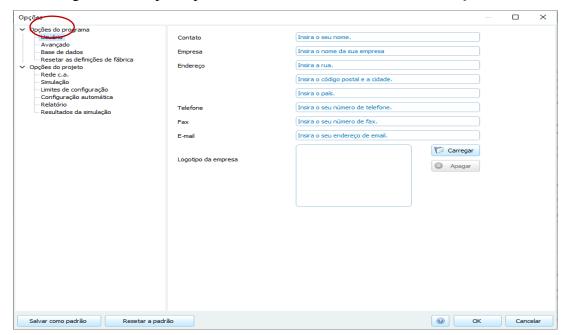


Figura 13 - Etapa de preenchimento dos dados do usuário do software.

Em seguida, é possível encontrar a opção "avançado" no qual é possível configurar e escolher as grandezas que serão utilizadas nos parâmetros do projeto (Figura 14).

Dando continuidade na configuração do *software* para iniciar o projeto, existe o botão "Rede c.a" (c.a – corrente alternada) que é a janela com opções sobre a inserção dos dados da tensão da rede, quantidade de fases, fator de potência, e por fim, sobre a redução de CO₂ para o projeto que faça a opção por ter menos emissão do gás (Figura 15).

Opções ✓ · Opções do programa Usuario Pasta padrão C:\Users\Natália Albuquerque\Documents\Valentin EnergieSoftware\PVSOL 2022\Projects Avançado Base de dados Resetar as definições de fábrica Sistema de unidades Unidade SI As definições relativas à moeda podem ser consultadas no <u>painel de controle do</u> Opções do projeto Moeda Rede c.a. Simulação ☐ Iniciar programa com tipo de sistema definido Limites de configuração Configuração automática Sistema fv conectado à rede Relatório Resultados da simulação ☑ Procura automática de atualizações (1 x dia, durante inicalização do programa) ✓ Criar sempre cópia de segurança Mostrar janela de notificação Mensagens de erro ✓ Avisos relativos à simulação O banco de dados online voltou a ser acessível. $\ensuremath{ \ensuremath{ f eta}}$ O banco de dados online não é accessível. Aceito enviar dados de uso anonimizados para aprimorar o software Declaração de privacidade Salvar como padrão Resetar a padrão OK Cancelar

Figura 14 - Opção de sistema de unidades.

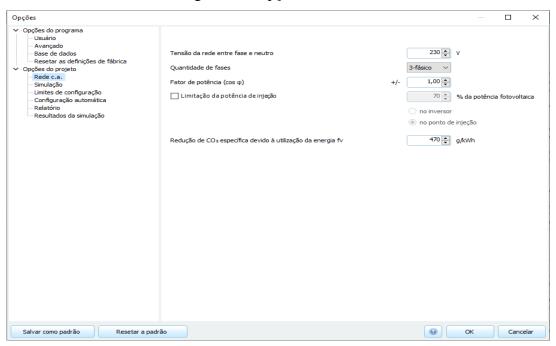


Figura 15 - Opção de rede c.a.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Outra opção para essa página é a "simulação" (Figura 16), que pode alterar o modelo para radiação difusa, modelo para radiação no nível inclinado que vai depender do estado do projeto e a escolha entre as opções "perez" e "klucher" que vai de acordo com a Tabela 1, onde demonstra os dados da diferença entre os desvios apresentados por modelos matemáticos de transposição da irradiação difusa dos dados de satélite do projeto SWERA, para isso primeiro segue o estado do projeto e analisa as duas colunas e escolhe a opção que o resultado for mais próximo de zero e então, é possível decidir entre "perez" e "klucher". Nessa tabela também é possível identificar a irradiação total que vai chegar no painel que é importante para saber quanto de energia vai gerar.

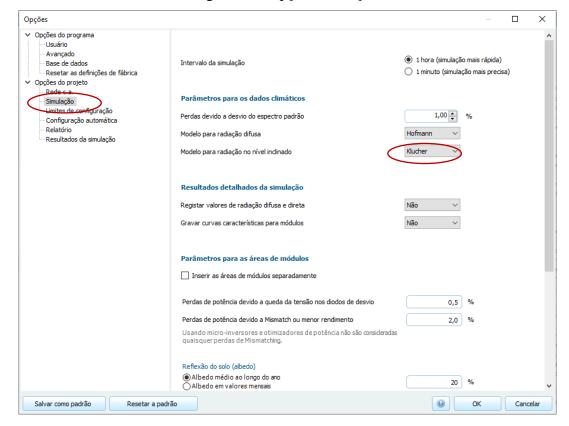


Figura 16 - Opção simulação.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Tabela 1 -Diferença entre desvios de transposição da irradiação difusa do projeto SWERA

