



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA

TIAGO PATRÍCIO SANTANA PINTO

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA CONECTADA A REDE NA ESCOLA ESTADUAL PROFESSORA
LEONILLA MARINHO**

Manaus - AM
2022

TIAGO PATRÍCIO SANTANA PINTO

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA CONECTADA A REDE NA ESCOLA ESTADUAL PROFESSORA
LEONILLA MARINHO**

Projeto de Pesquisa desenvolvido durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentado à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas como pré-requisito para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Dr. Israel Gondrés Torné

Manaus - AM
2022

Universidade do Estado do Amazonas – UEA
Escola Superior de Tecnologia - EST

Reitor:

André Luiz Nunes Zogahib

Vice-Reitor:

Kátia do Nascimento Couceiro

Diretora da Escola Superior de Tecnologia:

Ingrid Sammyne Gadelha Figueiredo

Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica:

Israel Gondres Torné

Banca Avaliadora composta por:

Prof. Dr. Israel Gondres Torné (Orientador)

Prof. Dr. Antônio Luiz Alencar Pantoja

Prof. Dr. Edry Antônio Garcia Cisnero

Data da defesa: 17/11/2022.

CIP – Catalogação na Publicação

Pinto, Tiago Patrício Santana

Análise de viabilidade técnico-econômica de energia solar fotovoltaica conectada à rede na escola estadual professora Leonilla Marinho / Tiago Patrício Santana Pinto; [orientado por] Prof. Dr. Israel Gondres Torné. – Manaus: 2022.

69 p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade do Estado do Amazonas, 2022.

1. Energia solar fotovoltaica. 2. PVsyst. 3. Viabilidade econômica. I. Gondres, Israel.

TIAGO PATRÍCIO SANTANA PINTO

ANÁLISE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA CONECTADA A REDE NA ESCOLA ESTADUAL
PROFESSORA LEONILLA MARINHO

Pesquisa desenvolvida durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Nota obtida: 9,2 (nove virgula dois pontos)

Aprovada em 17 / 11 / 2022.

Área de concentração: Energia solar fotovoltaica

BANCA EXAMINADORA

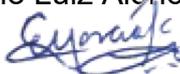


Orientador: Israel Gondres Torné, *Dr.*

Antonio Luiz Alencar Pantoja

Assinado de forma digital por Antonio Luiz Alencar Pantoja
Dados: 2022.11.18 18:35:05 -04'00'

Avaliador: Antônio Luiz Alencar Pantoja, *Dr.*



Avaliador: Edry Antônio Garcia Cisnero, *Dr.*

Manaus 2022

Aos meus pais, por terem dedicado suas vidas para me tornar a pessoa que sou hoje. Agradeço imensamente por todo o amor, suporte e auxílio que me foram dados para chegar a este momento tão importante. Dedico-lhes essa conquista, como forma de gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, por ter me abençoado dia após dia com saúde, felicidade, esperança e por ter me dado o dom da vida. À minha mãe por todo o esforço, dedicação e incentivo em prol do meu desenvolvimento, aprendizado e realização dos meus sonhos. Dedico a ela esse TCC como demonstração da minha gratidão. A meu pai pelos conselhos que auxiliam no crescimento em aspectos da vida. Pois sempre me motivou a seguir em frente e fazer meu melhor independente da situação. Agradeço a toda equipe que compõe a universidade do estado do Amazonas, por proporcionar a disseminação de conhecimento. Em especial ao meu coordenador, Professor Doutor Israel Gongres, que acompanhou o meu processo de desenvolvimento acadêmico. Agradeço a meu amigo Matheus Nery pelo companheirismo e consideração, além de todos os colegas de classe por todos os ensinamentos ao longo dos anos.

“Feliz é o homem que que persevera na provação, porque depois de aprovado receberá a coroa da vida, que Deus prometeu aos que o amam” Tiago 1:12.

RESUMO

O presente trabalho busca verificar se há viabilidade técnica e econômica para a instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica conectado à rede na Escola Estadual Professora Leonilla Marinho de Manaus, Amazonas. O investimento em geração distribuída tem sido bastante difundido nos últimos anos e tornou-se uma excelente forma de reduzir o valor da conta de energia, principalmente depois que a ANEEL possibilitou a adesão ao sistema de compensação energética. Esta pesquisa mostra 2 casos de investimento, como o local pertence ao grupo A na fatura de energia elétrica, o primeiro busca atender a demanda contratada do consumo energético da escola, o segundo caso visa compensar o consumo fora-ponta e o consumo-ponta de energia. Após uma pesquisa bibliográfica em livros, artigos e TCCs, criou-se um plano de ação para o processo da metodologia, que trata das especificações detalhadas de todos os materiais utilizados e do uso do PVsyst, software especializado usado para a montagem do sistema fotovoltaico. Além disso, foi calculado o tempo de retorno do investimento (Payback) e Taxa Interna de Retorno (TIR).

Palavras-chave: Energia solar fotovoltaica. PVsyst. Viabilidade econômica.

ABSTRACT

The present work seeks to verify if there is technical and economic feasibility for the installation of a photovoltaic solar energy system connected to the grid at Escola Estadual Professora Leonilla Marinho de Manaus, Amazonas. Investment in distributed generation has been widespread in recent years and has become an excellent way to reduce the value of the energy bill, especially after ANEEL made it possible to join the energy compensation system. This research shows 2 cases of investment, as the location belongs to group A in the electricity bill, the first seeks to meet the contracted demand of the school's energy consumption, the second case aims to compensate for off-peak consumption and peak consumption of energy. After a bibliographical research in books, articles and TCCs, an action plan was created for the methodology process, which deals with the detailed specifications of all the materials used and the use of PVsyst, specialized software used for the assembly of the photovoltaic system. In addition, the time of return on investment (Payback) and Internal Rate of Return (IRR) were calculated.

Keywords: Photovoltaic Solar Energy. PVsyst. Economic viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de uma célula fotovoltaica.	20
Figura 2 - Curva I-V de duas células fotovoltaicas conectadas em série.	21
Figura 3 - Curva I-V de duas células fotovoltaicas conectadas em paralelo.	21
Figura 4 – Painel monocristalino.	22
Figura 5 – Painel policristalino.	23
Figura 6 - Inversor Growatt-Off-grid.	23
Figura 7 – Sistema isolado.	24
Figura 8 – Sistema conectado a rede.	25
Figura 9 – Sistema híbrido.	26
Figura 10 – Grandes indústrias.	27
Figura 11- Coordenadas da Escola Estadual Leonilla Marinho.	32
Figura 12 - Índices de irradiação solar na escola estadual Leonilla Marinho.	32
Figura 13 – Gráficos dos índices de irradiação.	33
Figura 14 – Localização escola estadual Leonilla Marinho.	34
Figura 15 - Verificação do ângulo de azimute das águas do colégio.	34
Figura 16 - Localização águas dos sistemas fotovoltaicos.	35
Figura 17 – Cotas escola estadual Leonilla Marinho.	35
Figura 18 - Consulta de solicitações realizadas.	36
Figura 19 - Planta cobertura escola Estadual Alice Salerno.	36
Figura 20 - Tarifas de Energia Elétrica grupo A verde.	38
Figura 21 – Localização geográfica pelo PVsyst.	42
Figura 22 – Irradiação plano horizontal.	43
Figura 23 - Velocidade média sazonal do vento.	43
Figura 24 - Metereologia mensal.	44
Figura 25 - Preenchimento dados do CS6W 545MS PVsyst.	44
Figura 26 – Pré-dimensionamento.	45
Figura 27 - Modelagem caso realista para demanda de 113kW.	47
Figura 28 – Índice de performance (PR).	48
Figura 29 – Fatores de produção e perdas normalizadas para 113kW.	48
Figura 30 – Diagrama de perdas para 113kW.	49
Figura 31 – Sinopse dos resultados para 113kW.	49

