

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM PORTO ALEGRE**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA**

**EMERSON PACHECO PINHEIRO**

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE  
PARA A UNIDADE DE OSÓRIO DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO  
GRANDE DO SUL**

**PORTO ALEGRE**

**2022**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL – UERGS

BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

**EMERSON PACHECO PINHEIRO**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Energia, tendo como orientador o Prof. Dr. Elton Gimenez Rossini.

Porto Alegre

2022

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo realizar um dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica para a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul na unidade em Osório. O consumo da instalação, de acordo com os dados obtidos afetados pela pandemia de covid-19, é de 11.968 kWh, no período de 12 meses entre maio de 2021 e abril de 2022. Foram realizadas simulações para escolha do melhor local de instalação e três dimensionamentos, para estimar o melhor cenário de geração. Esses cenários foram baseados nas seguintes estimativas de geração, em relação ao consumo da unidade: 100%, 125%, 150%, respectivamente. O primeiro cenário, conta com, 18 módulos, resultando numa geração estimada em 12.048 kWh/ano; para o segundo cenário, com 20 módulos, a geração estimada é de 15.074 kWh/ano e a último, com 24 módulos, tem geração de 18.062 kWh/ano. Com estes valores obtidos foi feita a análise de cada um dos resultados, por meio de comparações com os valores de consumo obtidos e avaliando o impacto do aumento esperado do consumo após o fim da pandemia em cada um dos cenários. E, por fim, concluiu-se que devido ao período em que os dados foram afetados pela pandemia, foi necessário a realização de uma estimativa do consumo pós pandemia para se ter um valor de geração mais próximo ao consumo, e o impacto de um erro nesta previsão seria muito pequeno nas circunstâncias avaliadas.

Palavras-chave: Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede; PVsol; Geração Distribuída; Microgeração.

## **ABSTRACT**

This work aimed to carry out a design of a Photovoltaic System Connected to the Electric Grid for the State University of Rio Grande do Sul in the unit in Osório. The consumption of the installation, according to the data obtained affected by the covid-19 pandemic, is 11,968 kWh, in the period of 12 months between May 2021 and April 2022. Simulations were carried out to choose the best installation location and three dimensions, to estimate the best generation scenario. These scenarios were based on the following generation estimates, in relation to the unit's consumption: 100%, 125%, 150%, respectively. The first scenario has 18 modules, resulting in an estimated generation of 12,048 kWh/year; for the second scenario, with 20 modules, the estimated generation is 15,074 kWh/year and the last one, with 24 modules, has a generation of 18,062 kWh/year. With these values obtained, the analysis of each of the results was carried out, through comparisons with the consumption values obtained and evaluating the impact of the expected increase in consumption after the end of the pandemic in each of the scenarios. And, finally, it was concluded that due to the period in which the data were affected by the pandemic, it was necessary to carry out an estimate of post-pandemic consumption in order to have a generation value closer to consumption, and the impact of an error in this prediction would be too small under the circumstances evaluated.

Keywords: Photovoltaic System; PVsol; Distributed Generation; Microgeneration.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Média anual tarifária de energia elétrica no Brasil sem correção pela inflação (R\$/MWh) .....	10
Figura 2- Mapa da América do Sul com a localização da unidade de Osório da UERGS.....	19
Figura 3- Gráfico da irradiância solar global horizontal em kWh/m <sup>2</sup> .dia por mês.....	20
Figura 4- Informações do projeto PVsol.....	24
Figura 5- Dados meteorológicos do local no PVsol.....	25
Figura 6- Gráfico de consumo do local no PVsol.....	26
Figura 7- Modelagem 3D do local PVsol.....	27
Figura 8- Dimensionamento inversores no PVsol.....	28
Figura 9- Comparação de geração prevista e consumo para unidade no PVsol.....	29
Figura 10- Visão de satélite da UERGS Osório.....	30
Figura 11- Modelagem 3D com indicação das posições analisadas.....	31
Figura 12- Simulação 3D da posição 1.....	32
Figura 13- Simulação 3D da posição 2.....	33
Figura 14- Simulação 3D da posição 3.....	34
Figura 15- Simulação 3D da posição 4.....	35
Figura 16- Simulação 3D da posição 5.....	36
Figura 17- Disposição dos 16 módulos na simulação 3D PVsol.....	39
Figura 18- cabeamento e <i>strings</i> dimensionamento 1.....	39
Figura 19- Disposição dos 20 módulos na simulação 3D PVsol.....	40
Figura 20- cabeamento e <i>strings</i> dimensionamento 2.....	40
Figura 21- Disposição dos 24 módulos na simulação 3D PVsol.....	41
Figura 22- cabeamento e <i>strings</i> dimensionamento 3.....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Consumo da unidade em kWh.....	21
Tabela 2- Informações do módulo fotovoltaico.....	22
Tabela 3- Informações dos inversores.....	23
Tabela 4- Comparação de consumo e geração mensal para o dimensionamento 1.....	42
Tabela 5- Comparação de consumo e geração mensal para o dimensionamento 2.....	43
Tabela 6- Comparação de consumo e geração mensal para o dimensionamento 3.....	44
Tabela 7- Geração por ano desde a instalação.....	45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional De Energia Elétrica
RN	Resolução Normativa
PRODIST	Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional
CRESESB	Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito
CEEE	Companhia Estadual de Energia Elétrica
SFCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à rede
FV	Fotovoltaica

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1	Motivação .....	13
1.2	Objetivos .....	13
1.2.1	Objetivo Geral .....	13
1.2.2	Objetivos Específicos .....	13
1.3	Metodologia.....	14
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1	Sistemas de geração fotovoltaica conectados à rede .....	15
2.2	Regulação de entrada/saída de energia.....	15
2.3	Legislação .....	15
2.3.1	Tarifas .....	16
2.4	Ferramentas para realização de um projeto de SFCRs .....	16
2.4.1	PVSOL .....	17
2.5	Irradiância.....	17
<b>3</b>	<b>INFORMAÇÕES PRELIMINARES .....</b>	<b>18</b>
3.1	Informações do local .....	18
3.1.1	Irradiância e temperatura no local .....	20
3.1.2	Consumo .....	21
3.2	Materiais.....	22
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA PARA REALIZAÇÃO DOS DIMENSIONAMENTOS....</b>	<b>24</b>
4.1	Inserção de dados no PVsol.....	24
4.1.1	Informações iniciais .....	24
4.1.2	Informações meteorológicas e de consumo .....	25
4.1.3	Modelagem 3D e escolha dos materiais.....	26
4.2	Resultado da simulação .....	28

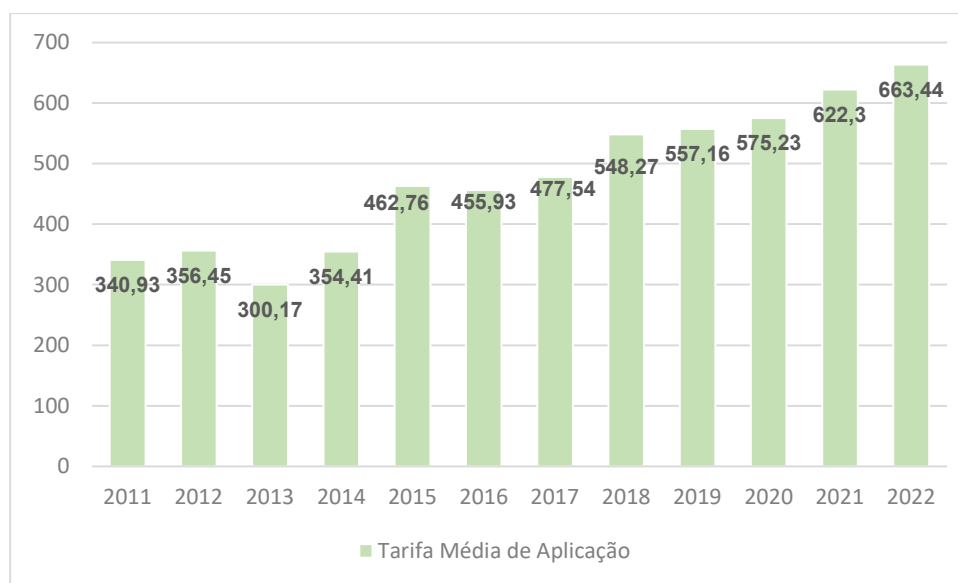


<b>5</b>	<b>POSICIONAMENTO DOS MÓDULOS</b>	<b>30</b>
5.1	Posicionamento 1	32
5.2	Posicionamento 2	33
5.3	Posicionamento 3	34
5.4	Posicionamento 4	35
5.5	Posicionamento 5	36
5.6	Análise do resultado da simulação de posicionamento	37
<b>6</b>	<b>DIMENSIONAMENTOS</b>	<b>38</b>
6.1	Dimensionamento 1	39
6.2	Dimensionamento 2	40
6.3	Dimensionamento 3	41
<b>7</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISE</b>	<b>42</b>
7.1	Resultados Dimensionamento 1	42
7.2	Resultados Dimensionamento 2	43
7.3	Resultados Dimensionamento 3	44
7.4	Geração a longo prazo	45
7.5	Análise dos resultados	46
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>48</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>50</b>
	• <b>ANEXO A-Conta de Energia Elétrica</b>	<b>53</b>
	• <b>Anexo B-Datasheet do Módulo</b>	<b>55</b>
	• <b>Anexo C-Datasheet dos Inversores</b>	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil vem tendo constantes aumentos nas tarifas de energia elétrica na última década, como mostra a Figura 1, tornando esse um custo muito expressivo para os consumidores.

Figura 1: Média anual tarifária de energia elétrica no Brasil sem correção pela inflação (R\$/MWh)



Fonte: ANEEL (2022)

As tarifas de energia elétrica estão sujeitas a aumentos significativos, dependendo dos custos do sistema de transmissão, os critérios para os reajustes, que são realizados anualmente, são definidos pela Lei Nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996. Estes reajustes são definidos pela ANEEL individualmente, para cada distribuidora, e esta deve aplicar o reajuste homologado. Além disso, situações de encarecimento dos custos de geração de energia, como crises hídricas, que fazem com que seja necessário o uso de termelétricas para a geração de energia, adicionam acréscimos de bandeira na fatura de energia.

Sendo assim, a busca por alternativas para a redução do custo com energia elétrica passou a ser muito relevante. Uma das possibilidades é a instalação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede de Energia Elétrica (SFCR), que vem despertando bastante o interesse de consumidores pertencentes ao mercado cativo de energia elétrica. Nos últimos anos, devido à redução de custos dos equipamentos,

em razão da diminuição do preço do silício (Dantas e Pompermayer, 2018), os SFCR se consolidaram como uma alternativa com bom custo-benefício. Desse modo, a opção por um projeto de SFCR, quando bem planejado e executado, entrega ao investidor uma diminuição do custo de energia de uma forma consistente e sustentável.

A geração fotovoltaica teve grande expansão nos últimos anos, como uma forma de Geração Distribuída (GD), com a vantagem de possibilitar instalações, relativamente pequenas, em praticamente qualquer local que tenha incidência de irradiância solar e possibilidades de fixação. Essas qualidades contribuem para a disseminação desse tipo de geração de energia elétrica, em um momento de busca de fontes de energia renováveis. Em 2020, a capacidade instalada mundial de geração fotovoltaica aumentou em 127 GW, chegando em 707.495 GW, tornando-se a energia renovável de maior crescimento de capacidade no ano (IRENA, 2021). A capacidade instalada de geração solar no Brasil é de 15.852 MW, que corresponde a 10,2% da matriz elétrica não primária nacional (ABSOLAR, 2022).

O Rio Grande do Sul é o terceiro estado com maior potência instalada de geração distribuída do Brasil, com 1606,2 MW, o que corresponde a 10,9% da potência instalada de geração distribuída do país (ABSOLAR, 2022). A microgeração são projetos de geração de até 75 kW e a geração de fonte solar corresponde a 98,7% da microgeração no Brasil (ABSOLAR, 2022).

Em SFCRs a energia em excesso gerada na instalação é injetada na rede de distribuição, e em momentos de pouca ou nenhuma geração, como a noite, é utilizada a energia da rede externa. Para isso, é feita a contabilização da quantidade de energia que entra e sai com um medidor que envia informações em pulso estendido, permitindo a medição de corrente elétrica em ambos os sentidos. Sendo assim, ao final de um ciclo de faturamento a distribuidora responsável faz o cálculo da energia que a unidade consumiu e injetou na rede. Para consumidores do grupo B convencional, a energia consumida da rede e injetada tem valor igual para o faturamento, ou seja, em um ciclo que uma unidade consome a mesma quantia que injeta a parcela da fatura relacionada ao preço da energia será zero, sendo cobrado apenas tributos e o consumo mínimo, de 100 kWh, para unidades trifásicas.