| Cidades | Latitude Local | irradiação média diária a partir de dados do projeto SWERA (α= Latitude) | Desvio dos valores de irradiação difusa do SWERA (%) | | | |
|---------------------|-------------------|---|--|-----------|---------|---------------|
| | | | PEREZ | ISOTROPIC | KLUCHER | HAY AND MCKAY |
| Boa Vista (RR) | 0° | 5,3 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 |
| Macapá (AP) | 0° | 5,3 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| Belém (PA) | 1° | 5,4 | -0,2 | -0,3 | 3,1 | -0,3 |
| São Luís (MA) | 2° | 5,5 | -0,1 | -0,3 | 3,1 | -0,3 |
| Manaus (AM) | 3° | 5,1 | -0,1 | -0,3 | 3,0 | -0,3 |
| Fortaleza (CE) | 4" | 5,6 | -0,1 | -0,5 | 2,9 | -0,5 |
| Teresina (PI) | 5° | 5,7 | -0,1 | -0,6 | 2,8 | -0,5 |
| Natal (RN) | 6* | 5,5 | -0,2 | -0,8 | 2,7 | -0,7 |
| João Pessoa (PB) | 7° | 5,4 | -0,4 | -1,1 | 2,4 | -1,0 |
| Recife (PE) | 8° | 5,2 | -0,4 | -1,3 | 2,2 | -1,2 |
| Maceió (AL) | 9° | 5,3 | -0,6 | -1,6 | 2,0 | -1,4 |
| Porto Velho (RO) | 9° | 5,2 | -0,0 | -1,0 | 2,6 | -0,6 |
| Palmas (TO) | 10° | 5,6 | -0,3 | -1,2 | 2,3 | -0,8 |
| Rio Branco (AC) | 10° | 5,2 | 0,1 | -1,1 | 2,5 | -0,8 |
| Aracaju (SE) | 11° | 5,5 | 0,7 | -1,9 | 1,8 | 1,6 |
| Salvador (BA) | 13° | 5,5 | -1,1 | -2,5 | 1,2 | -2,2 |
| Cuiabá (MT) | 15° | 5,6 | -0,5 | -2,0 | 1,8 | -1,1 |
| Brasília (DF) | 16° | 5,7 | -0,5 | -2,0 | 1,7 | -1,0 |
| Goiânia (GO) | 16" | 5,8 | -0,6 | -2,0 | 1,6 | -1,1 |
| Belo Horizonte (MG) | 20° | 5,7 | -1,8 | -3,7 | 0,2 | -2,4 |
| Campo Grande (MS) | 20° | 5,7 | -1,4 | -3,3 | 0,7 | -2,0 |
| Vitória (ES) | 20° | 5,0 | -1,9 | -4,4 | -0,2 | -3,4 |
| Rio de Janeiro (RJ) | 22° | 5,2 | -3,9 | -6,4 | -2,1 | -5,1 |
| São Paulo (SP) | 23° | 5,0 | -2,4 | -5,2 | -0,7 | -3,7 |
| Curitiba (PR) | 25° | 4,9 | -2,8 | -6,0 | -1,5 | -4,4 |
| Florianópolis (SC) | 27° | 4,8 | -3,5 | -7,0 | -2,4 | -5,2 |
| Porto Alegre (RS) | 29° | 5,1 | -2,5 | -6,0 | -1,2 | -3,8 |

Fonte: Santos & Ruther, 2014.

Além dessas informações, também podem ser inseridas as perdas de potência, mas no próprio programa ele já disponibiliza valores mais conservadores que podem ser utilizados também.

Em seguida, vem a opção do "albedo" que é a reflexão do sol e que pode ser determinado a partir do solo em que as placas ficarão sobrepostas, por fim, tem o botão sobre as perdas devido a sujeira que varia de acordo com a localização do projeto (Figura 17).

O albedo, conhecido também como coeficiente de reflexão, é definido a partir da razão entre as radiações de ondas curtas refletidas e incidentes, que é primordial para determinar o balanço de radiação da superfície. (Blad & Baker, 1972; Leitão, 1989; Azevedo et al., 1990a e b).