Figura 32 - Modelagem caso ideal para demanda de 200,775kW.	49
Figura 33 – Sinopse dos resultados para 200,775kW.	50
Figura 34 – Manutenção preventiva.	51
Figura 35 – Manutenção preditiva.	52
Figura 36 – Manutenção corretiva.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo energético da escola estadual Leonilla em 2019	37
Tabela 2 - Demanda da escola estadual Leonilla nos meses de 2019	38
Tabela 3 - Principais informações módulos CANADIAN SOLAR CS6W-545	39
Tabela 4 - Tarifas de aplicação e base econômica para o grupo (Ame)	39
Tabela 5 - Caso real – balanço e resultados principais	47
Tabela 6 - Tabela de investimentos necessários para o sistema de 113 kW	55
Tabela 7 - Tabela de índices necessários para o sistema de 113 kW	56
Tabela 8 - Tabela de investimentos necessários para o sistema de 200,77 kW	57
Tabela 9 - Tabela de índices necessários para o sistema de 200,775 kW	57
Tabela 10 - Resultados para o sistema de 113 kW	58
Tabela 11 - Resultados para o sistema de 200,775 kW	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLA

Ame -	Amazonas Energia
CA -	Corrente alternada
CC -	Corrente contínua
CRESESB -	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica
DiffHor -	Irradiação difusa horizontal
Earray -	Energia efetiva a saída do grupo
E_Grid -	Energia injetada na rede
FC0 -	Valor inicial investido
FCpos -	Primeiro Fluxo de Caixa positivo obtido
FCneg -	Último Fluxo de Caixa negativo obtido
GlobEff -	Global efetivo
GlobHor -	Irradiação horizontal total
GlobInc -	Incidência global no plano dos sensores
HSP -	Horas do sol pleno
MPPT -	Rastreamento do Ponto de Máxima Potência
$Placas_{máx}$ -	Número máximo de placas
$Placas_{mín}$ -	Número mínimo de placas
PR -	Índice de performance.
SEDUC -	Secretaria de Estado de Educação e Desporto
SFV -	Sistema fotovoltaico
TAmb -	Temperatura ambiente
T_{fp} -	Tarifa fora ponta
TIR -	Taxa Interna de Retorno
Tneg -	Instante de tempo onde se obteve o último fluxo de caixa negativo
T_p -	Tarifa ponta
T_{pos} -	Instante de tempo onde se obteve o primeiro fluxo de caixa positivo
VPL -	Valor Presente Líquido
$V_{i_{mpptmax}}$ -	Tensão máxima de mppt inversor
$V_{i_{mpptmin}}$ -	Tensão mínima de mppt inversor
$V_{oc_{tmin}}$ -	Tensão de circuito aberto mínima

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	16
2.PROBLEMA DE PESQUISA	17
3.HIPÓTESE.....	17
4.OBJETIVOS.....	17
4.1OBJETIVO GERAL	17
4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	18
5.REFERENCIAL TEÓRICO	19
5.1 MICROGERAÇÃO	19
5.2 MINIGERAÇÃO.....	19
5.3 CÉLULAS FOTOVOLTAICAS	19
5.4 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS.....	20
5.4.1MONOCRISTALINO.....	22
5.4.2POLICRISTALINO.....	22
5.5 INVERSORES.....	23
5.6 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	24
5.6.1 SISTEMAS ISOLADOS.....	24
5.6.2 SISTEMAS CONECTADOS A REDE.....	25
5.6.3 SISTEMAS HÍBRIDOS.....	26
5.7 GRUPO A e GRUPO B	26
5.8 ANÁLISE FINANCEIRA.....	27
6. METODOLOGIA.....	29
7. REALIZAÇÃO DO PROJETO	31
7.1SOFTWARES UTILIZADOS.....	31
7.1.1PVSYST.....	31
7.1.2 GOOGLE EARTH PRO	31

7.1.3 EXCEL.....	31
7.2 AVALIAÇÃO DO RECURSO SOLAR.....	32
7.3 LOCALIZAÇÃO, POSIÇÃO DAS ÁGUAS E AZIMUTE	33
7.4 LEVANTAMENTO DE CARGA E CONSUMO ENERGÉTICO.....	36
7.5 PROJETO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO ON GRID.....	39
7.6 DIMENSIONAMENTO PELO SOFTWARE PVSYST	42
8. REALIZAÇÃO DA PARTE ECONÔMICA DO PROJETO.....	52
8.1 MANUTENÇÃO.....	52
8.2 INVESTIMENTOS REALIZADOS	55
8.3 RESULTADOS OBTIDOS.....	58
9. CONCLUSÃO.....	60
10.REFERÊNCIAS.....	62
APÊNDICE A - CASO 1.....	65
APÊNDICE B - CASO 2.....	66
ANEXO A - FATURAS DE ENERGIA.....	67
ANEXO B - DATASHEET PLACA SOLAR.....	68
ANEXO C - DATASHEET INVERSOR.....	69

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a energia elétrica vem sendo preocupação na conta de milhares de brasileiros e estrangeiros que estão vivendo em nosso País. Muitas são as oportunidades que existem para diminuir o pagamento desta no final do mês. Existem aqueles que usam métodos ilegais como os famosos “gatos de energia”, que de uma forma ou outra tendem a sobrecarregar o sistema da concessionária. No entanto, outros preferem utilizar um meio no qual seja produzida energia de maneira limpa e barata como a energia solar fotovoltaica.

Conforme Portal Solar (2019)

O Amazonas possui um dos maiores índices de desenvolvimento do potencial fotovoltaico, apesar de não atingir os níveis de incidência solar do nordeste, por exemplo. Seus resultados chegam a 5,5 kWh/m² em radiação solar global média segundo dados sobre a região fornecidos pelo Atlas Solarimétrico do Brasil.

O Brasil tem privilégio, pois é um país com dimensões continentais tem um clima bastante variado e conseqüentemente regiões na qual a energia solar se beneficia da incidência solar. Especificamente a região da Amazônia, próxima a linha do equador, possui um dos maiores índices de desenvolvimento do potencial fotovoltaico.