O projeto de um SFCR segue uma série de regulamentações e processos, sendo necessário a aplicação de uma metodologia cuidadosa e precisa, que se

enquadre nos padrões definidos pelas concessionárias e entregue o melhor resultado em termos de redução do custo da energia.

O uso de programas computacionais para o dimensionamento de SFCR's já é prática usual para empresas do ramo há um bom tempo, e com isso, é incentivado o desenvolvimento de ferramentas cada vez mais eficientes e fáceis de realizar este tipo de projeto. O PVsol é uma ferramenta amplamente utilizada para este tipo de projeto (MACHADO et al., 2020), ele apresenta uma grande base de dados e uma interface de fácil entendimento, sendo bem simples de aprender a utilizar. A ferramenta PVsol possibilita simulações por meio de modelos 3D do local em que se pretende instalar um gerador solar, com escolha dos modelos de inversor e gerador, além disso, o próprio programa propõe configurações de mais eficácia com base nos dados de consumo e as tarifas da concessionária.

Segundo Vieira (2021), A ANEEL deixa claro o entendimento que as instituições de ensino superior são atores com grande responsabilidade na difusão do desenvolvimento científico e tecnológico no país, por contribuírem significativamente com a produção científica nacional e mundial, bem como por formar profissionais capazes de propagarem novos conceitos e conhecimentos para a sociedade, o que torna essas instituições peças chave no nicho tecnológico. O estudo de caso de Oliveira, Silva e Altoé (2021), na Universidade Federal do Espírito Santo, verificou que a instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede na unidade teria *payback* em 4 anos e taxa interna de retorno de 13,5%. Isso para uma unidade em alta tensão que, por ter períodos tarifários (ponta e fora ponta), apresenta menor aproveitamento do sistema fotovoltaico conectado à rede que uma unidade de baixa tensão como a unidade de Osório da UERGS.

Segundo a análise de Fusano (2013), na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, a geração nesta unidade ficou abaixo do previsto em projeto, com 1160 kWh/kWp de produtividade em um ano comparado com o dimensionamento que previa 1254 kWh/kWp em um ano. O estudo de Fusano (2013) exemplifica a tendência da geração prevista em projeto não se concretizar na prática. Isso pode acontecer porque diversas variáveis podem afetar a geração dos módulos, e nem todas são previstas nos cálculos do software. Com isso, é necessário um cuidado na hora de realizar o dimensionamento, sabendo que há grandes chances de a geração real não atingir os valores previstos. Assim sendo, a realização de um dimensionamento com

dados pouco confiáveis de consumo da unidade faz necessário uma análise cuidadosa das possibilidades para que o projeto atenda ao que foi proposto. Visto que, para uma análise financeira é muito importante que seja possível prever o quanto será compensado pelo SFCR do consumo local e se haverá excedente ou não.

## **1.1 Motivação**

A geração fotovoltaica conectada à rede é uma opção de geração distribuída (GD) que proporciona uma diminuição tanto de custo como de impacto ambiental, em relação a outras formas de geração de energia, sendo uma alternativa muito interessante para a unidade da UERGS de Osório, visando promover um dos principais objetivos da universidade, o desenvolvimento regional sustentável.

## **1.2 Objetivos**

### *1.2.1 Objetivo Geral*

Este trabalho tem por objetivo dimensionar um SFCR para unidade de Osório da UERGS, identificando o lugar adequado para a instalação, com auxílio de programas computacionais, visando a maior redução de custo possível, dentro das condições da unidade, e da imprecisão do histórico de consumo disponível.

### *1.2.2 Objetivos Específicos*

- Determinar as informações necessárias de legislação e métodos para o dimensionamento de um SFCR por meio do software PVsol.
- Realizar a simulação de diferentes possibilidades de instalação no local, para a escolha da posição que terá maior eficiência ao longo de um ano.
- Dimensionar um SFCR's que tenha geração anual próxima do consumo real da unidade, para isso será feito predições para aproximar os valores de consumo afetados pela pandemia dos valores reais.

- Avaliar os métodos e modelos utilizados, bem como, prever os cenários possíveis devido à imprecisão dos dados de consumo adquiridos.

### **1.3 Metodologia**

Será realizado o estudo da forma de instalação e ligação com a rede elétrica de sistemas de geração fotovoltaicos, bem como, como é feita a compensação da energia injetada na rede elétrica de acordo com a legislação vigente no Brasil. Após isso, será utilizado o programa PVSOL para simulações de diferentes configurações para a escolha do local adequado, a quantidade de módulos e o inversor que será utilizado. Por fim, serão realizados três dimensionamentos de acordo com os dados de consumo obtidos em relação a unidade de Osório da UERGS buscando um valor previsto de geração que iguale o consumo anual da unidade, assim zerando na fatura, ao final de 12 meses. Para isso, serão feitos dimensionamentos com valores bem acima do histórico de consumo que foi obtido, uma vez que estes dados foram afetados pelo período da pandemia de covid-19, em que a unidade estava sem aulas presenciais.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Serão descritos, nesta parte, conceitos e ferramentas utilizados na realização deste projeto.

### **2.1 Sistemas de geração fotovoltaica conectados à rede**

A microgeração distribuída é regida pela RN 482/2012 (e suas revisões), que determina os procedimentos e materiais que compõem um projeto de geração fotovoltaica ligada à rede. Esta resolução visa garantir a segurança e a eficiência da geração, fazendo com que haja uma proteção da rede elétrica para oscilações na microgeração distribuída. Com isso, são estabelecidos os materiais que devem ser utilizados bem como a forma com que a instalação é realizada.

A seguir será feita a descrição do funcionamento de conceitos utilizados na projeção de um sistema fotovoltaico ligado à rede.

### **2.2 Regulação de entrada/saída de energia**

Em um SFCR o controle da energia que entra e sai do sistema é feito por um medidor bidirecional, este dispositivo é configurado para a saída de pulso estendido, o que permite que ele apresente a medição de potência em ambos sentidos. Este item é obrigatório segundo a Instrução Normativa nº 569 de julho de 2013 (GALDINO, 2014), e é utilizado para determinar o valor a ser compensado de energia pelo proprietário da SFCR, se houver um excedente na quantidade de energia consumida em relação à que foi liberada a rede elétrica, ou o recebimento de créditos de energia, caso o valor de energia liberada à rede supere a energia consumida.

### **2.3 Legislação**

A Lei 14.300 (marco legal) publicada em 6 de janeiro de 2022 determinou mudanças relevantes para a geração fotovoltaica conectada à rede, as alterações de encargos que foram instituídas devem ser levadas em conta na realização de um projeto SFCR. As mudanças têm impacto direto no retorno financeiro do investimento

realizado, e o tamanho desse impacto é determinado pelo período em que foi realizado o projeto.

### *2.3.1 Tarifas*

O modelo atual, em que os proprietários de um SFCR recebem o crédito de injeção de energia com o mesmo valor das tarifas, se manterá até 6 de janeiro de 2023, e quem aderir antes desta data não terá alteração futura na forma como é calculada a sua fatura. Para quem realizar projetos a partir de janeiro de 2023 passaram a ser descontados os valores referentes ao fio B da parcela de energia injetada, que serão gradualmente acrescidos. Desta forma, em 2028 os geradores enquadrados na Lei estarão recebendo crédito de apenas 76,7% do valor de energia injetado à rede, sendo o restante descontado em tarifas. Portanto, o período em que é protocolado um projeto de SFCR impactará diretamente no retorno financeiro que este investimento resultará com o passar do tempo, e, também pode impactar no projeto em si, de forma a aumentar a energia gerada para poder superar o valor de consumo mesmo com o desconto dos créditos gerados pela energia injetada à rede. É importante ressaltar também que o tamanho do projeto impacta diretamente na modalidade tarifária em que o consumidor se enquadra, pois projetos que se enquadrem como alta tensão tem uma compensação mais complexa, devido às tarifas de horário de ponta e de demanda.

## **2.4 Ferramentas para realização de um projeto de SFCRs**

Atualmente os dimensionamentos de SFCRs são realizados com programas computacionais, que cada vez mais são adaptáveis para qualquer tipo de projeto, tornando mais fácil e diminuindo a carga de trabalho necessária para a realização do projeto. Ademais, as ferramentas computacionais reduzem cada vez mais os erros associados ao projeto, prevendo situações de sombreamento, meteorologia e tendo uma vasta biblioteca de materiais com as características específicas, sendo possível fazer simulações com os resultados em termos de geração de energia para se verificar a viabilidade do projeto nas especificações escolhidas.



### 2.4.1 PVSOL

O programa PVSOL foi desenvolvido pela empresa Di Valentin Energy Software e é utilizado para realização de projetos de geradores solares fotovoltaicos e térmicos. A ferramenta em questão conta com uma base de dados com modelos de inversores, módulos, etc. Além de possuir um modo de modelação 3D que permite que o usuário simule situações de perdas por sombreamento e outras variáveis.

## 2.5 Irradiância

A irradiância solar no local em que se pretende instalar módulos fotovoltaicos é um dos parâmetros mais importantes para se determinar a geração prevista para o projeto desejado, por isso, deve ser feito o levantamento dos dados de irradiância para a realização de dimensionamento com precisão. Para a medição da irradiância são utilizados dois instrumentos: o piranômetro e o pireliômetro que medem irradiância global e irradiância direta respectivamente (Pinho e Galdino, 2014). Os valores obtidos por esses medidores formaram um banco de dados, sendo possível obter uma média na irradiação medida ao passar dos anos em um local.

### **3 INFORMAÇÕES PRELIMINARES**

Para o pré-dimensionamento foi realizado o levantamento das informações relevantes para a realização do projeto, que incluem a irradiação solar no local e o consumo médio em kWh. A seguir são descritas as informações básicas do local.

#### **3.1 Informações do local**

- Endereço da instalação: Rua Machado De Assis, 1441, Osório-RS;
- Localização geográfica -29.8963756,-50.2633488;
- Tensão: Trifásico 220 V;

A Figura 2 mostra a localização do local no mapa da América do Sul.

Figura 2- Mapa da América do Sul com a localização da unidade de Osório da UERGS

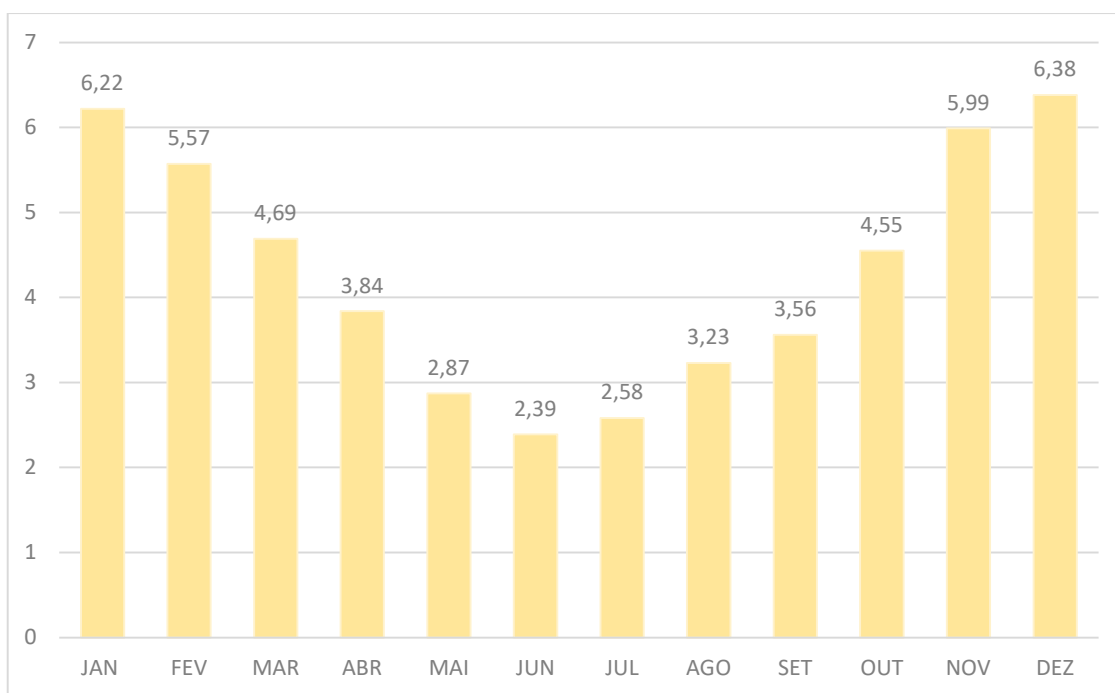


Fonte: Google (2022)

### 3.1.1 Irradiância e temperatura no local

Foram levantados os dados de irradiância solar média por mês do local de acordo com a Figura 3 que apresenta os valores de irradiância solar média na cidade de Osório por mês.