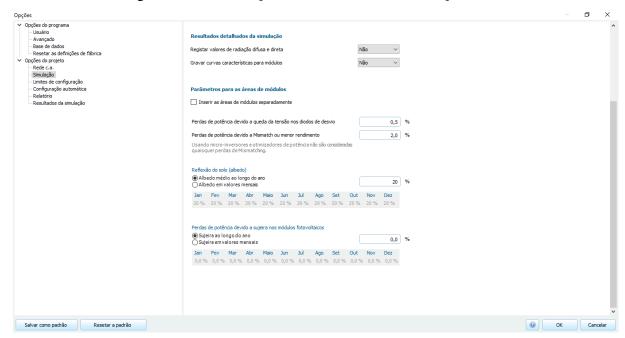


Figura 17 - Continuação dos dados sobre a simulação.

Em "limites de configuração" é possível inserir os dados sobre a tensão e corrente que o *software* vai responder quando escolher o inversor (Figura 18), abaixo tem-se a opção para colocar a temperatura máxima e mínima históricas da cidade em que vai ser instalado o sistema.

Sabendo que a temperatura tem influência direta na tensão da saída dos módulos, o simulador pode afirmar se a *string* escolhida está correta ou se vai exceder o limite de tensão do inversor.

Na etapa sobre circuito aberto - quando o sol não está gerando energia ainda - e é muito importante para locais frios em que a temperatura fica ainda mais baixa (Figura 19).

Após a inserção desses dados existe a opção de "salvar como padrão" para que o projeto possa ficar salvo para outros projetos e por fim, precisa selecionar a opção "ok". (Figura 19)

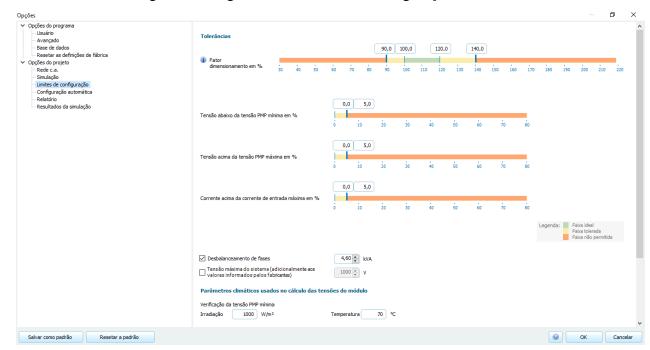


Figura 18 - Página sobre o limite de configurações.

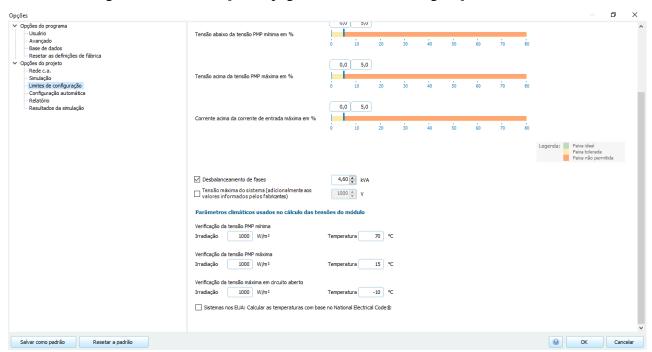


Figura 19 - Continuação da página de limite de configurações.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Em seguida, ao selecionar a "seta" azul para a direita fica a etapa de cadastro do sistema onde pode colocar os dados do projeto (Figura 20).

Figura 20 - Janela de dados do projeto.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Ao selecionar a "seta" azul novamente, mais etapas sobre o projeto aparecem, inicialmente com opções de tipos de projeto e é mais comum a utilização da opção "Sistema Fotovoltaico Com Consumo", no qual pode colocar o consumo dos últimos 12 meses e que resulta em informações sobre os módulos e inversores, ou a opção "Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede" que serve para saber quanto de energia o sistema vai gerar e existem outras temáticas que são menos utilizadas.

Na mesma página, na parte inferior, ó possível escolher país e cidade, assim que selecionada essas opções o *software* responde com a soma anual da irradiação global e a média anual da temperatura, latitude e longitude do local.

Já na opção "rede c.a" é possível inserir o tipo de rede do sistema (Figura 21).

PV*SOL 2022 (R7) Versão de teste \$€ Tipo de sistema, clima e rede Sistema fv conectado à rede 127 V, 3-fásico, kWh Módulos fotovoltaicos Área do módulo Área
Dados dos módulos 200
Fabricante Exa
Número de módulos 18
Potência do gera... 3,6 Indinação 1 minuto (simulação mais precisa) Esta função está disponível somente no PV*SOL premi The Inserir Tensão (N-L1) Latitude -35° 42′ 0" (-35,7°) Cahos Fuso horário UTC-3 Período 1996 - 2015 Fonte Meteonorm 8,1 Parâmetros da simulação

Figura 21 - Tipo de sistema, clima e rede.