De acordo com o inciso III do artigo 2 da Resolução Normativa número 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica o sistema de crédito da energia solar fotovoltaica tem bastante validade. “unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa” (ANEEL, 2012).

Então podemos entender que os sistemas de energia solar fotovoltaica têm uma garantia de crédito de energia após injetar a mesma na rede da concessionária. Portanto, de acordo com o sistema de compensação de energia, será fornecida energia aos arredores da residência, comércio e empresas. E assim, o acúmulo de energia vira uma compensação após o uso do módulo de energia solar fotovoltaica. É um dos pontos positivos de se trabalhar com energias renováveis.

De acordo com Fanti (2015)

Avaliar viabilidade de um investimento é imprescindível para a tomada de decisões de um gestor, proprietário ou acionistas. É possível que o tomador de decisões identifique se o investimento (projeto) irá agregar ou não valor a organização.”

A análise econômica é fator crucial em qualquer projeto pois com isso passa a ter sentido e retorno para qualquer pessoa, empresa ou órgão. Para a fazer a análise financeira foram utilizados os seguintes índices econômicos tais como: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e *payback* descontado.

2. PROBLEMA DE PESQUISA

Inexistência de um sistema solar fotovoltaico em escolas estaduais do Amazonas. Avaliar as possíveis vantagens e viabilidade de implantação da energia solar fotovoltaica na escola estadual professora Leonilla Marinho.

3. HIPÓTESE

Essa pesquisa tem como hipótese a ideia de que é possível realizar a análise de viabilidade técnico-econômica de energia solar fotovoltaica conectada à rede na Escola Estadual Leonilla Marinho. Isso seria feito através do sistema de compensação de energia da concessionária em paralelo a análises financeiras.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Dessa forma, estabeleceu-se como objetivo geral analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação de energia solar fotovoltaica na Escola Estadual Leonilla Marinho.

4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Os objetivos específicos são analisar a demanda elétrica por meio de faturas de energia de anos anteriores da instituição. Calcular a energia que irá ser produzida na implantação de um sistema fotovoltaico. Elaborar o projeto de sistema fotovoltaico utilizando o *software* PVsyst. Especificar os equipamentos e materiais que irão ser utilizados nesse sistema fotovoltaico. Verificar os investimentos necessários através da análise financeira no *software* Excel e analisar a viabilidade da energia solar fotovoltaica no local.

5. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico serão explicados brevemente assuntos relacionados ao projeto de energia solar fotovoltaica. Foram selecionados os mais pertinentes ao trabalho.

5.1 MICROGERAÇÃO

Conforme ANEEL (2012)

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

Assim pode-se entender que a microgeração fica em uma escala menor ou igual a 75 kW.

5.2 MINIGERAÇÃO

Conforme ANEEL (2012)

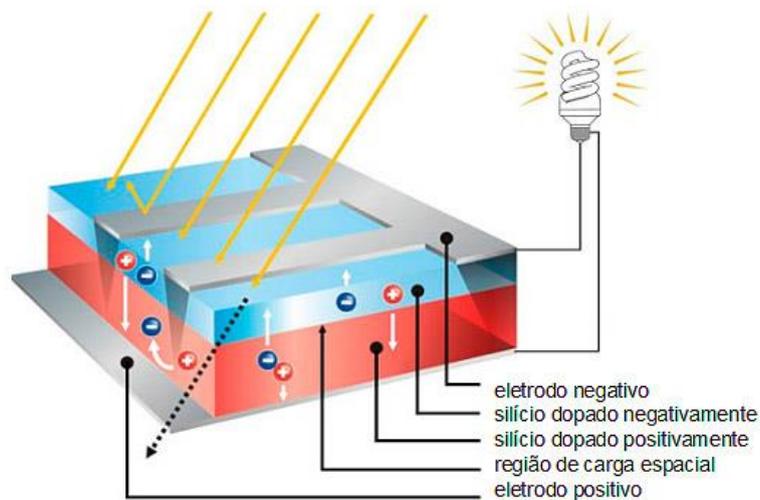
II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5MW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

Assim pode-se entender que a microgeração fica em uma escala entre 75 kW e 5 MW.

5.3 CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

“As células fotovoltaicas são constituídas por um material semicondutor –o silício – ao qual são adicionadas substâncias, ditas dopantes, de modo a criar um meio adequado ao estabelecimento do efeito fotovoltaico” (CASTRO, 2002). Ou seja, é um dispositivo elétrico no qual converte energia solar em elétrica por meio do efeito fotovoltaico. Logo abaixo na figura um esquema de uma célula solar fotovoltaica.

Figura 1 - Esquema de uma célula solar fotovoltaica.



Fonte: Fotovoltec Solar Engineering

5.4 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

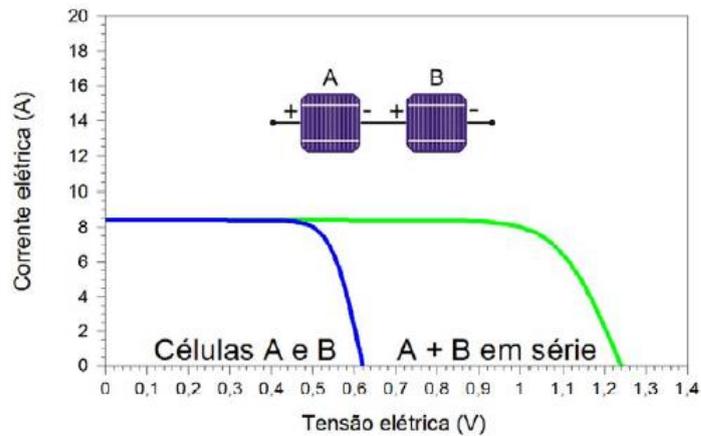
Para Alves (2008) os painéis fotovoltaicos são uma variedade de células fotovoltaicas que são unidades em um único local, normalmente ficam protegidas por uma espécie de vidro que foi pré soldado as mesmas. Geralmente são adaptáveis ao local de instalação e são resistentes, vigorosos e aguentam chuvas e etc. Além disso, os fabricantes estipulam uma potência final de 80% da de entrada mesmo com um passar de 25 anos de uso.

Além disso, a associação de módulos fotovoltaicos é bastante comum em projetos de geração distribuída fotovoltaica, tendo como objetivo alcançar o nível de corrente e tensão desejável. Esse tipo de conexão é feito somente com painéis similares, da mesma fabricante e mesma potência, para evitar perdas e danos ao sistema. O conjunto de módulos em série é denominado de *string* e pode ser associado em série e/ou paralelo. Na associação em série, o terminal positivo de um módulo é conectado a um terminal negativo de outro e assim sucessivamente. As tensões são somadas (V) e a corrente não é alterada, desde que os painéis sejam iguais e expostos a mesma irradiância.