Figura 3- Gráfico da irradiância solar global horizontal em kWh/m<sup>2</sup>.dia por mês



Fonte: CRESESB (2022)

Com este gráfico se percebe que é provável que o período entre abril e setembro tenha uma menor geração, enquanto os meses de verão estarão produzindo o máximo de energia para o local.

### 3.1.2 Consumo

Foram levantados os valores de consumo de energia registrados nos últimos 13 meses, por meio de uma fatura de energia da concessionária local, a CEEE, da unidade de Osório da UERGS em kWh como é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1-Consumo da unidade em kWh

<b>Mês</b>	<b>Consumo (kWh)</b>
MAI/2021	827
JUN	954
JUL	876
AGO	794
SET	858
OUT	783
NOV	789
DEZ	826
JAN/2022	826
FEV	915
MAR	1108
ABR	1396
MAI	1842
<b>TOTAL</b>	<b>12794</b>

Fonte: Autor (2022)

É importante ressaltar que a unidade de Osório retomou recentemente as atividades presenciais, pós-pandemia, portanto, o ideal seria a obtenção dos registros pré-pandemia, o que não foi possível, ou esperar para obter mais dados com a unidade sendo realizadas normalmente para ter-se o melhor resultado em projeção. Além disso, os valores de janeiro e fevereiro estão idênticos, o que pode indicar que a medição não ocorreu em janeiro, repetindo o valor do mês anterior. Como foram obtidos 13 meses de consumo o mês de janeiro de 2022 será descartado, fechando 12 meses de dados de consumo, sendo possível calcular o consumo anual de 11.968 kWh.

### 3.2 Materiais

Para a realização deste projeto foi escolhido os módulos Tiger Pro JKM525M-72HL4-TV da Jinko Solar e os inversores GROWATT MID 12KTL3-XL para o dimensionamento com excedente de 50%, GROWATT MID 10KTL3-XL para o dimensionamento com excedente de 25% e o GROWATT MID 8KTL3-XL para o dimensionamento com excedente mínimo.

Na Tabela 2 é mostrado os dados obtidos por meio do datasheet do gerador que será utilizado em todos os dimensionamentos deste trabalho.

Tabela 2-Informações do módulo fotovoltaico

Marca	Jinko Solar
Modelo	KM525M-72HL4-TV
Potência Máxima	530 Wp
tensão máxima	37,74 V
Corrente máxima	11,02 A
Eficiência	20,36%

Fonte: Jinko Solar KM525M-72HL4-TV datasheet (2022)

O módulo escolhido é bifacial, foi feita a opção por este tipo de módulo pois é uma tecnologia recente e que permite que sejam realizados estudos quanto a eficiência destes módulos em diferentes configurações e posicionamentos. Em uma situação em que não se tenha perspectiva de realização de testes e pesquisa com os módulos, não seria ideal, do ponto de vista de custo benefício, a instalação de módulos bifaciais em um telhado.

Na Tabela 3 pode-se ver as informações do fabricante dos três inversores utilizados neste projeto. Todos os inversores utilizados possuem suporte para o controle externo e amplo monitoramento de falhas.

Tabela 3-Informações dos inversores

Marca	GROWATT	GROWATT	GROWATT
Modelo	MID 8KTL3-XL	MID 10KTL3-XL	MID 12KTL3-XL
Potência máxima recomendada	10.400 W	13.000 W	15.600 W
Potência nominal de corrente alternada	8000 W	10000 W	12000 W
Corrente máxima de saída	22,1 A	30,3 A	33,3 A
Eficiência máxima	98,50%	98,50%	98,50%

Fonte: GROWATT (2022)

## 4 METODOLOGIA PARA REALIZAÇÃO DOS DIMENSIONAMENTOS

Para a realização dos dimensionamentos foi, inicialmente, realizada a escolha do local, foi feita a avaliação de várias unidades da UERGS, e a escolha de Osório se deu pelo bom posicionamento dos telhados, para instalação dos módulos. Posteriormente foi feita a escolha do modelo dos módulos e inversores, e por fim, foi utilizado o programa PVsol, para a realização dos dimensionamentos. A inserção dos dados obtidos e os resultados desejados no software foi realizada da seguinte forma descrita.

### 4.1 Inserção de dados no PVsol

#### 4.1.1 Informações iniciais

Os dados preliminares são inseridos na tela demonstrada na Figura 4 para compor as informações básicas do projeto, bem como, o tipo de sistema e de rede.

Figura 4-Informações do projeto PVsol

The screenshot shows a web-based form for entering project data. It is divided into two main sections: 'Dados do projeto' (Project Data) and 'Dados do cliente' (Client Data). The 'Dados do projeto' section includes fields for 'Número da proposta' (Proposal Number) with the value '1', 'Responsável' (Responsible) with 'Emeson Pacheco Pinheiro', 'Início da operação' (Start of operation) with a date picker set to '25/06/2022', 'Nome do projeto' (Project Name) with 'Dimensionamento unidade Osório UERGS', and 'Imagem do projeto' (Project Image) which is a satellite view of a residential area. Below the image are buttons for 'Carregar' (Upload) and 'Apagar' (Delete), and a link for 'Imagens adicionais' (Additional Images). The 'Descrição do projeto' (Project Description) field contains the text: 'O projeto consiste em um dimensionamento de um SFCR para a unidade de Osório da UERGS.' The 'Endereço da instalação' (Installation Address) field contains 'Rua Machado De Assis, 1441, Osório-RS'. The 'Dados do cliente' section includes fields for 'Número de cliente', 'Contato', 'Empresa', 'Telefone', 'Fax', 'E-mail', and 'Endereço', all of which are currently empty.

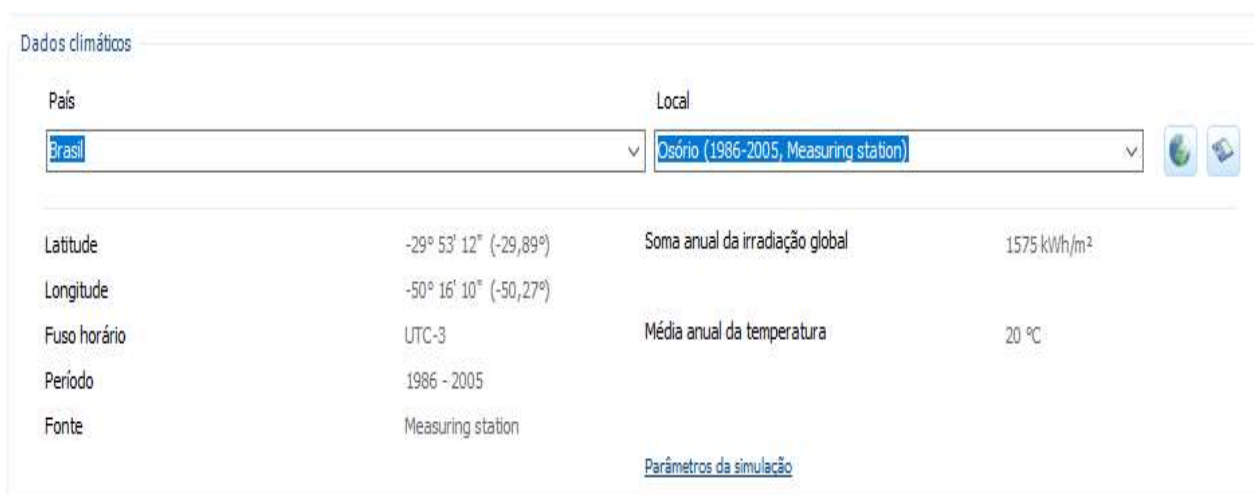
Fonte Autor (2022)



#### 4.1.2 Informações meteorológicas e de consumo

As informações de irradiância solar e temperatura média do local em que se pretende fazer o dimensionamento são obtidas por meio de uma base de dados do software, portanto, é necessário ao usuário apenas a inserção do município em que será realizado o dimensionamento com mostra a Figura 5.

Figura 5-Dados meteorológicos do local no PVsol



The screenshot displays the 'Dados climáticos' (Climatic Data) section of the PVsol software. It features two dropdown menus: 'País' (Country) set to 'Brasil' and 'Local' (Location) set to 'Osório (1986-2005, Measuring station)'. Below these are several data fields:

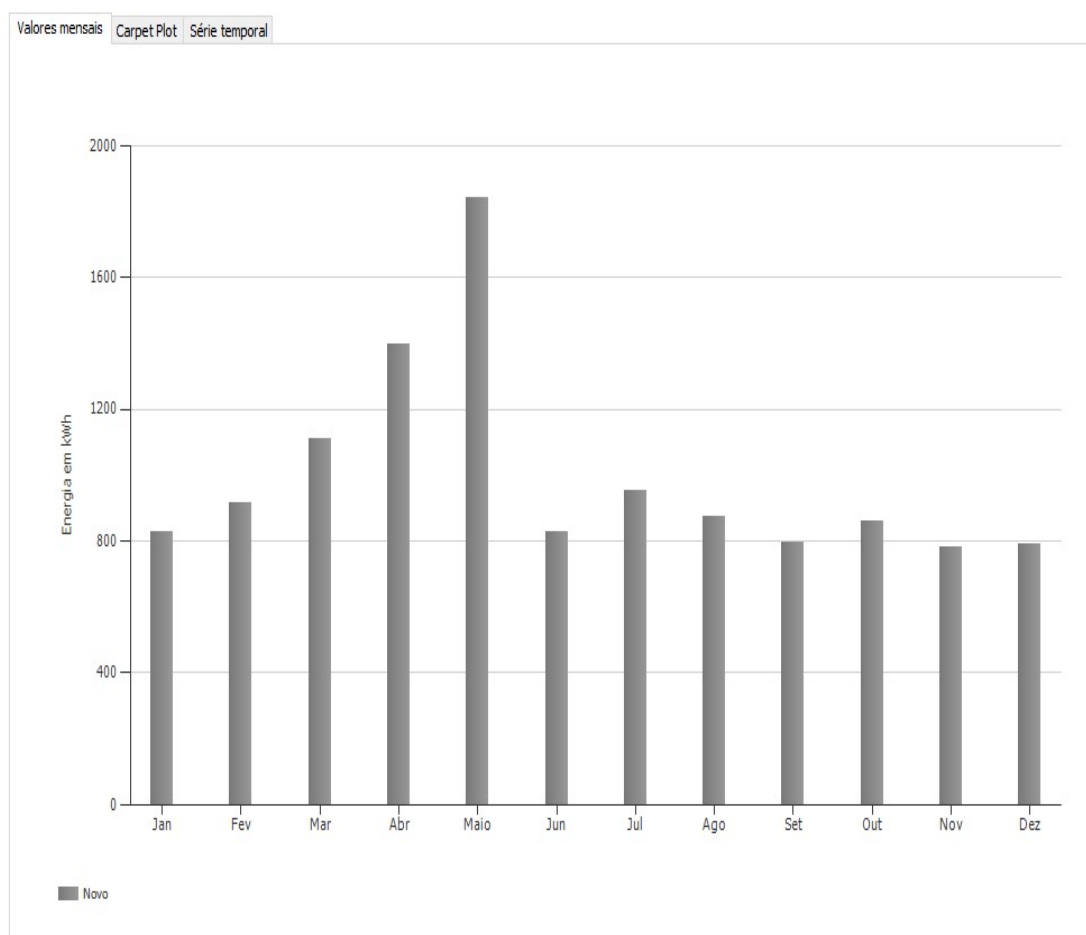
Latitude	-29° 53' 12" (-29,89°)	Soma anual da irradiação global	1575 kWh/m <sup>2</sup>
Longitude	-50° 16' 10" (-50,27°)	Média anual da temperatura	20 °C
Fuso horário	UTC-3		
Período	1986 - 2005		
Fonte	Measuring station		

At the bottom right, there is a link labeled 'Parâmetros da simulação' (Simulation Parameters).

Fonte: Autor (2022)

Em seguida serão inseridas as informações de consumo que foram obtidas, que resultaram em um gráfico de consumo mensal que será apresentado pelo programa, como exemplificado na Figura 6.