Dando continuidade com a "seta" azul é possível adicionar o consumo de energia elétrica mês a mês inserindo os dados na opção "consumo mensal/anual" que oferece a opção de inserir ambos os consumos e resulta em uma demonstração com gráfico de barras (Figura 22). Essa modalidade existe na escolha do "Sistema Fotovoltaico Com Consumo" mostrado na etapa anterior, caso contrário essa janela não seria uma possibilidade.

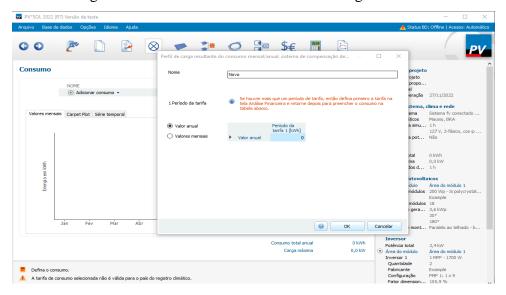


Figura 22 - Janela sobre o consumo de energia elétrica.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Avançando na simulação utilizando a "seta" azul para a direita, vem a próxima etapa que é responsável pelas informações do módulo fotovoltaico que será utilizado no projeto.

A primeira caixa de entrada disponibiliza opções sobre o fabricante, e caso não seja visível a opção escolhida o *software* permite cadastro de novos produtos no banco de dados. A aba ao lado se refere a um botão que pede o tipo do módulo (Figura 23).

Na parte inferior existem botões que possibilitam a entrada de informações se já existir um sistema fotovoltaico pronto, que pede o número de módulos fotovoltaicos e o inversor, mas se o objetivo for que o *software* calcule quantos módulos vão ser necessários em função daqueles parâmetros cadastrados no início da simulação a opção escolhida é o botão "calcular em relação ao consumo" (Figura 23) que pode inserir a porcentagem do consumo que deseja ser compensada e seleciona o botão "ok". Essas informações vão gerar os dados sobre a quantidade de módulos necessários para o consumo do projeto (Figura 24).

Na página demonstrada na Figura 23, o *software* possibilita a inserção de dados sobre a localização que serão instalados os módulos fotovoltaicos e a opção é escolhida de acordo com o perfil do projeto (Figura 25), além disso, é possível inserir parâmetros sobre a inclinação do telhado e a orientação do sistema.

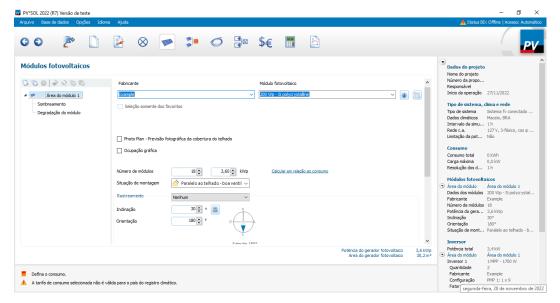


Figura 23 - Informações sobre o módulo fotovoltaico.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Figura 24 - Etapa sobre a inserção de parâmetros para o cálculo das células fotovoltaicas.

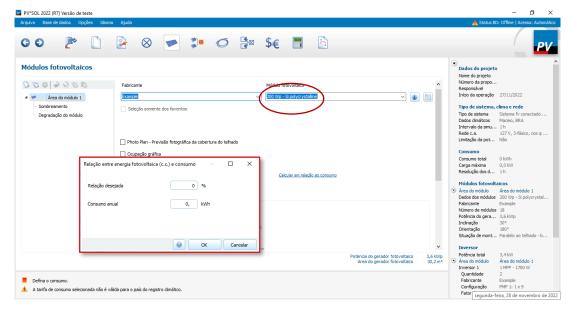
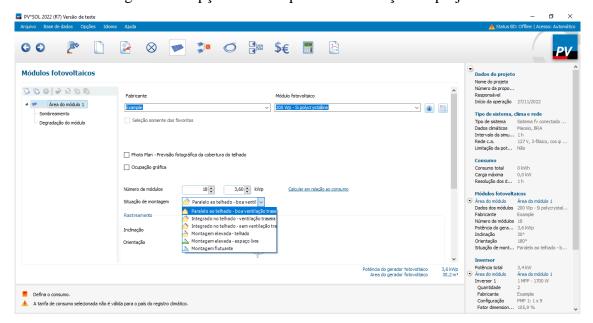


Figura 25 - Opções sobre o perfil de instalação do projeto.



Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Na parte inferior, ainda na mesma página sobre as informações do módulo fotovoltaico, é possível inserir dados sobre o sombreamento do local que vai ser instalado o projeto.

Na opção PVSOL *premium* é possível inserir dados sobre as perdas por sombreamento em 3D e obter a porcentagem com mais exatidão (Figura 26).

Argano Base de dicidos Orções Idona Audal

Módulos fotovoltaicos

Módulos fotovoltaicos

Módulos fotovoltaicos

Módulos fotovoltaicos

Sombreamento

Ourinha do horsonite

Ourin

Figura 26 - Etapa sobre perdas por sombreamento.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Mais abaixo na página sobre as informações do módulo, existe a aba "degradação do módulo" e a informação pode ser obtida no *datasheet* (documento que contém os parâmetros técnicos do modulo) dos módulos, que na maioria dos casos informa que, a partir de 25 anos de utilização o módulo fica com, no mínimo, 80% da sua capacidade total de geração, pois existe perda de potência com o decorrer dos anos e o *software* gera um gráfico linear contendo os parâmetros inseridos (Figura 27).

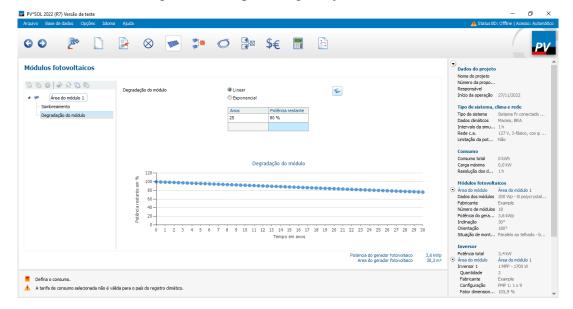


Figura 27 - Etapa de degradação do módulo.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Dando continuidade, a próxima opção é sobre a escolha do inversor. A primeira etapa é a escolha a marca e em seguida o modelo, a potência tem que ser um pouco menor do que é dado de informação na área do módulo.

Com essas informações, o *software* responde com a quantidade de PMP (*string*) e quantos módulos em série por PMP, os módulos podem ser editados pelo próprio projetista, porém o programa envia um aviso sobre alteração dos dados que não coincidem com o que foi indicado por ele (Figura 28).

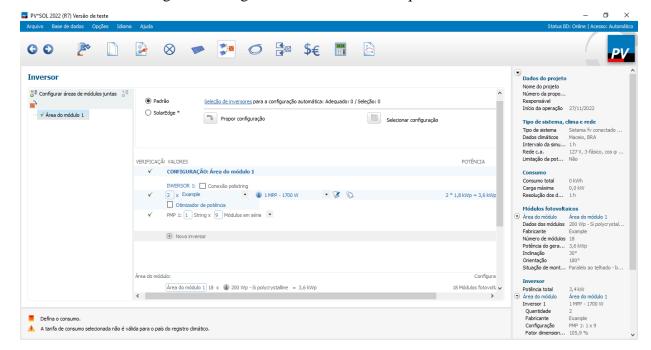


Figura 28 - Página sobre inversor de frequência.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

A próxima etapa fala sobre o dimensionamento de cabos, na qual é importante a inserção de dados sobre "entrada de perda nos cabos" que varia entre perdas "detalhadas" e "perda total" (Figura 29).

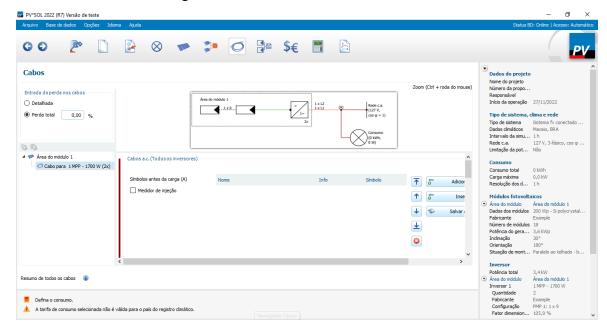


Figura 29 - Dimensionamento dos cabos.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Em seguida, a próxima etapa gera o diagrama unifilar com todos os parâmetros necessários para a instalação do sistema solar fotovoltaico.