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad (1)$$

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n \quad (2)$$

Figura 2 - Curva I-V de duas células fotovoltaicas de silício cristalino conectadas em série



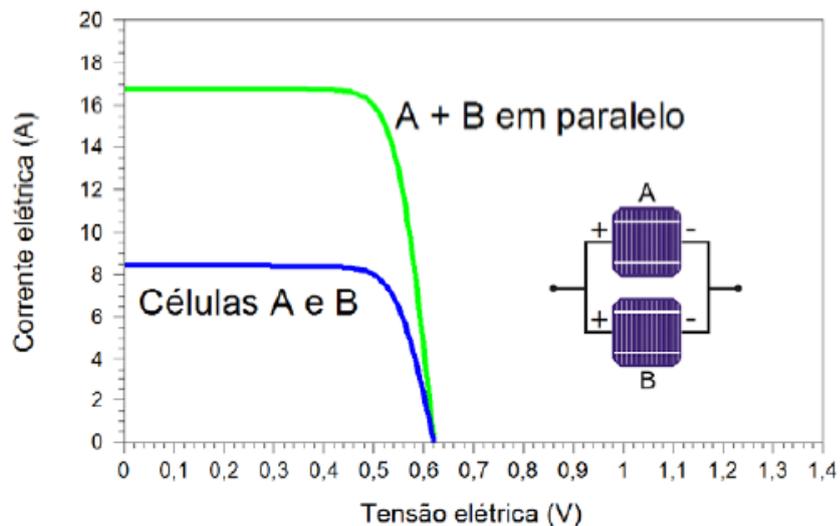
Fonte: GALDINO, MARCO (2014, p.124)

Na associação em paralelo, é interligado os terminais positivos de todos os módulos e da mesma forma é feito com os terminais negativos. A tensão não é alterada e as correntes são somadas, desde que os painéis sejam iguais e expostos a mesma irradiância.

$$V = V_1 = V_2 = \dots = V_n \quad (3)$$

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (4)$$

Figura 3 - Curva I-V de duas células fotovoltaicas de silício cristalino conectadas em paralelo



Fonte: GALDINO, MARCO (2014, p. 124)

5.4.1 MONOCRISTALINO

São os mais antigos entre os painéis e bastante eficientes. Sua composição é formada de fragmentos de cristais de silício, chamados de polissilícios. As placas solares monocristalinos são identificados facilmente em curtas distancias. Geralmente eles apresentam uma cor uniforme e ocupam menos espaço.

Seu processo fabril é baseado em um único ultrapuro cristal de silício, lingotes de silício de forma cilíndrica, no qual é cortado originando pequenas lâminas de silício, que assim são verificadas e tornam-se células fotovoltaicas. Logo abaixo na figura 4 um painel monocristalino.

Figura 4 – Painel monocristalino



Fonte: Minha casa solar

5.4.2 POLICRISTALINO

Eles deixam menos resíduos, são geralmente mais baratos e normalmente duram mais que o monocristalinos. No policristalino são fundidos em um bloco, conservando a criação de múltiplos cristais. Após isso, são serrados em blocos quadrados e cortados como no monocristalino. Em relação ao monocristalino, suas células tem uma um pouco menos eficientes. Logo abaixo na figura 5 um painel policristalino.

Figura 5 – Painel policristalino

Fonte: Minha casa solar

5.5 INVERSORES

O inversor c.c./c.a. converte a potência em corrente contínua, proveniente do arranjo fotovoltaico em potência, em corrente alternada que, em condições normais (qualidade aceitável), será injetada na rede elétrica de distribuição de energia.” (RAMPINELLI, 2014). Ou seja, sua função principal é transformar a corrente contínua de painéis fotovoltaicos em corrente alternada. Segue na figura 6 um inverso Growatt-Off-grid.

Figura 6 – Inversor Growatt Off-grid

Fonte: Opus solar

5.6 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

“Um sistema fotovoltaico compreende o agrupamento de painéis fotovoltaicos interligados capazes de converter a energia solar, por meio das células solares, diretamente em energia elétrica”. (NIEDZIALKOSKI, 2013). Ainda há maneiras diferentes de classificação como sistemas isolados, conectados a rede de distribuição e híbridos.

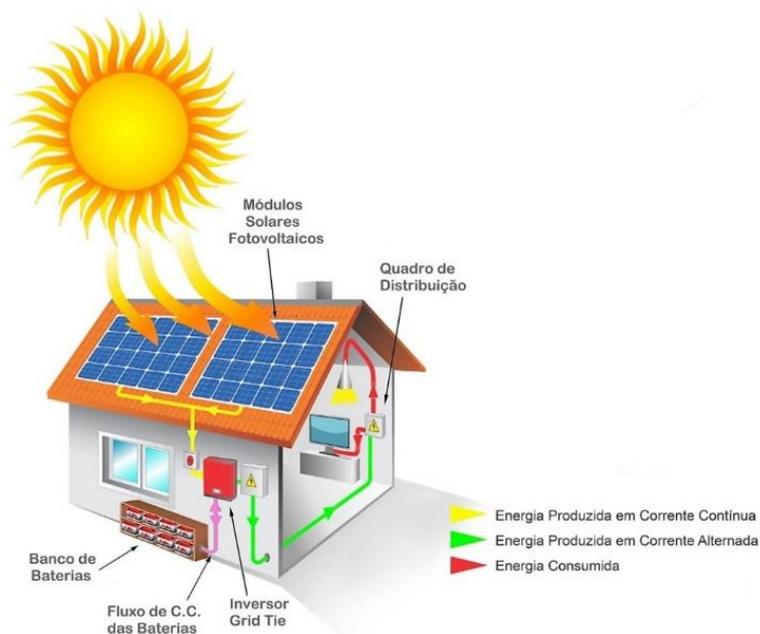
5.6.1 SISTEMAS ISOLADOS

De acordo com Câmara (2011)

Sistemas isolados, em geral, utilizam-se alguma forma de armazenamento de energia. Este armazenamento pode ser feito através de baterias, quando se deseja utilizar aparelhos elétricos, ou armazenar-se na forma de energia gravitacional quando se bombeia água para tanques em sistemas de abastecimento. Alguns sistemas isolados não necessitam de armazenamento, o que é o caso da irrigação onde toda a água bombeada é diretamente consumida ou estocadas em reservatórios.

Então pode-se dizer que eles não estão conectados na rede do concessionário e necessita armazenar energia para o uso necessário do mesmo. A figura 7 exemplifica um sistema isolado fotovoltaico.

Figura 7 – Sistema isolado



Fonte: GridSolaris

5.6.2 SISTEMAS CONECTADOS A REDE

De acordo com Câmara (2011)

Estes sistemas não utilizam armazenamento de energia pois toda a geração é entregue diretamente na rede. Sistemas fotovoltaicos interligados à rede elétrica representam uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual estão conectados. Todo o arranjo é conectado em inversores e estes fazem a interface com a rede elétrica. Estes inversores devem satisfazer as exigências de qualidade e segurança para que a rede não seja afetada, como sistema anti-ilhamento, distorção harmônica em consonância com as normas aplicáveis, saída CA com forma de onda senoidal pura, proteções contra sobretensões e sobrecorrente, dentre outras.