Figura 6-Gráfico de consumo do local no PVsol

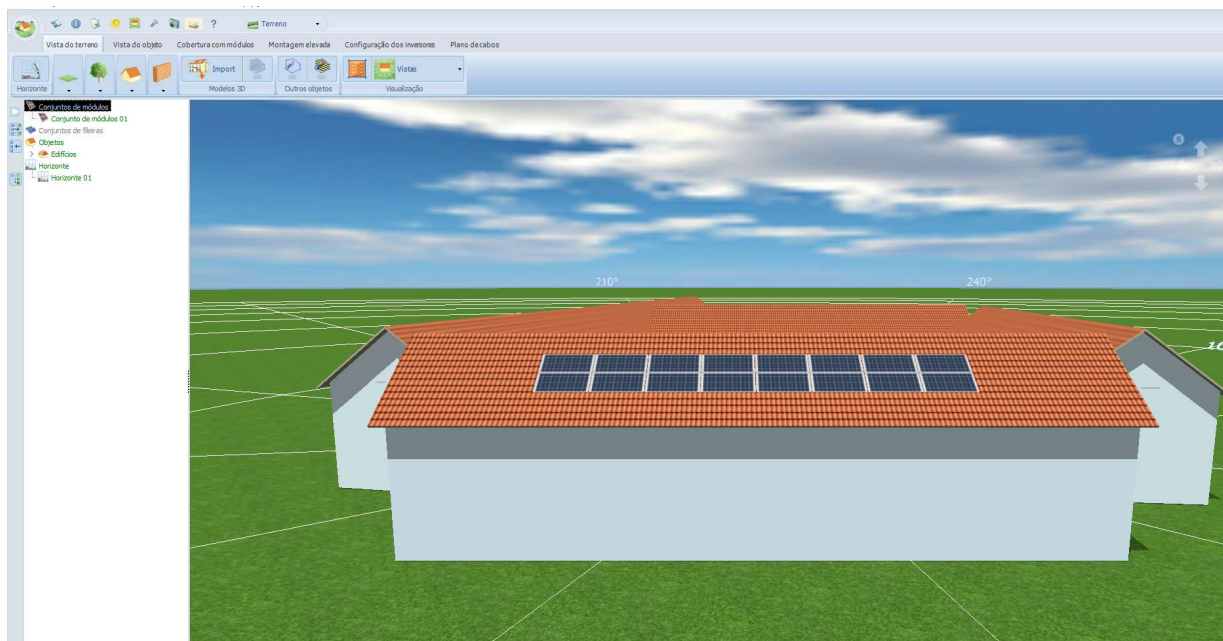


Fonte: Autor (2022)

#### 4.1.3 Modelagem 3D e escolha dos materiais

O PVsol permite que seja feita uma modelagem 3D do local em que se deseja instalar os módulos fotovoltaicos, com isso, o programa disponibiliza as ferramentas para o desenho 3D da edificação, bem como, a escolha do local específico em que serão instalados os módulos como mostra a Figura 7.

Figura 7-Modelagem 3D do local no PVsol



Fonte: Autor (2022)

Em conjunto com a modelagem será feita a escolha dos materiais utilizados, para isso, o software disponibiliza uma vasta base de dados de inversores e geradores fotovoltaicos, e ainda propõe configurações, impedindo que seja realizado o projeto com valores que não se encaixem no que é previsto pelo fabricante dos materiais. Na Figura 8 se pode ver como é feita a escolha dos inversores com o dimensionamento das *strings*.

Figura 8-Dimensionamento inversores no PVsol

Padrão      [Seleção de inversores](#) para a configuração automática: Adequado: 0 / Seleção: 0  
 SolarEdge \*

---

VERIFICAÇÃO VALORES POTÊNCIA

**CONFIGURAÇÃO: Edifício 01-Água Nordeste**

INVERSOR 1:  Conexão polistring

1 x GROWATT New Energ...    MID 8KTL3-XL    8,4 kWp

Otimizador de potência

PMP 1: 1 String x 8 Módulos em série

PMP 2: 1 String x 8 Módulos em série

---

Área do módulo: Configurado

Edifício 01-Água Nordeste 16 x Tiger Pro 3K0525M-72HL4-TV = 8,4kWp 16 Módulos fotovoltaicos

Opções:

[Verificar sistema](#)  
[Limites de configuração](#)  
 Selecionar o inversor apenas entre os favoritos

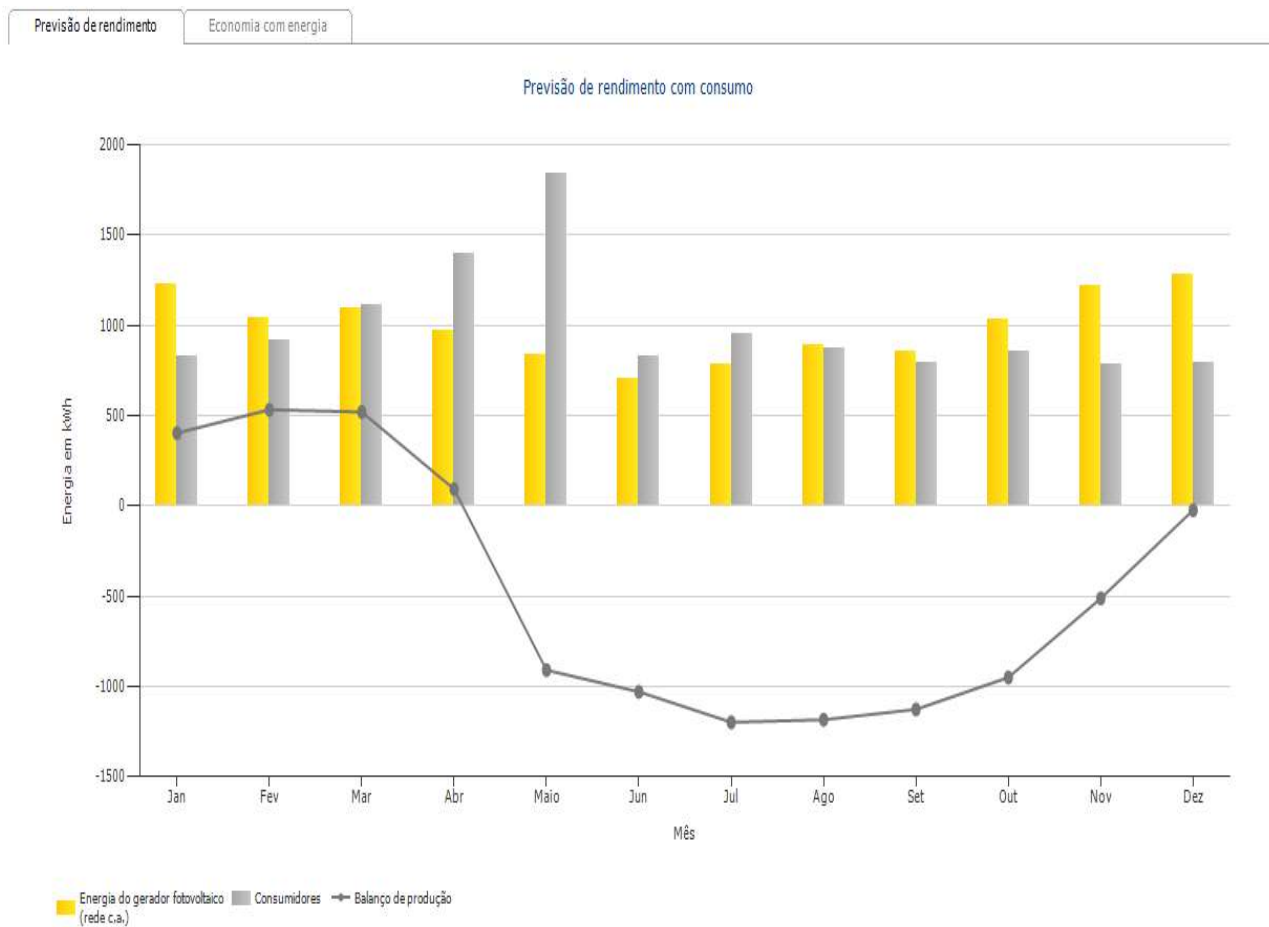
\*) As propostas de configuração do PV\*SOL para produtos da SolarEdge não representam uma recomendação oficial da SolarEdge.

Fonte: Autor (2022)

## 4.2 Resultado da simulação

Após todos dados serem inseridos o software apresenta os resultados obtidos para a simulação que foi feita, são disponibilizados diversos gráficos e Tabelas de comparação de consumo e estimativa de geração, bem como, a previsão de tempo retorno do valor investido, etc. Como neste trabalho não será feita análise financeira do dimensionamento, os dados de valor de investimento e tarifas não foram inseridos. Com isso, pode-se obter os dados mais relevantes para a avaliação da eficácia do dimensionamento feito com a comparação de geração prevista e consumo por mês, que é apresentado de acordo com a Figura 9.

Figura 9-Comparação de geração prevista e consumo para unidade no PVsol



Fonte: Autor (2022)

## 5 POSICIONAMENTO DOS MÓDULOS

A edificação em que foi feito o dimensionamento do projeto não tem um telhado virado ao norte, como mostra a Figura 10 e, portanto, para a escolha do melhor posicionamento foi realizado uma modelagem 3D no programa PVsol para simular a instalação dos módulos em 5 configurações diferentes e verificar qual tem previsão de maior geração durante um ano.

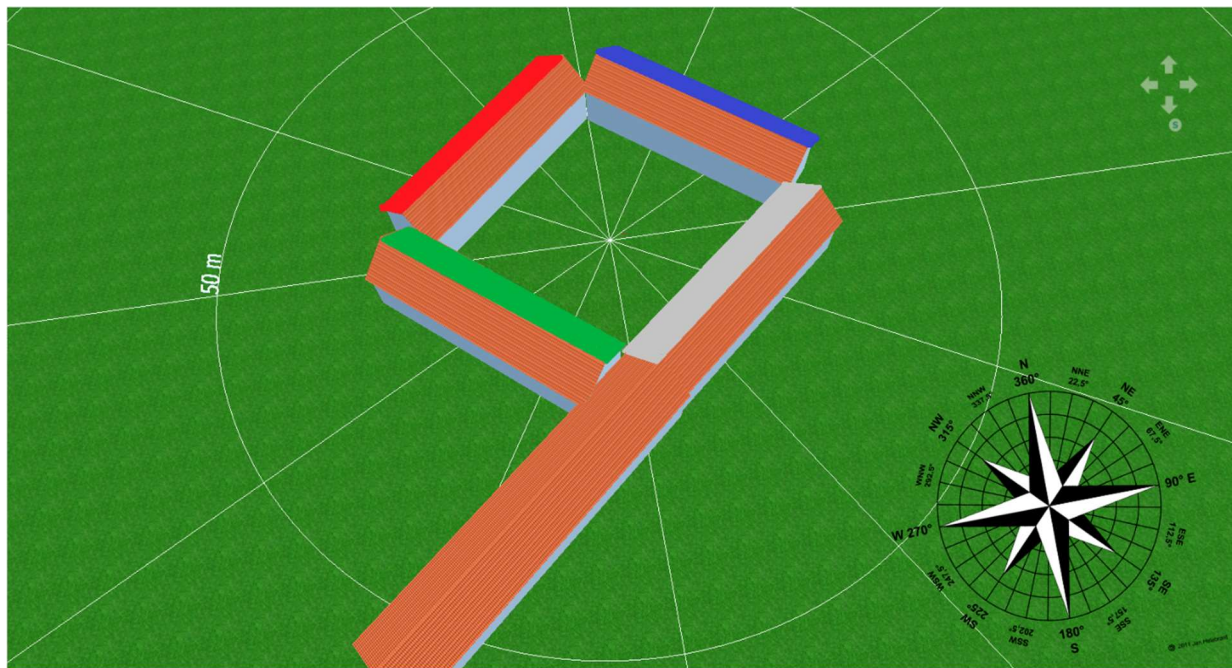
Figura 10–Visão de satélite da UERGS Osório



Fonte: Google Earth (2022)

A modelagem 3D foi feita com uma angulação estimada dos edifícios e as medidas foram obtidas por meio do Google Earth. Na Figura 11, é destacado, 4 posições de possível instalação dos módulos que foram simuladas no modelo realizado no PVsol, em azul a posição 1, em vermelho a posição 2, em verde a posição 3 e em cinza a posição 4. Além do teste com cada um dos telhados completamente cobertos, foi testado uma possibilidade dividindo a quantidade de módulos utilizada nos outros testes em dois telhados, da posição 3 e 4.