Na *interface* seguinte é disponibilizada a página inicial para o cálculo financeiro e a última etapa, passando a "seta" azul para a direita, é para fazer a simulação durante os 365 dias do ano, em forma de gráficos, com os resultados sobre a energia gerada e o consumo energético (Figura 30).

Figura 30 – Ícones de acesso para as últimas etapas do projeto.



Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

5 DIFERENÇA ENTRE PVSYST E PVSOL

O PVSyst e o PVSol são diferentes *softwares* que possuem conhecimento no setor de energia solar e proporcionam alta confiabilidade, porém cada ferramenta dispõe de uma particularidade e se encaixa melhor para determinado procedimento e objetivo.

O *PVSol* é recomendado para projetos *rooftop* por ter a facilidade em efetuar simulações utilizando-se de estruturas modulares com cálculos feitos para o sombreamento da região, além disso, é possível dimensionar e fazer inserção de cabos que serão utilizados, exportar diagramas e o layout da conexão de *strings* e módulos do modelo 3D para o *software autocad*, otimizando o processo. Outra vantagem é a possibilidade da realização da análise energética do sistema e o fluxo financeiro do projeto.

Já no PVSyst, a *interface* é mais complicada, menos intuitiva e precisa de mais tempo de aprendizado para utilizar. Porém, possui dentro das vantagens, a popularidade e o tempo dentro do mercado.

Além disso, ele é utilizado e possui grande reconhecimento quando se trata do dimensionamento de grandes usinas, possui o diferencial do levantamento topográfico do terreno dentro do próprio *software*, já no PVSol é mais complicado o levantamento de usinas de solo e há dificuldade por ter o limite da utilização de módulos que não pode ultrapassar os 7500 no modelo 3D e isso faz com que a potência seja limitada.

6 APLICAÇÃO DOS SOFTWARES PVSYST E PVSOL

Foram realizados dois projetos utilizando PVSyst e PVSol com dados reais para a afirmação de todas as informações trazidas acima.

Após os projetos concluídos, foi realizada uma instalação solar fotovoltaica projetada a partir dos dois *softwares* em estudo.

O projeto foi efetuado na cidade de Colônia Leopoldina no estado de Alagoas que possui uma latitude -8,9105 e longitude -35,7165. O sistema foi composto por 18 painéis fotovoltaicos, da marca Canadian com 365W de potência e sendo policristalinos, com uma *string* com 8 painéis voltada para o norte e outra *string* de 10 painéis direcionada ao oeste.

Para a realização do levantamento de ambos os projetos, inicialmente, foi feita a seleção do local da instalação que assim, os *softwares* são capazes de puxar dados como da radiação solar.

Em seguida, foi feita a inserção dos dados da temperatura que o sistema vai operar, onde a temperatura de operação no inverno foi 20°C e para o verão, 50°C.

O fator de perda inserido foi de 20W/m²k e o fator anual de perda de 3%.

No PVSyst foi feito o desenho utilizando ferramentas sólidas para poder se aproximar mais do real e assim, alguns pontos de sombreamento ficam de fora (Figura 31).

Ficheiro Criar Selecioner Editar Vista Ferramentas Ajuda

Ficheiro Criar Selecioner Editar Vista Ferramentas Ajuda

Vista Seleciplo

Rendertzação Módulos Medidos Medidos Ferramentas

Violetos do cenário

None

Padas Rowa I Colet J Oriente 2

Padas Rowa I Cole

Figura 31 - Definição da disposição dos módulos no software PVSyst.

Fonte: Adaptado do software PVSyst (2022).

Já no PVSol foi possível gerar o arquivo em 3D utilizando o ponto a ponto de imagens feitas por um drone e dessa forma foi possível identificar melhor os sombreamentos vizinhos (Figura 32).

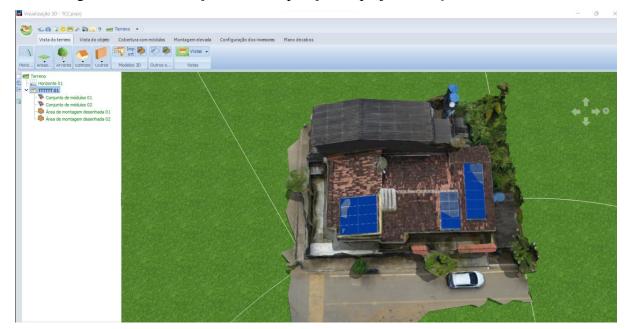


Figura 32 - Visualização 3D da disposição do projeto no software PVSol.