Então pode-se dizer que há uma dependência da rede elétrica da concessionária se apoiando no sistema de compensação de energia e assim gerando crédito ao proprietário que fornece energia aos arredores de sua propriedade. A figura 8 é um exemplo de sistema conectados à rede de distribuição.



Fonte: GridSolaris

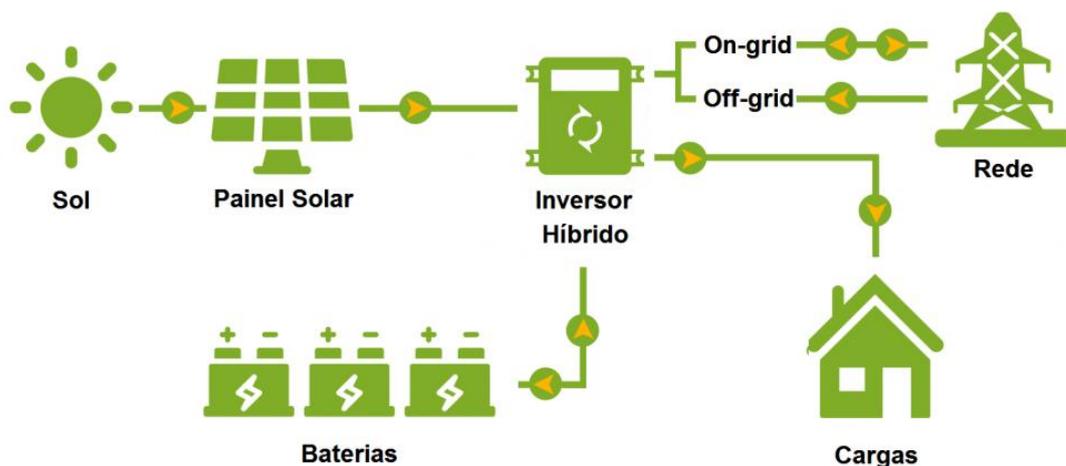
5.6.3 SISTEMAS HÍBRIDOS

A combinação entre os dois sistemas anteriores. Ele usa a energia continua dos sistemas conectados à rede e a energia armazenada dos sistemas isolados, assim é um modelo bastante completo.

De acordo com Câmara (2011)

Sistemas híbridos são aqueles que, desconectado da rede convencional, apresenta várias fontes de geração de energia como por exemplo: turbinas eólicas, geração diesel, módulos fotovoltaicos entre outras. A utilização de várias formas de geração de energia elétrica torna-se complexo na necessidade de otimização do uso das energias. É necessário um controle de todas as fontes para que haja máxima eficiência na entrega da energia para o usuário.

Figura 9 – Sistema híbrido



Fonte: Energy shop

5.7 GRUPO A e GRUPO B

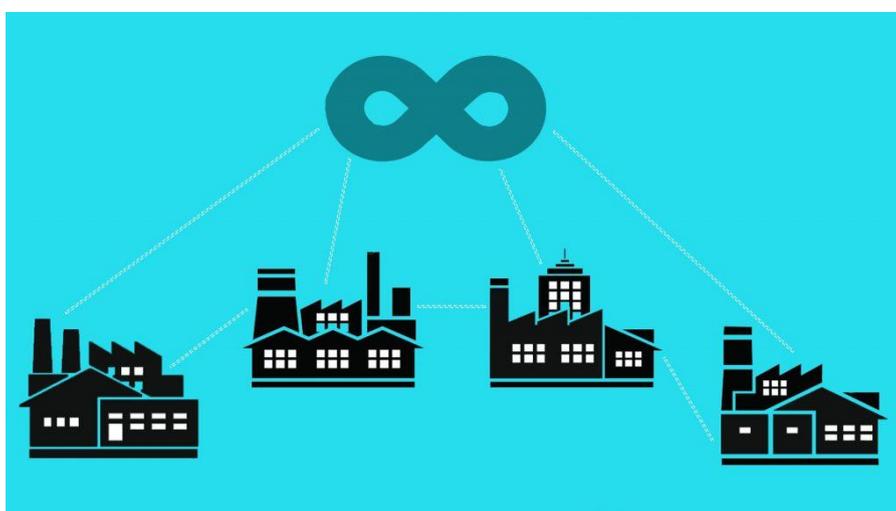
As unidades consumidoras de energia elétrica são enquadradas nesses dois grupos de tarifas energéticas na hora do pagamento das contas.

Se enquadram no grupo A de energia consumidores que são atendidos em média e alta tensão. A fatura do grupo A é chamada de binômica porque cobra-se tanto o consumo elétrico quanto a demanda contratada. A diferença entre eles é que o consumo elétrico é a quantidade de energia que seus equipamentos elétricos utilizam, a demanda contratada é potência máxima necessária para ligar

todos os equipamentos ao mesmo tempo. As grandes indústrias precisam da demanda contratada pois seus equipamentos demandam muita potência. Essa demanda medida é integralizada no intervalo de 15 minutos durante o período de faturamento.

Além disso, existe a diferença na cobrança no horário de ponta e fora-ponta. No qual o horário fora-ponta é muito mais caro no valor da energia elétrica, pois é uma forma de diminuir o consumo das grandes indústrias nesse horário.

Figura 10 – Grandes indústrias



Fonte: MundoDevOps

Se enquadram no grupo B, consumidores de baixa tensão, fornecimento inferior a 2,3kV, sua fatura é considerada monômnia, pois é feito o pagamento somente da energia elétrica. Como exemplo de consumidores do grupo B estão as residências, indústria e empresas de pequeno porte. Geralmente é utilizada a tarifa branca que nos dias úteis tem três valores: ponta, intermediário e fora de ponta, que variam de acordo com a concessionária de energia elétrica.

5.8 ANÁLISE FINANCEIRA

Em qualquer projeto que vise o lucro ou mostre viabilidade é necessário calcular através de formulas para obter os resultados. No projeto em questão são necessárias saber do Valor Presente Líquido (VPL), *Payback* Descontado e Taxa Interna de Retorno (TIR).

O tempo de *payback* seria o tempo para recuperar o custo do investimento e a equação para calcular o *payback* simples:

$$PBS = \frac{FC_{neg}}{|FC_{neg}| + FC_{pos}} * (T_{pos} - T_{neg}) + T_{neg} \quad (5)$$

Os parâmetros acima são: (FCneg) Último Fluxo de Caixa negativo obtido; (Tneg) Instante de tempo onde se obteve o último fluxo de caixa negativo; (FCpos) Primeiro Fluxo de Caixa positivo obtido e (Tpos) Instante de tempo onde se obteve o primeiro fluxo de caixa positivo.