Figura 11-Modelagem 3D com indicação das posições analisadas



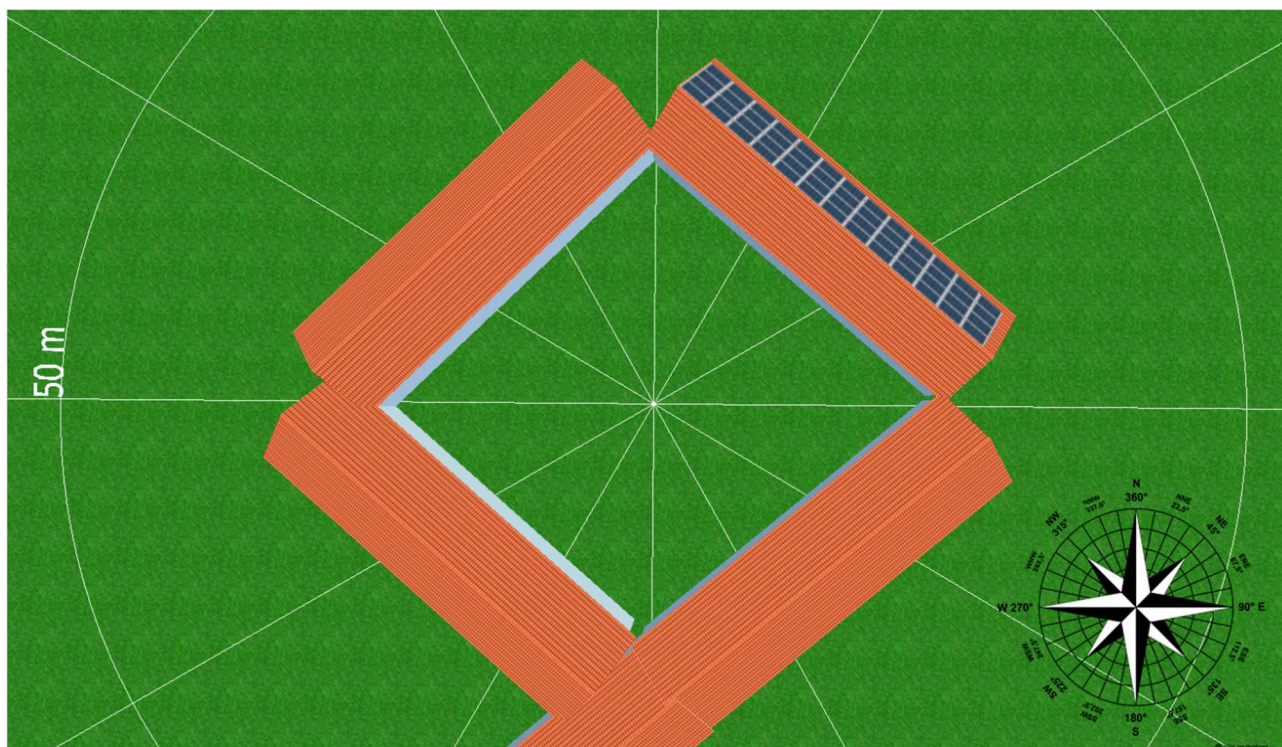
Fonte: Autor (2022)

Para a simulação a fim de determinar a melhor aérea de instalação dos módulos foram dimensionados 52 módulos, o que cobre toda a área da face dos telhados, que é de aproximadamente 15 m x 3,75 m em cada telhado. Os módulos escolhidos foram os mesmos utilizados no dimensionamento final e o inversor foi o GROWATT MAX 25KTL3-XI.

## 5.1 Posicionamento 1

No posicionamento 1 foi utilizado o telhado que tem orientação de nordeste, como na Figura 12, e teve como resultado uma geração prevista de 39.167 kWh/ano.

Figura 12-Simulação 3D da posição 1



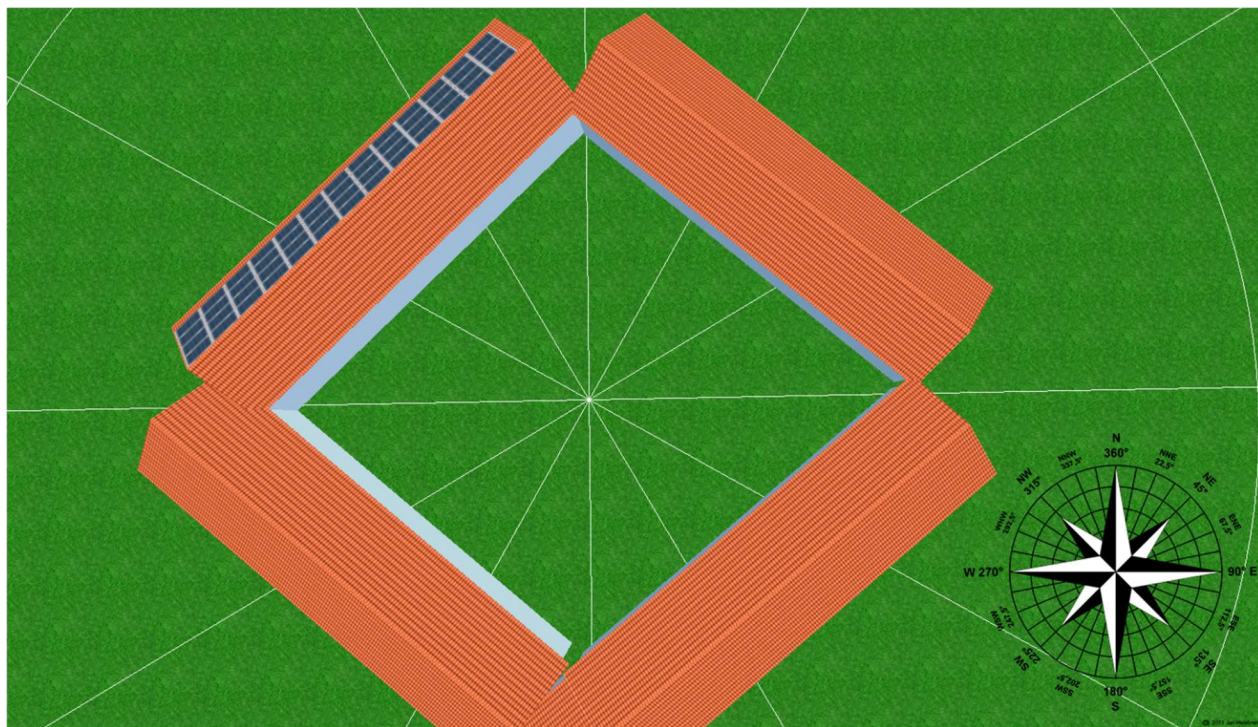
Fonte: Autor (2022)



## 5.2 Posicionamento 2

No posicionamento 2 o telhado tem orientação noroeste, de acordo com o que é mostrado na Figura 13, com uma geração prevista de 38.331 kWh/ano.

Figura 13-Simulação 3D da posição 2

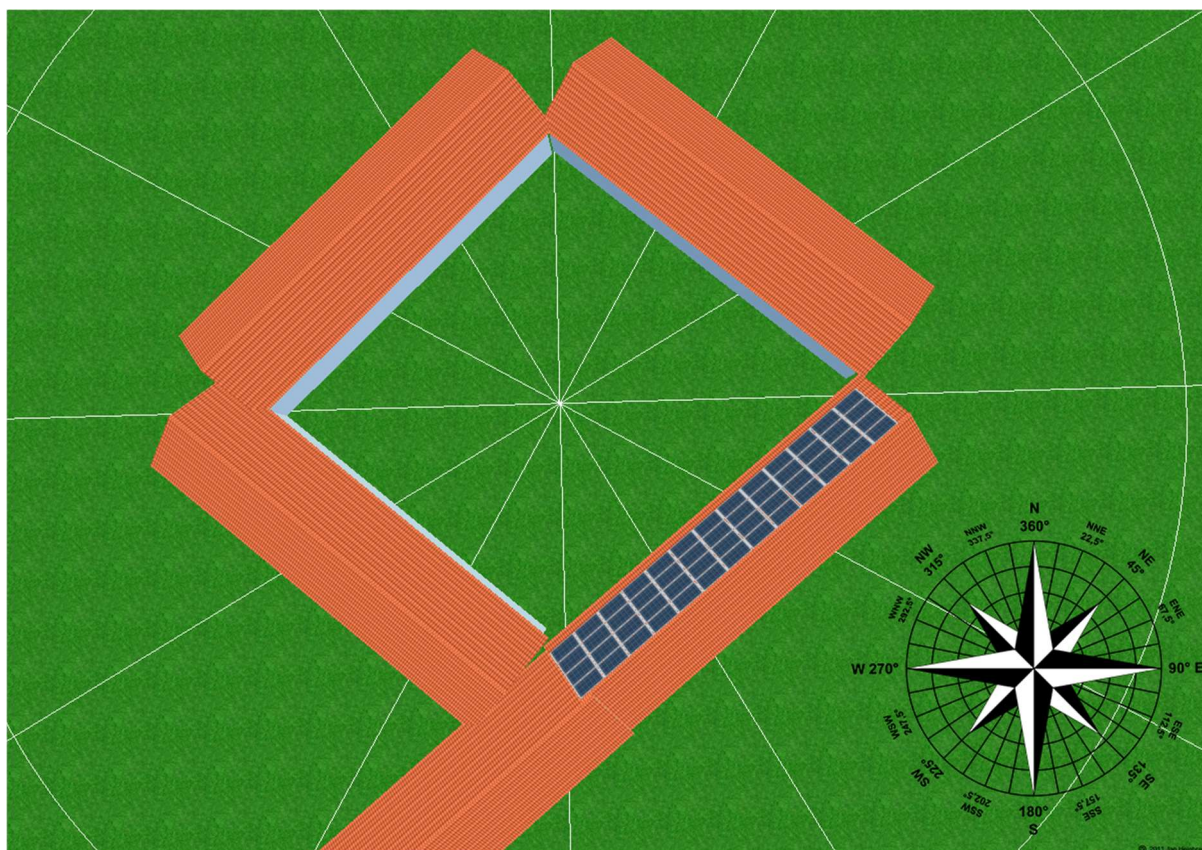


Fonte: Autor (2022)

### 5.3 Posicionamento 3

No posicionamento 3 o telhado tem uma orientação noroeste, de acordo com o que é mostrado na Figura 14, com uma geração prevista de 38.067 kWh/ano.

Figura 14-Simulação 3D da posição 3

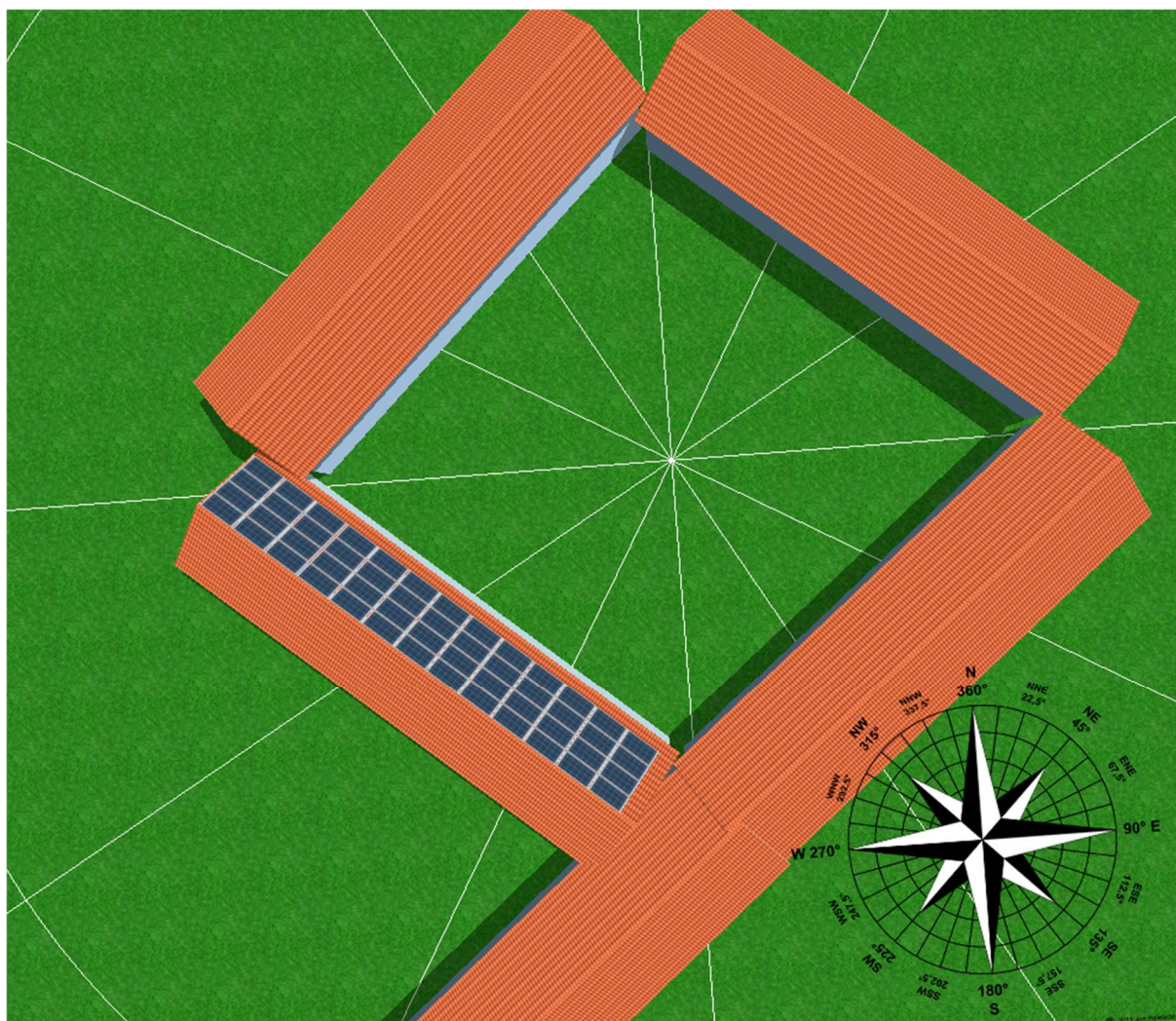


Fonte: Autor (2022)

#### 5.4 Posicionamento 4

No posicionamento 4 o telhado tem uma orientação nordeste, de acordo com o que é mostrado na Figura 15, com uma geração prevista de 38.419 kWh/ano.