Fonte: Adaptado do software PVSol (2022).

A distribuição das placas e todo o projeto foi delimitado pelos *softwares* PVSYST e PVSol. Na Figura 33 é possível visualizar o resultado do projeto colocado em prática.

A simulação, tanto no PVSyst quanto no PVSol, levou em consideração as condições reais do projeto, onde 8 painéis ficaram voltados para o Norte com azimute de 0° e o telhado com angulação de 12° e a outra parte, com 10 painéis, ficou orientada a oeste com azimute de 90° e angulação de 6°.

De acordo com os dois projetos realizados, foi levado em consideração o *software* PVSol que apresentou maior confiabilidade e assim, foi realizada a instalação dos painéis fotovoltaicos (Figura 33) seguindo as exigências solicitadas pelo projeto.



Figura 33 - Projeto solar fotovoltaico real.

Fonte: Autor (2022).

Por fim, foi montada uma tabela (Tabela 2) comparativa das estimativas de geração de energia em KWh de janeiro até o mês de outubro entre os dois *softwares* em estudo e o real após a instalação do projeto e foi utilizado o cálculo de erro como mostra na fórmula 1.

Dessa forma foi possível fazer uma breve análise sobre qual o *software* que demonstrou melhor desempenho para o projeto em questão.

$$Erro = \frac{|Estimado-Real|}{Real} \times 100$$
 Fórmula 1

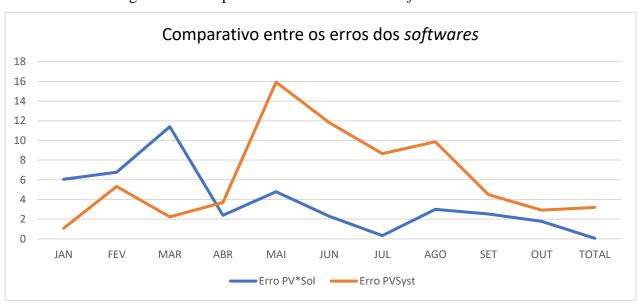
Tabela 2 - Comparativo entre a estimativa de geração de energia e o real

| COMPARATIVO ENTRE OS SOFTWARES | | | | | |
|--------------------------------|---------|--------|--------|-------------|-------------|
| MÊS.22 | PVSol | PVSyst | Real | Erro PVSol | Erro PVSyst |
| Janeiro | 830,94 | 875 | 884,5 | 6,05539853 | 1,074053137 |
| Fevereiro | 770,02 | 781,9 | 825,9 | 6,765952294 | 5,327521492 |
| Março | 870 | 763,6 | 781 | 11,39564661 | 2,227912932 |
| Abril | 748,19 | 795 | 766,6 | 2,401513175 | 3,704669971 |
| Maio | 656,01 | 725,7 | 626 | 4,793929712 | 15,92651757 |
| Junho | 558,8 | 639,6 | 572 | 2,307692308 | 11,81818182 |
| Julho | 602,47 | 652,5 | 600,5 | 0,32805995 | 8,659450458 |
| Agosto | 708,74 | 756 | 688,1 | 2,999564017 | 9,86775178 |
| Setembro | 777,63 | 724,4 | 758,5 | 2,522083059 | 4,495715227 |
| Outubro | 833,64 | 873,6 | 848,8 | 1,786050895 | 2,921771913 |
| TOTAL | 7356,44 | 7587,3 | 7351,9 | 0,061752744 | 3,201893388 |

Fonte: Autor (2022).

A partir disso foi construído um gráfico para melhor análise, dessa forma foi possível enxergar que nos primeiros meses o software que mais se aproximou do real foi o PVSyst pois o erro foi menor, mas a partir do mês de abril o que mais se destacou foi o PVSol que teve o erro bem mais abaixo que o outro.

Figura 34 - Comparativo entre os erros dos softwares.



Fonte: Autor (2022).

7 CONCLUSÃO

Existem diferentes modelagens computacionais com o objetivo em realizar projeto de energia solar fotovoltaica que oferecem diferentes vantagens, mas é importante a avaliação do projetista para a escolha do que será utilizado para determinado perfil do projeto, e é comum que a escolha fique delimitada entre os *softwares* PVSyst e PVSol devido a demanda e a confiabilidade conquistada por ambos, no setor.