O *Payback* descontado é calculado da mesma forma que a equação acima, porém considera as variações do dinheiro ao longo do tempo de acordo com o custo de capital da empresa.

O Valor Presente Líquido mostra se o projeto é viável, pois consiste em trazer para o presente todos os fluxos de caixa de um projeto de investimento, somando-o ao montante inicial. Podemos equacioná-lo da seguinte maneira:

$$VPL = \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n} - FC_0 \quad (6)$$

FC₀ seria o valor inicial investido. A taxa de desconto é representada pela letra “i”, e a letra “n” indica o ponto em que devemos parar de contabilizar os fluxos de caixa.

6. METODOLOGIA

Este trabalho científico se propõe a ser uma pesquisa de análise de viabilidade técnico-econômica de uma escola, que seria a Escola Estadual Leonilla Marinho localizada na zona centro-sul, Parque 10, Manaus, Amazonas, Brasil. O intuito principal é reduzir as faturas e além disso, utilizar uma energia renovável.

Primeiramente foi realizado uma visita à escola, com permissão da diretora, com isso foi elaborado a pesquisa das faturas de energia da unidade. Foram utilizadas as faturas de janeiro a dezembro de 2019, pois como a pandemia da COVID 19 ocorreu no início de 2020 no Brasil, os dados mais cabíveis para a pesquisa seriam do ano anterior.

Após isso, pode-se ter uma ideia de quanto a escola gasta de energia ao longo do ano escolar. Espera-se maior consumo nos meses de verão escolar e de aula, e menor consumo nos períodos de férias, como o meio do ano e o final do ano. Posteriormente foi realizado um levantamento de dados referentes a insolação e sombreamento.

Logo após, será feito um estudo sobre a implantação de sistemas fotovoltaicos em livros, materiais utilizados, cursos, normas regulamentadores, com o objetivo de adquirir conhecimento e experiência para a criação do projeto. Além disso, fazer uma revisão para fixar ainda mais os conhecimentos adquiridos no curso de engenharia elétrica. Também será estudada a melhor angulação das placas solares, tendo em vista que o prédio da escola tem 2 andares e assim seria obstruído no máximo por sombras de nuvens.

Terminado essa etapa de estudos, terá início a elaboração de um projeto solar fotovoltaico para atender a escola estadual Leonilla Marinho. Nesta etapa, serão dimensionados os painéis fotovoltaicos e o inversor. A planta da cobertura do projeto solar fotovoltaico será desenvolvida através da versão estudantil do *software PVsyst*. De posse de todos os dados do projeto será feito um levantamento dos valores dos componentes dimensionados para o projeto. Também será feito um estudo sobre a quantidade de energia que o sistema será capaz de fornecer.

Com todos esses valores, pode-se avaliar a viabilidade técnica-econômica do projeto. Será feita uma análise financeira através das seguintes técnicas: Valor Presente Líquido (VPL), *Payback* Descontado e Taxa Interna de Retorno (TIR). Além disso, será aplicado um financiamento ao projeto para verificar o valor final juntamente de um custo de manutenção.

O devido projeto tem como objetivo utilizar o sistema fotovoltaico On-Grid, ou seja, utilizar a rede da concessionária, será baseado no princípio de créditos, onde a geração de energia anual tem que ser maior que o consumo anual. Essa foi a opção mais adequada, tendo em vista que o fornecimento de energia tem acesso a rede e não tem necessidade de geração constante, como em um frigorífico de alimentos perecíveis.

Para o projeto atentou-se para coleta do consumo anual de energia elétrica no ano de 2019 da escola Escola Estadual Professora Leonilla Marinho, essa data é último período válido, por causa da pandemia do vírus sars cov 19, impossibilitando o uso das faturas mais recentes, pois os alunos participavam de aulas virtuais.

Além disso, atentou-se para busca da irradiação, parâmetro necessário para dimensionar a potência desse sistema, impacta tecnicamente e comercialmente a instalação do sistema fotovoltaico. O recurso solar em última instância será o determinante para que um sistema seja considerado viável.

No projeto da escola será relevante o uso da irradiação direta que é emitida na superfície sem ultrapassar obstáculo e a irradiação difusa que chega à placa por meio de algum espelhamento. Não serão considerados os albedos, que é refletida por ambientes adjacentes, pois o projeto será feito em cima dos telhados.

Também serão utilizados valores de perdas totalmente calculados pelo software PVsyst para fazer uma simulação completa. Existe uma quadra ao lado da escola, necessitando uma modelagem no próprio software, completando a tabela de perdas ao longo do ano.

7. REALIZAÇÃO DO PROJETO

Com intuito de projetar o sistema fotovoltaico na escola estadual professora Leonilla Marinho é necessário o cumprimento de etapas preliminares. Assim o sistema tende a ter uma melhor exatidão na produção de energia, fazendo com que a viabilidade financeira tenha mais sucesso.

7.1 SOFTWARES UTILIZADOS

Foram escolhidos *softwares* necessários para a coleta de dados, verificação da produção de energia e realização da análise de viabilidade técnico-financeira.

7.1.1 PVSYST

Para enriquecer a análise financeira da escola estadual professora Leonilla Marinho, a planta da geração distribuída foi modelada no software de simulação PVsyst. O programa ajuda no dimensionamento, utilizando seu amplo banco de dados que contém informações sobre muitos componentes fotovoltaicos. Nesse projeto, o PVsyst gera uma expectativa de produção de energia, gráficos e tabelas.

7.1.2 GOOGLE EARTH PRO

É um software que mostra o modelo 3d do globo terrestre. O objetivo de uso dele foi traçar a orientação dos telhados onde a usina foi instalada. Além disso, verificar sombreamentos adjacentes e fazer medições da planta da cobertura sem necessidade de calcular presencialmente, pois a própria SEDUC-secretaria de educação e desporto não disponibilizou todas as plantas.

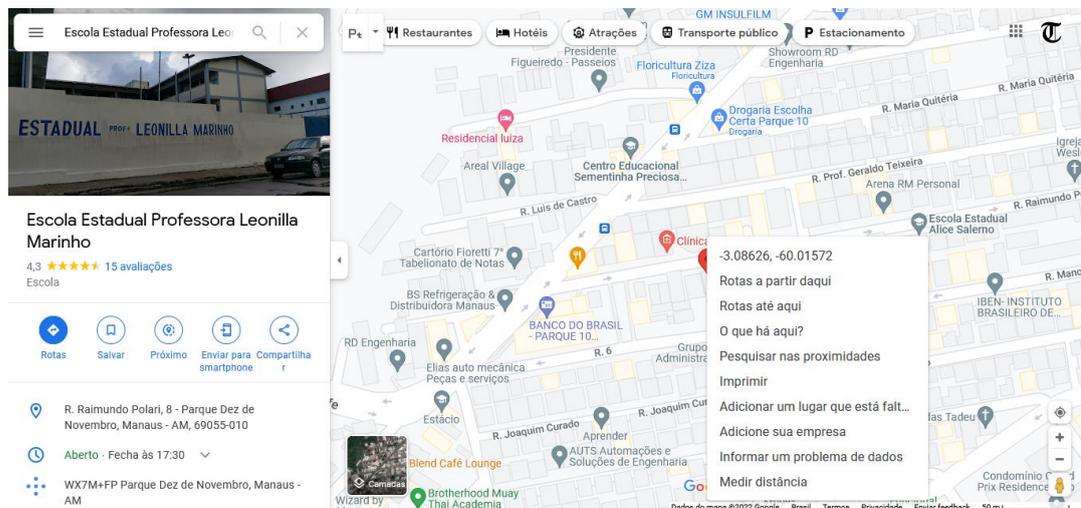
7.1.3 EXCEL

É um editor de planilhas. Neste projeto, o excel foi responsável por criar as fórmulas do valor presente líquido, *payback* descontado e taxa interna de retorno.