Figura 15-Simulação 3D da posição 4

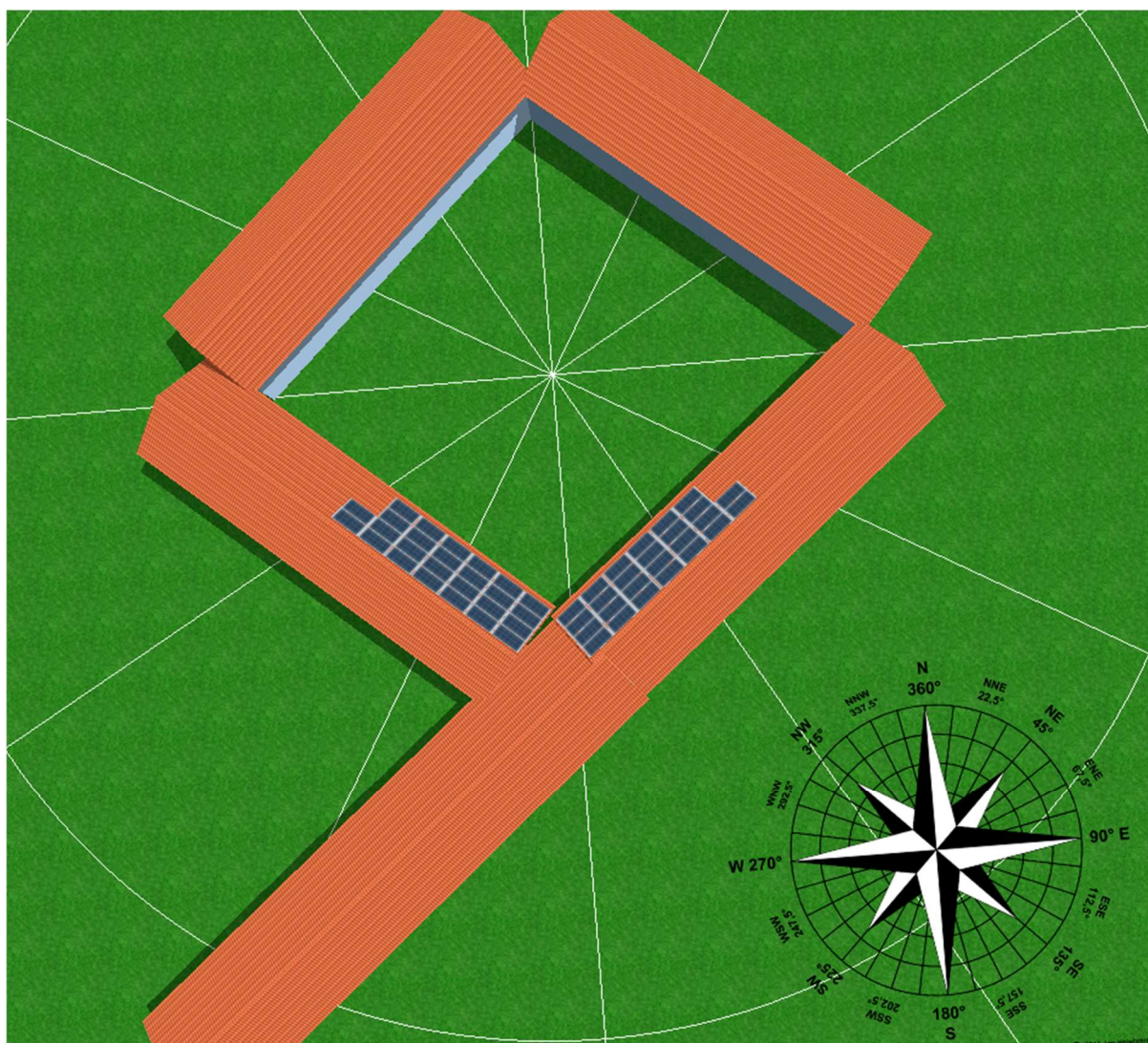


Fonte: Autor (2022)

## 5.5 Posicionamento 5

No posicionamento 5 foram dispostos, na simulação, 26 módulos em cada telhado, de acordo com o que é mostrado na Figura 16, com uma geração prevista de 37.950 kWh/ano.

Figura 16-Simulação 3D da posição 5



Fonte: Autor (2022)

## **5.6 Análise do resultado da simulação de posicionamento**

Com a simulação realizada é possível determinar que o posicionamento 1, com orientação nordeste, tem a maior geração prevista pela simulação, além disso, o local onde se encontra a posição 1 é a fachada da unidade, o que torna interessante que a instalação seja feita nesse local para que a imagem da universidade esteja conectada com uma forma de geração de energia sustentável.

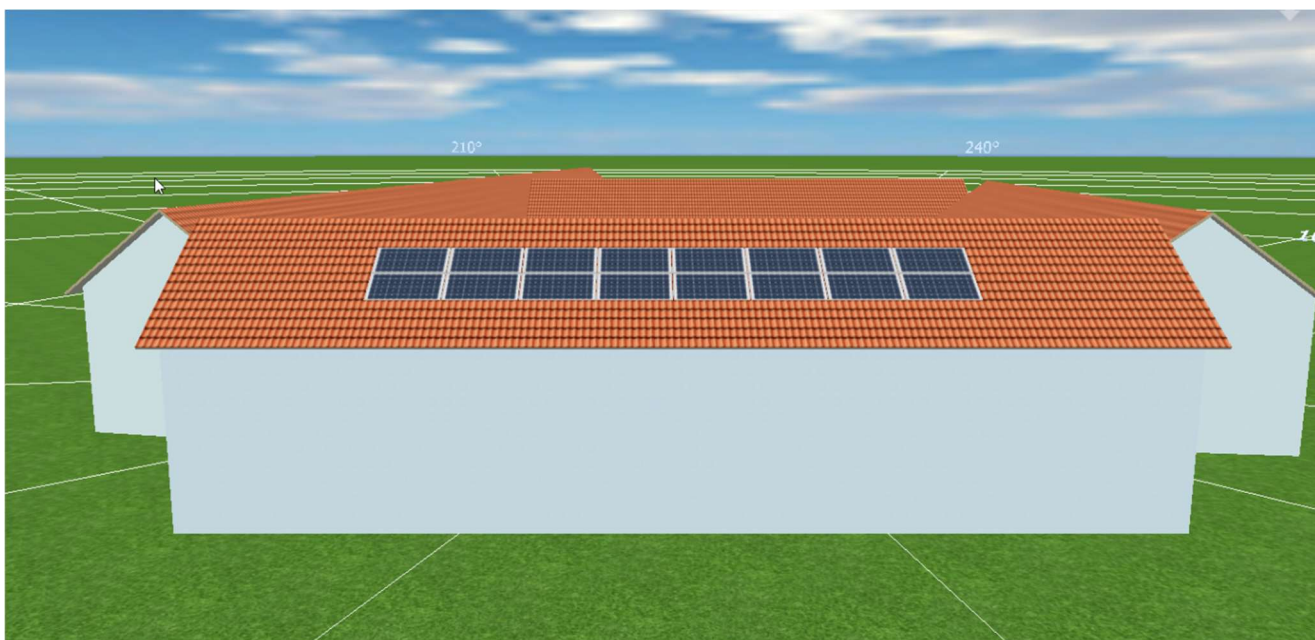
## 6 DIMENSIONAMENTOS

Sem as informações de consumo ideais, devido à pandemia, foram realizados três dimensionamentos, um buscando suprir o consumo com o menor excedente possível (dimensionamento 1), que desconsidera o impacto da pandemia na medição dos últimos 12 meses, outro com excedente de 25% em um ano (dimensionamento 2), um excedente baixo, mas que já deve se aproximar do consumo que ocorrerá com a unidade em pleno uso e outro com excedente de 50% em um ano (dimensionamento 3), que deve se aproximar mais dos valores de consumo em situação de funcionamento pleno da unidade. Deve ser lembrado que em caso de excesso de geração os créditos gerados podem ser utilizados para outras unidades da UERGS, sendo assim, não deve haver uma preocupação em gerar muito excedente, contudo, este projeto a buscar uma aproximação de igualdade de geração e consumo pós pandemia, não tendo a ambição de gerar energia em excesso, o que resultaria em créditos para a unidade.

## 6.1 Dimensionamento 1

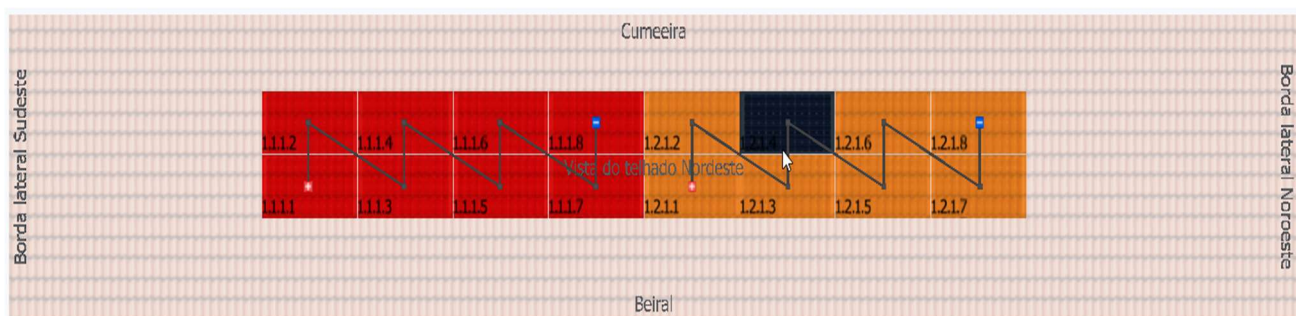
Este dimensionamento foi feito de forma a exceder minimamente o consumo, com isso, foi determinado o uso de 16 módulos com uma potência de 8,4 kWp, a modelagem da instalação é mostrada na Figura 17 e foram configuradas duas *strings* de 8 módulos conectados de acordo com a Figura 18.

Figura 17-Disposição dos 16 módulos na simulação 3D PVsol



Fonte: Autor (2022)

Figura 18-cabeamento e *strings* dimensionamento 1



Fonte: Autor (2022)

## 6.2 Dimensionamento 2

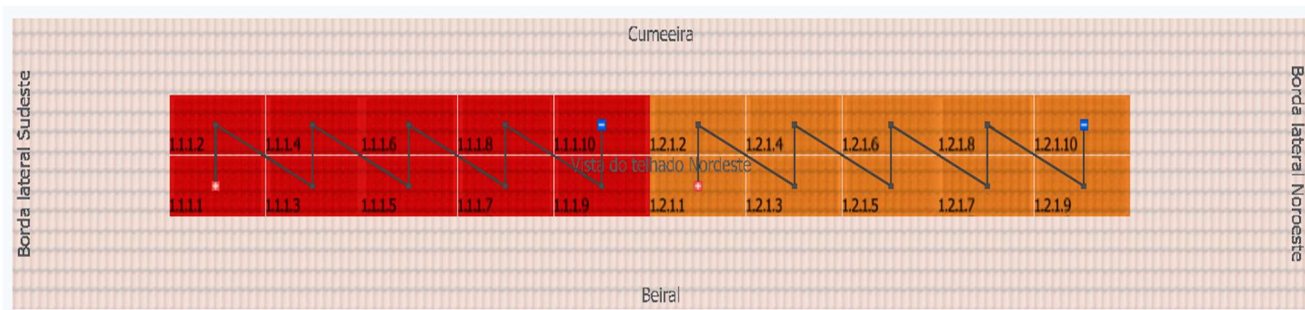
O dimensionamento 2 foi feito de forma a exceder aproximadamente 25% o consumo, com isso, foi determinado o uso de 20 módulos com uma potência de 10,5 kWp, a modelagem da instalação é demonstrada na Figura 19 e foram configuradas duas *strings* de 10 módulos conectados de acordo com a Figura 20.