Foi possível notar uma diferença entre a geração estimada dos dois *softwares* e a geração real, e isso se deu devido a permissão da entrada de arquivos em 3D que existe no PVSol, no qual possibilita a simulação da área do projeto e a captação de parâmetros que podem gerar problemas para a geração, pois é permitido o acesso aos obstáculos de até 100 metros tanto para Leste como para Oeste, como por exemplo a detectação do sombreamento. Já o PVSyst, não possibilita a entrada de arquivos em 3D e existe a utilização de desenhos projetados de forma artesanal.

Mais dificuldades foram encontradas quanto à utilização do PVSyst, pois foram identificadas burocracias maiores na sua utilização e uma *interface* mais complicada. Além disso, o PVSol faz a utilização de parâmetros do projeto pré-definidos, coisa que não acontece com o PVSyst, visto que ele libera a edição de muitos dos dados.

Nesse sentido, conclui-se que para o projeto em questão, o *software* que teve maior desempenho foi o PVSol.

A demonstração da utilização foi realizada a fim de confirmar a importância de sua utilização para a construção de um projeto solar fotovoltaico, e por fim, o comparativo abordado obteve o intuito de corroborar que não existe uma melhor escolha entre os dois, visto que cada um obtém a sua particularidade e as suas vantagens para determinados perfis.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Brasil ultrapassa marca de 10 GW em micro e minigeração distribuída. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/brasil-ultrapassa-marca-de-10-gw-em-micro-e-minigeracao-distribuida. Acesso em: 12 de dezembro de 2022.

ANDRADE, Caio Vinícius Aguiar. Análise da inserção de armazenadores de energia na rede elétrica de distribuição. Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília. Brasília, 2016. Disponível em: https://fga.unb.br/articles/0001/6659/Caio_Andrade_TCC_1.pdf. Acesso em: 19 de setembro de 2020.

AZEVEDO, P.V.; LEITÃO, M.M.V.B.R.; SOUZA, I.F. Balanço de radiação sobre culturas, nas condições semi-áridas do cariri paraibano. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 4, Salvador, BA. Anais... I. 1990a, p. 33-38.

BBC NEWS, "Risco de apagões em 2021 é baixo, mas 2022 preocupa, alerta representante de indústria de máquinas", 05/10/2021. Disponível em: < https://www.bbc.com/portuguese/brasil-58431070>. Acesso em: 24 de setembro de 2020

BLAD, B.L.; BAKER, D.G. Reflected radiation from a soybean crop. Agronomy Journal, Madison, v.64, p.277-280, 1972.

BRITO, Kal-El Basílio et al. Estudo de caso de um projeto de unidade de captação de energia fotovoltaica empregando o *software* PVsyst. 2015.

CAMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELETRICA - CCEE, "Consumo de energia elétrica cresce 4,1% em 2021, aponta CCEE". 2022. Disponível em: https://www.ccee.org.br/pt/web/guest/-/consumo-de-energia-eletrica-cresce-4-1-em-2021-aponta-ccee>. Acesso em: 14 de dezembro de 2022.

DE OLIVEIRA, Thalles Rodrigues; JÚNIOR, Walteno Martins Parreira. UM ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE FONTES

ALTERNATIVAS. Intercursos Revista Científica, v. 11, n. 2, 2012.

LEITÃO, M.M.V.B.R. Balanço de radiação e energia numa cultura de soja irrigada. Campina Grande, PB:UFPB. 1989, 110p. Dissertação Mestrado. DCA/CMM – TD no 03

GALLE, Vicente Veloso. Estudo da estimativa de geração de energia solar fotovoltaica do software PV* SOL em sistemas residenciais de até 4 kW conectados à rede elétrica. 2019.

GOLDEMBERG, J; Villanueva, L. D. Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento. Edusp. São Paulo, 2003.

SANTOS, Fabrício Almeida; SOUZA, Carlos Alberto de; DALFIOR, Vanda Aparecida Oliveira. ENERGIA SOLAR: um estudo sobre a viabilidade econômica de instalação do sistema fotovoltaico em uma residência em Ipatinga-MG. Simpósio de excelência em Gestão e Tecnologia, XIII, Rio de Janeiro, RJ, 2016.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. 1ª ed. São Paulo: Editora Érica, 2012.

ZANELLA, L.C.H. Metodologia de Estudo e de Pesquisa em Administração. Florianópolis: Departamento de Ciências da Admnistração/UFSC; [Brasília]: CAPES: UAB, 2009.

ZILLES, R.; MACÊDO, W. N.; GALHARDO, M. A. BA.; OLIVEIRA, S. H. F. Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.