7.2 AVALIAÇÃO DO RECURSO SOLAR

Primeiramente foi realizada a busca da latitude e longitude da escola estadual professora Leonilla Marinho no site do google maps. Diante a coleta das coordenadas que são aproximadamente (-3.08626, -60.01572) e foi feita a busca de informações de irradiação no site da CRESESB.

Figura 11 – Coordenadas da Escola Estadual Professora Leonilla Marinho por meio do Software Google maps



Fonte: (GOOGLE MAPS, 2022)

Assim obteve-se as informações de irradiação solar média na escola estadual professora Leonilla Marinho. Conforme a figura 12 abaixo:

Figura 12 – Índices de irradiação solar na escola estadual Professora Leonilla Marinho

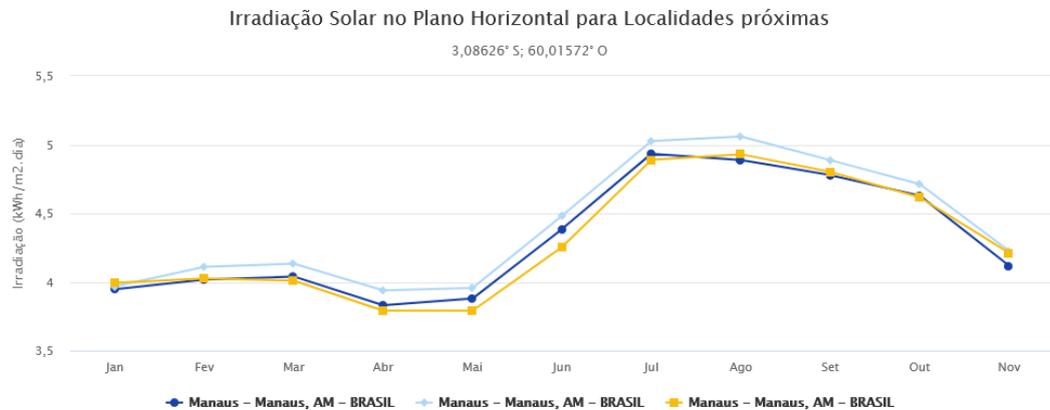
Localidades próximas

Latitude: 3,08626° S
Longitude: 60,01572° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]																	
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta	
✓	Manaus	Manaus	AM	BRASIL	3,101° S	60,049° O		4,0	3,95	4,02	4,04	3,83	3,88	4,39	4,43	4,93	4,89	4,78	4,63	4,12	4,32	1,10
✓	Manaus	Manaus	AM	BRASIL	3,101° S	59,949° O		7,6	3,97	4,11	4,13	3,94	3,96	4,48	4,49	5,03	5,06	4,89	4,71	4,23	4,42	1,12
✓	Manaus	Manaus	AM	BRASIL	3,001° S	60,049° O		10,2	4,00	4,03	4,01	3,79	3,79	4,25	4,29	4,89	4,93	4,80	4,62	4,21	4,30	1,14

Fonte: (CRESESB, 2022)

Figura 13 – Gráfico dos índices de irradiação solar na escola estadual Professora Leonilla Marinho



Fonte: (CRESESB, 2022)

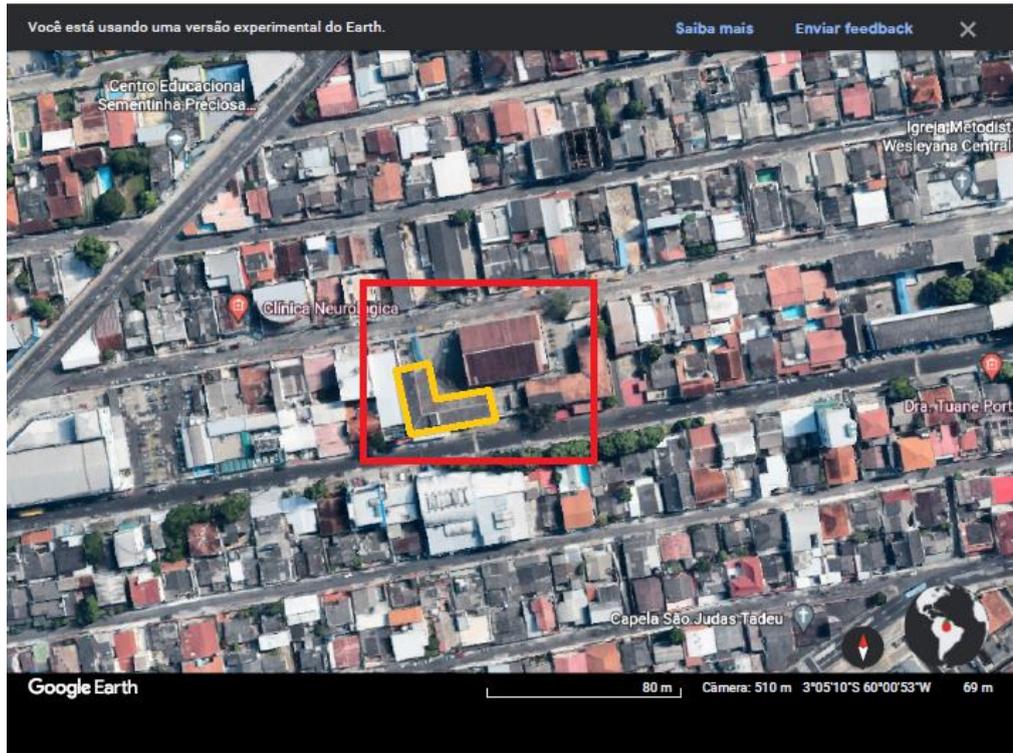
A figura 12 mostra que na escola Estadual Professora Leonilla Marinho a média de irradiação solar anual foi **4,32 kWh/m².dia**. Também chamada de Horas de sol pleno (HSP), será utilizada no dimensionamento do gerador fotovoltaico.