Figura 19-Disposição dos 20 módulos na simulação 3D PVsol



Fonte: Autor (2022)

Figura 20-cabeamento e *strings* dimensionamento 2



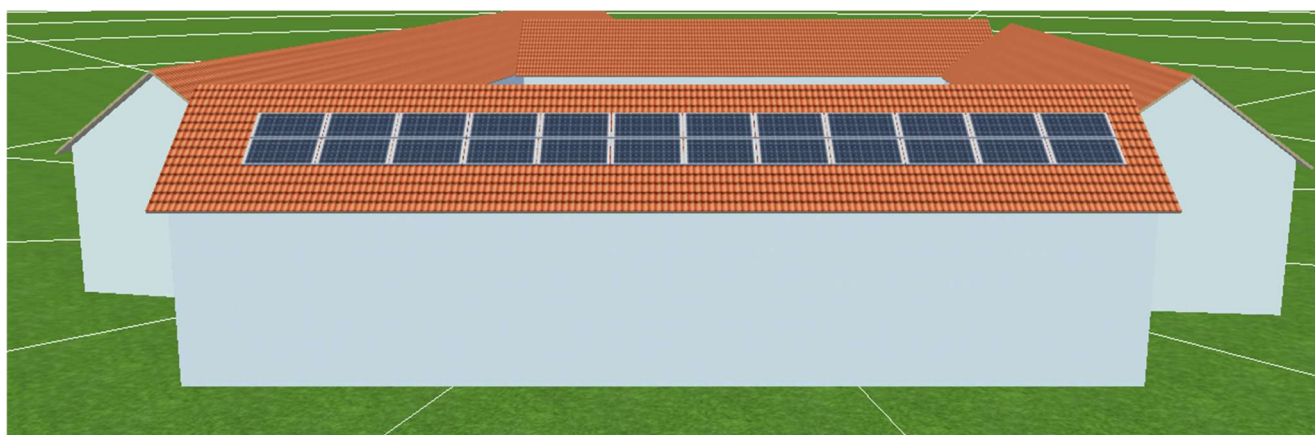
Fonte: Autor (2022)



### 6.3 Dimensionamento 3

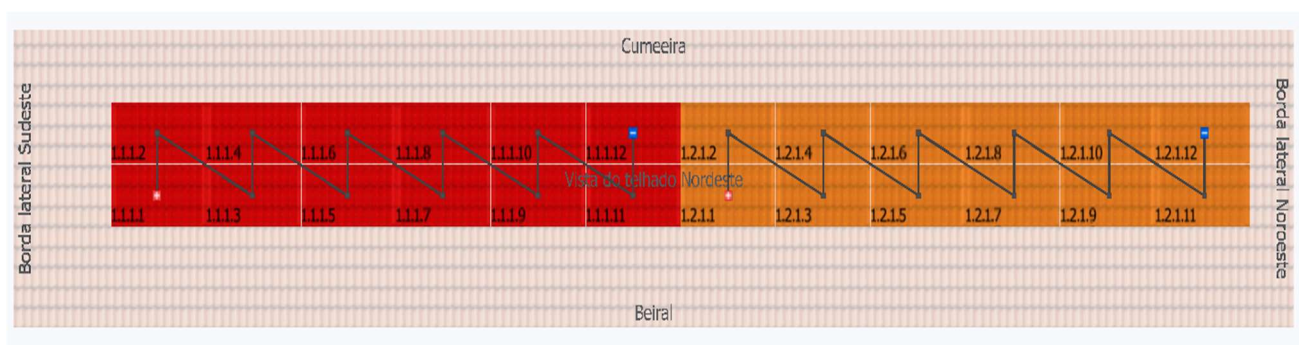
O terceiro dimensionamento foi realizado de maneira a exceder aproximadamente 50% o consumo, com isso, foi determinado o uso de 24 módulos com uma potência de 12,6 kWp, a modelagem da instalação é mostrada na Figura 21 e foram configuradas duas *strings* de 12 módulos conectados de acordo com a Figura 22.

Figura 21-Disposição dos 24 módulos na simulação 3D PVsol



Fonte: Autor (2022)

Figura 22-cabeamento e *strings* dimensionamento 3



Fonte: Autor (2022)

## 7 RESULTADOS E ANÁLISE

Com os dimensionamentos realizados será analisado os resultados obtidos, com objetivo de entender quais as vantagens e desvantagens de cada situação e o que deve ser levado em conta para a definição do dimensionamento ideal para a unidade.

### 7.1 Resultados Dimensionamento 1

Para o primeiro dimensionamento foi almejado um leve excedente para os valores de consumo dos últimos 12 meses, com isso os 16 módulos teriam geração estimada de 12.048 kWh/ano, com isso, a geração seria 100,67% do consumo. Para a comparação mensal de geração e consumo foi realizado um rearranjo dos meses de consumo, de forma a não comprometer a análise, já que a havia meses de valores repetidos. Podemos ver na Tabela 4 como os valores dos meses de maior consumo, abril e maio, são de grande déficit, de até 1000 kWh.

Tabela 4-Comparação de consumo e geração mensal para o dimensionamento 1

Mês	Consumo (kWh)	Geração (kWh)
JAN	827	1247,5
FEV	954	1061,1
MAR	1108	1106,5
ABR	1396	967,9
MAI	1842	840,9
JUN	876	692,6
JUL	794	791,3
AGO	858	954,0
SET	783	855,8
OUT	789	1055,7
NOV	826	1238,3
DEZ	915	1302,5

Fonte: Autor (2022)

Com isso, podemos avaliar que se os valores de março, abril e maio, únicos meses de uso da unidade com uma pequena flexibilização pós pandemia, se manterem pelo resto do ano haverá um grande déficit de geração, o que não é o objetivo deste projeto.

## 7.2 Resultados Dimensionamento 2

No segundo dimensionamento foi buscado um excedente de 25% em relação ao consumo dos últimos 12 meses, com isso, os 20 módulos teriam geração estimada de 15.074 kWh/ano, com isso, a geração seria 125,95% do consumo. Na comparação da Tabela 5 se pode ver que mesmo com um excedente em relação aos dados do consumo os dois meses de pico de consumo não são superados por nenhum valor de geração mensal.

Tabela 5- Comparação de consumo e geração mensal para o dimensionamento 2

<b>Mês</b>	<b>Consumo (kWh)</b>	<b>Geração (kWh)</b>
JAN	827	1561,1
FEV	954	1327,8
MAR	1108	1384,6
ABR	1396	1210,9
MAI	1842	1051,8
JUN	876	866,2
JUL	794	989,6
AGO	858	1111,3
SET	783	1070,4
OUT	789	1320,7
NOV	826	1549,4
DEZ	915	1629,9

Fonte: Autor (2022)

Novamente destaca-se o fato de que os meses de mais consumo, pós pandemia, serem motivo de se prever um déficit futuro. Se o consumo dos três meses de atividade maior na unidade se manterem futuramente, mesmo com um excedente em relação aos dados de consumo coletado, haverá uma geração menor que o

consumo, portanto, apesar de significar uma redução muito grande do valor pago pelo consumo, essa alternativa não alcançará o objetivo de zerar a diferença de consumo e geração.

### 7.3 Resultados Dimensionamento 3

No último dimensionamento foi buscado um excedente de 50% em relação ao consumo no último ano, com isso, os 24 módulos teriam geração estimada de 18.062 kWh/ano, com isso, a geração seria 150,92% do consumo. Na Tabela 6 percebe-se que apenas o mês de abril tem um consumo maior que a geração, mas já que não é um mês de irradiação solar alta, se espera que isso seja compensado pelos meses de janeiro, novembro e dezembro.

Tabela 6- Comparação de consumo e geração mensal para o dimensionamento 3

<b>Mês</b>	<b>Consumo (kWh)</b>	<b>Geração (kWh)</b>
JAN	827	1870,7
FEV	954	1591,2
MAR	1108	1659,2
ABR	1396	1450,9
MAI	1842	1260,3
JUN	876	1037,8
JUL	794	1185,8
AGO	858	1331,5
SET	783	1282,6
OUT	789	1582,5
NOV	826	1856,6
DEZ	915	1953,2

Fonte: Autor (2022)

É possível se estimar que com esta simulação se teria valores muito próximos de geração e consumo em uma situação real. Mesmo assim, ainda é muito incerto se ocorreria um excedente de geração ou déficit, devido à incerteza dos dados, contudo, esta alternativa se mostra muito mais apropriada, à primeira vista, para uma situação de consumo da unidade em uso pleno.

#### 7.4 Geração a longo prazo

É importante ser analisado o impacto do desgaste dos módulos com o tempo no projeto, para isso, será apresentada a Tabela 7 com os valores estimados pelo PVsol de geração anual, de acordo com as informações de eficiência por ano obtidas com o fabricante dos módulos.

Tabela 7-Geração por ano desde a instalação

<b>Ano</b>	<b>Geração dimensionamento 1 (kWh)</b>	<b>Geração dimensionamento 2 (kWh)</b>	<b>Geração dimensionamento 3 (kWh)</b>
1	17869,7	14913,1	11919,8
3	17690,5	14763,5	11800,2
5	17511,3	14614	11680,7
7	17332,1	14464,4	11561,2
9	17152,9	14314,9	11441,7
11	16973,7	14165,4	11322,1
13	16794,5	14015,8	11202,6
15	16615,4	13866,3	11083,1
17	16436,2	13716,7	10963,6
19	16257,0	13567,2	10844,0
21	16077,8	13417,7	10724,5

Fonte: Autor

Estes dados são muito importantes para a previsão do que será desejado em termos de geração de energia, neste caso, como é uma unidade de uma universidade se espera que ocorra um aumento no consumo e com uma diminuição gradual da geração dos módulos, o dimensionamento pode não ter o resultado esperado dentro da vida útil dos módulos.

## 7.5 Análise dos resultados

Com os resultados obtidos foi possível perceber que há uma grande incerteza em relação a qual a geração deseja devido aos dados de consumo estarem com um erro associado ao período de pandemia, contudo, a alternativa do dimensionamento 3, que tem previsão de gerar 18.062 kWh/ano, parece ser mais interessante a longo prazo, uma vez que mesmo que a geração exceda o consumo local a universidade tem a opção de usar os créditos de energia em outras unidades da UERGS que tem a CEEE como distribuidora de energia, com isso, seriam interessantes dimensionamentos com uma geração até superior aos 12 kWp, deste dimensionamento final, com objetivo de gerar créditos de energia para distribuição entre outras unidades da universidade. De acordo com as particularidades do local pode-se averiguar uma grande área para instalação de módulos fotovoltaicos, o que pode justificar um projeto de maior porte, visando a geração de energia para abater o consumo de outras unidades da universidade.

Além disso, foi possível verificar que, pelo menos, dois prédios da unidade analisada possuem boa irradiância solar, possibilitando diversas configurações de maior capacidade para geração de energia. Ademais, não é feita a avaliação de instalação dos módulos com suporte no solo, o que poderia possibilitar um melhor posicionamento, por ser um desperdício de espaço físico.

A avaliação financeira deste projeto pode ser muito complexa por razões como a mudança na legislação de geração distribuída e a tributação aplicada a uma universidade estadual, por isso, apesar de parte determinante para realização de um projeto de geração de energia, não foi possível obter dados suficientes para uma análise precisa o suficiente neste sentido. As alterações provenientes da Lei 14.300 fazem com que a data de realização do projeto tenha um grande impacto nos valores de tarifação e a isenção de ICMS na fatura de energia da universidade, que pode ser vista no anexo A, faz com que tenha mais uma diferenciação neste caso, para a avaliação da questão financeira. Porém, tudo indica que qualquer um dos dimensionamentos traria retorno financeiro para a universidade.

Contudo, o projeto não foi idealizado apenas para uma redução do custo de energia, mas também, para servir como um fruto de atividades e estudos para a universidade, por meio de medições, projeções e avaliações, podendo ser de uso para

atividades de pesquisa ou simplesmente como ferramenta para capacitação de estudantes das áreas relacionadas a energia e sustentabilidade. Outrossim, é a associação do projeto à imagem de geração de energia por fontes renováveis.

## 8 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo fazer um dimensionamento para a unidade de Osório da UERGS com geração prevista próxima do consumo real da unidade. Para isso, primeiramente, foi feita a escolha do local para instalação dos módulos, de forma a aproveitar da melhor maneira possível a infraestrutura do local gerando o máximo de energia com a quantidade de módulos. Após isso, foram feitas 3 simulações com quantidades diferentes de módulos, isto para avaliar qual delas apresentaria o melhor cenário em comparação com o consumo da unidade, levando em conta que os dados de consumo obtidos eram do período de pandemia. Por fim, foi feita a análise dos resultados obtidos em comparação com os dados de consumo obtido, sendo feitas as devidas observações em relação à incerteza gerada pela condição em que se deu o consumo utilizado como base.

Com o que foi feito, pode-se concluir primeiramente, que a ferramenta escolhida para a realização dos dimensionamentos, o PVsol, facilita o processo e permite análises complexas de situações específicas. Os resultados obtidos já eram apresentados com os cálculos de sombreamento, de acordo com a modelagem 3D, e com a degradação do gerador com o tempo. Além disso, o software apresenta os resultados com gráficos que facilitam o entendimento, sendo fácil de encontrar as comparações mais relevantes. Esta ferramenta agilizou muito a projeção de diversos cenários e permitiu análises complexas dos posicionamentos possíveis para o local.

Com os resultados obtidos de previsão geração anual de 12.048 kWh para o dimensionamento 1, 15.074 kWh para o dimensionamento 2 e 18.062 kWh para o dimensionamento 3, comparados com os 11.968 kWh/ano de consumo da unidade em um período de pandemia da covid-19, se conclui que com a incerteza que acabou se instaurando em relação aos dados de consumo, foi necessária uma avaliação cuidadosa para escolha da metodologia utilizada para a realização do dimensionamento. Apesar de poderem ser feitas diversas análises para obter um cenário ideal, a dependência de dados que não demonstram a realidade de consumo do local em que será realizada o dimensionamento impede que seja realizado um projeto com uma previsão de retorno financeiro preciso, contudo, devido a se tratar de uma universidade, em que há outras unidades atendidas pela CEEE, um superdimensionamento não seria um grande problema, e, de mesma forma, um



subdimensionamento não traria uma alteração significativa do ponto de vista financeiro.

Além disso, é importante destacar que a instalação de um SFCR em mais uma unidade da UERGS aumenta possibilidade para estudos e experimentos, enriquecendo a qualidade da formação de estudantes e capacidade de pesquisa da universidade.

Cabe ressaltar que não foi contemplado neste estudo as análises de custos do projeto, por isso, a análise de custo para as alternativas de um projeto de SFCR pode ser alvo de um trabalho futuro, sendo necessárias análises mais profundas dos custos e tarifas aplicados. Outro estudo possível é da precisão das projeções do programa PVsol, por meio da análise dos dados de geração de um projeto feito com auxílio do software e as previsões que foram feitas pela ferramenta, verificando a aproximação das projeções com a realidade.

## REFERÊNCIAS

ABSOLAR, Energia Solar Fotovoltaica no Brasil. **Infográfico ABSOLAR**. Disponível em: < <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>. Acesso em: 30/06/2022.

CEEE. **IT-11.01.081 – Acesso de Microgeração e Minigeração ao Sistema de Distribuição da CEEE-D**. Disponível em: < <https://ceee.equatorialenergia.com.br/normas-tecnicas/procedimentos/it-11-01-081-acesso-de-microgeracao-e-minigeracao-ao-sistema-de-distribuicao-da-ceee-d>>. Acesso em: 30/06/2022.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 30/06/2022.

GALDINO, M. A.; PINHO, J. T. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. CEPTEL-CRESB, 2014.

BRASIL. Lei 14.300. **Marco Legal da Microgeração e Minigeração Distribuída**. Disponível em: < <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>>. Acesso em: 30/06/2022.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 1000, de 7 de dezembro de 2021**. Disponível em: < <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-1.000-de-7-de-dezembro-de-2021-368359651>>. Acesso em: 24/11/2022.

BRASIL. **Lei Nº 9.427, de 26 de Dezembro de 1996**. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9427cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9427cons.htm)>. Acesso em: 30/06/2022.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Homologatória Nº 3.138, de 16 Novembro de 2022.** Disponível em: <<https://ceee.equatorialenergia.com.br/RESOLUOHOMOLOGATRIAN3.138DE16NOVEMBRODE2022.pdf>>. Acesso em: 24/11/2022.

PINHEIRO, Iago Donatoni. **Dimensionamento e Simulação de um Sistema Fotovoltaico DE Microgeração Distribuída.** Cornélio Procópio, 2019. Disponível em: <[http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/27396/1/CP\\_COELT\\_2019\\_1\\_07.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/27396/1/CP_COELT_2019_1_07.pdf)>. Acesso em: 30/06/2022.

ALVES, Guilherme Balbinot. **Projeto, Instalação e Análise de Resultados de Usina de Microgeração Fotovoltaica em Porto Alegre-RS.** Porto Alegre, 2019.

TEIXEIRA, Luiz Carlos Lima. **Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Para o Campus Central da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.** Novo Hamburgo, 2015.

MACHADO, G.; SILVA, J.; MOREIRA, H.; VARGAS, T.; PRYM, G.; VILLALVA, M. **Estudo de Caso de um Sistema Fotovoltaico Instalado no Campus da Unicamp em Diferentes Softwares de Simulação.** São Paulo, 2020. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/858>

FUSANO, Renato Hideo. **Análise dos Índices de Mérito do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede do Escritório Verde da UTFPR.** Curitiba, 2013.

VIEIRA, Alexandre Moreira. **Geração de Energia Fotovoltaica em uma Universidade Pública: Abordagem da Transição Sociotécnica.** Curitiba, 2021.

DANTAS, Stefano Giacomazzi; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. **Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos no Brasil e Possíveis Efeitos no Setor Elétrico.** Rio de Janeiro, 2018.

OLIVEIRA, Gabriel Lourena Néia; DA SILVA, Victória Ribeiro; ALTOÉ, Leandra. **Análise do Uso da Energia Fotovoltaica em Universidades**. Espírito Santo, 2021.

Di Valentin Energy Software. **PVsol Premium**. Disponível em: <https://valentin-software.com/downloads/>

- ANEXO A-Conta de Energia Elétrica



**COMPANHIA ESTADUAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**  
 Av. Joaquim Porto Villanova, nº 201, Prédio A Sala 721 - CEP 91410-400 Porto Alegre - RS  
 CNPJ : 08.467.115/0001-00 INSCRIÇÃO ESTADUAL: 096/3156659  
 NOTA FISCAL / CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA

Nota Fiscal- Série U - 158705667 Cód. Fiscal de operação: 5,258 FAT: 01-202243340492951-77

Reservado ao Fisco  
**7A18.ABC4.7FB2.9E2E.98E5.708C.7545.696C**

**Cliente e UC (Unidade Consumidora)**  
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL**

Rua Machado de Assis, 1456  
 Bairro: Centro  
 Osorio - RS  
 CPJ: 04732975000165  
 Classe de Consumo Aneel: PODER PUBLICO - Poder Publico Estadual / Distrital

**Número da UC**  
 Código para débito em conta corrente  
**64906451**

Medição	kWh	Consumo	Faturamento	Vencimento	Total em Reais
Nº do medidor	31249882	<b>1.842 kWh</b>	<b>05/2022</b>	<b>06/06/2022</b>	<b>1.267,81</b>
Fator de Multiplicação	1,000				
Leitura 12/05/2022	88169				
Leitura 12/04/2022	86327				
Consumo*	1842				

Descrição	Quantidade	Preço	Valor R\$
Consumo	1.842	0,673105	1.239,86
Adic Band, Vermel P2			27,95
<b>Subtotal (R\$)</b>			<b>1.267,81</b>

Perdas de Transformações (%): 0  
 Fator de Potência: 1,00000  
 Período Fiscal 01/05/2022  
 Emissão 13/05/2022  
 Apresentação 23/05/2022  
**Próxima Leitura Prevista: 13/06/2022**

Composição da Fatura	R\$
Energia	483,17
Transmissao	130,05
Distribuicao	253,80
Enc. Setoriais	218,69
Tributos	81,77
Perdas	100,33

## Consumos Faturados em kWh

Dias	Consumo Diário
2022 MAI 30	1842 61,4
ABR 29	1396 48,14
MAR 32	1108 34,63
FEV 28	915 32,68
JAN 31	826 26,65
2021 DEZ 31	826 26,65
NOV 29	789 27,21
OUT 30	783 26,1
SET 33	858 26
AGO 30	794 26,47
JUL 29	876 30,21
JUN 32	954 29,81
MAI 31	827 26,68

## Tributos (Valores incluídos no preço)

ICMS Base de Cálculo (R\$)	0,00	aliquota 0%	R\$ 0,00
PIS/COFINS Conf. Res. ANEEL nº 234/2005		aliquota 6,4500%	R\$ 81,77

Bandeira Tarifária Escassez Hídrica vigente até 15/04/22, acréscimo de R\$ 0,1420 para cada kWh faturado. A partir de 16/04/22 não há adicional de Bandeira Tarifária, sendo cobrado este mês o valor de tarifa proporcional ao período de consumo correspondente aos dias de Bandeira Escassez Hídrica.  
Regime Especial - Ato Declaratório número 2022/035  
Períodos Band.Tarif.: Vermelha P2:13/04-12/05



UC: 64906451 FAT: 01-202243340492951-77  
Fatura de Energia Elétrica do Mês de Maio de 2022

Valor a pagar R\$ 1.267,81

83630000129

678100060006

001012022438

340492951777

Mês/Ano Vencimento  
05/2022 06/06/2022



- **Anexo B-Datasheet do Módulo**

SPECIFICATIONS										
Module Type	JKM525M-72HL4-TV		JKM530M-72HL4-TV		JKM535M-72HL4-TV		JKM540M-72HL4-TV		JKM545M-72HL4-TV	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	525Wp	391Wp	530Wp	394Wp	535Wp	398Wp	540Wp	402Wp	545Wp	405Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	40.61V	37.74V	40.71V	37.88V	40.81V	37.98V	40.91V	38.08V	41.07V	38.18V
Maximum Power Current (Imp)	12.93A	10.35A	13.02A	10.41A	13.11A	10.48A	13.20A	10.55A	13.27A	10.62A
Open-circuit Voltage (Voc)	49.27V	46.50V	49.35V	46.58V	49.42V	46.65V	49.49V	46.71V	49.65V	46.86V
Short-circuit Current (Isc)	13.64A	11.02A	13.71A	11.07A	13.79A	11.14A	13.87A	11.20A	13.94A	11.26A
Module Efficiency STC (%)	20.36%		20.55%		20.75%		20.94%		21.13%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									
Refer. Bifacial Factor	70±5%									

- **Anexo C-Datasheet dos Inversores**

Datasheet	MID 6KTL3-XL	MID 8KTL3-XL	MID 10KTL3-XL	MID 11KTL3-XL	MID 12KTL3-XL
<b>Input Data</b>					
Max. recommended PV power (for module STC)	7800W	10400W	13000W	13000W	15600W
Max. DC voltage	800V	800V	800V	800V	800V
Initial voltage	250V	250V	250V	250V	250V
Nominal voltage	360V	360V	360V	360V	360V
MPPT voltage range	160-800V	160-800V	160-800V	160-800V	160-800V
Full load voltage	280-650V	280-650V	280-650V	280-650V	280-650V
No. of independent MPPT	2	2	2	2	2
No. of PV strings per MPPT	2	2	2	2	2
Max. input current per MPPT	25A	25A	25A	25A	25A
Max. short-circuit current per MPPT	32A	32A	32A	32A	32A
<b>Output (AC)</b>					
AC nominal power	6000W	8000W	10000W	11000W	12000W
Max. AC apparent power	6600VA	8800VA	11100VA	12100VA	13300VA
Nominal AC voltage/range	133V/230V	133V/230V	133V/230V	133V/230V	133V/230V
AC grid frequency, range	50/60 Hz; 47.5–52 Hz/55-65 Hz	50/60 Hz; 47.5–52 Hz/55-65 Hz	50/60 Hz; 47.5–52 Hz/55-65 Hz	50/60 Hz; 47.5–52 Hz/55-65 Hz	50/60 Hz; 47.5–52 Hz/55-65 Hz
Max. output current	16.5A	22.1A	27.8A	30.3A	33.3A
Powerfactor @Nominal power	>0.99	>0.99	>0.99	>0.99	>0.99
Power factor	0.8 leading - 0.8 lagging	0.8 leading - 0.8 lagging	0.8 leading - 0.8 lagging	0.8 leading - 0.8 lagging	0.8 leading - 0.8 lagging
THDI	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%
AC grid connection type	3W+PE/3W+N+PE	3W+PE/3W+N+PE	3W+PE/3W+N+PE	3W+PE/3W+N+PE	3W+PE/3W+N+PE
<b>Efficiency</b>					
Max. efficiency	98.50%	98.50%	98.50%	98.50%	98.50%
Euro - eta	98.10%	98.10%	98.10%	98.10%	98.10%
<b>Protection Devices</b>					
DC reverse polarity protection	yes	yes	yes	yes	yes
DC Switch	yes	yes	yes	yes	yes
DC Surge protection	Typell	Typell	Typell	Typell	Typell
Insulation resistance monitoring	yes	yes	yes	yes	yes