7.3 LOCALIZAÇÃO, POSIÇÃO DAS ÁGUAS E AZIMUTE

Foi utilizado o aplicativo Google Earth Pro para identificar as dimensões da escola estadual Leonilla Marinho, que está destacada em amarelo e a área em vermelho seria os arredores que possam afetar nossos painéis fotovoltaicos e ainda mostrar a localização no mapa para estabelecer a criação da modelagem no software PVsyst e assim criar uma simulação mais adequada para estimar os valores de geração da planta solar fotovoltaica 3d.

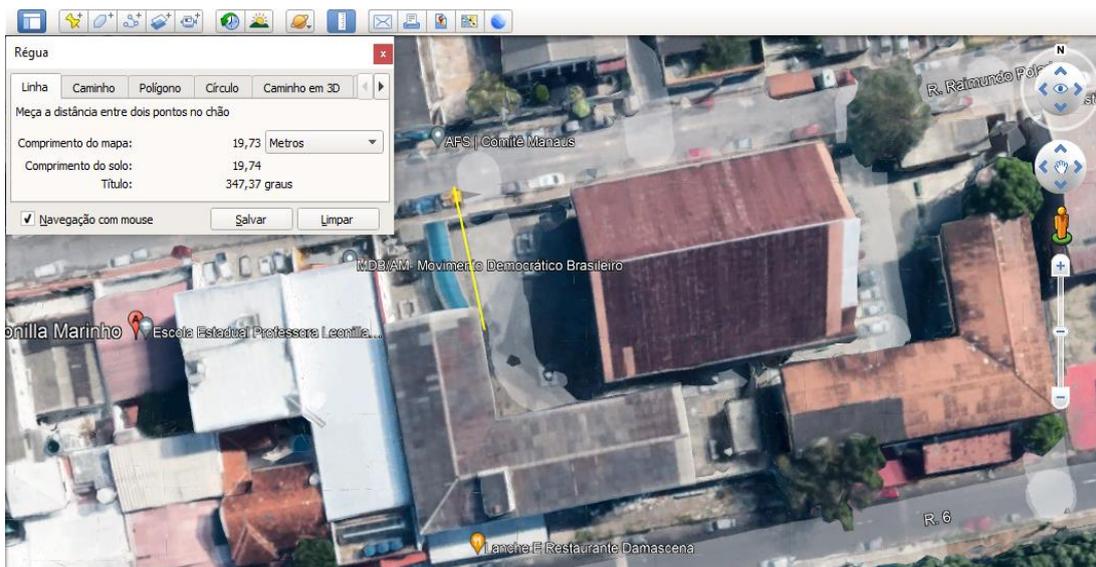
Foi realizada uma visita a escola estadual Professor Leonilla Marinho para verificar os melhores locais para instalações das placas fotovoltaicas e pontos de sombreamento. Além disso, buscou-se informações das angulações de cada zona em relação ao norte solar. No entanto, não foi obtido respostas satisfatórias para realização do projeto. Assim, foi utilizado o *google Earth pro* para descobrir as dimensões do local, inclinação e ângulo azimute para instalação das placas fotovoltaicas.

Figura 14 – Localização escola estadual Professora Leonilla Marinho

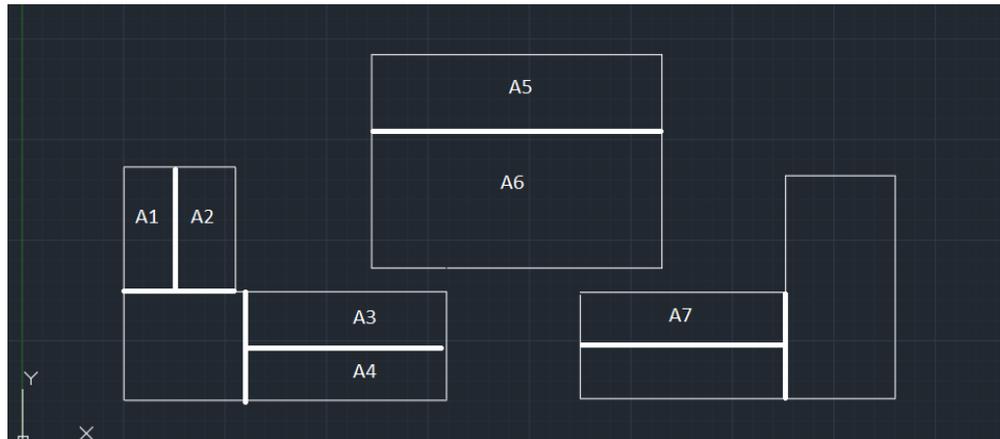


Fonte: (GOOGLE MAPS, 2022)

Figura 15 – Verificação do ângulo de azimute das águas do colégio

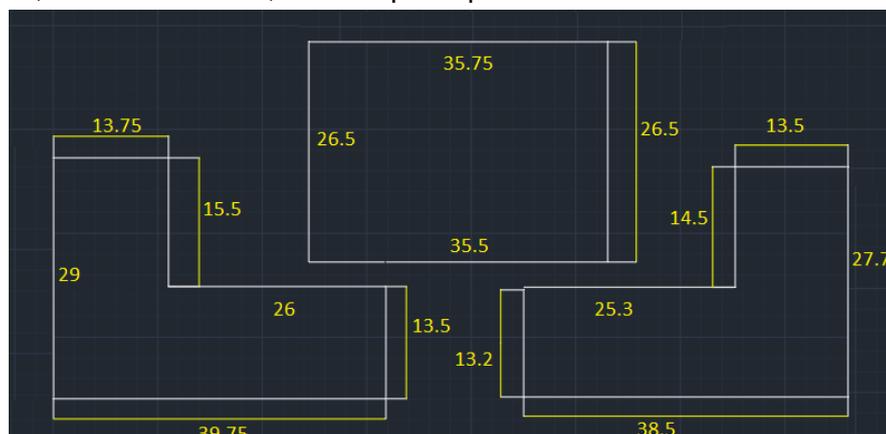


Fonte: (GOOGLE MAPS, 2022)

Figura 16 – Localização das águas do sistema fotovoltaico

Fonte: Próprio autor

Foram divididas 7 águas, em que no primeiro sistema fotovoltaico, com demanda máxima contratada de 113kW, utilizando as 6 primeiras e o segundo sistema, com objetivo de compensar o consumo fora ponta e o consumo ponta, utilizando todas as 7 águas. Na primeira água A1, $6,875 \times 14,5 \text{ m}^2$, temos uma inclinação de 15° e um azimute de -100° em relação ao norte, na segunda água A2, $6,875 \times 14,5 \text{ m}^2$, temos uma inclinação de 15° e um azimute de 80° em relação ao norte, na terceira água A3, $23,5 \times 6,75 \text{ m}^2$, temos uma inclinação de 15° e um azimute de -10° em relação ao norte, na quarta água A4, $23,5 \times 6,75 \text{ m}^2$, temos uma inclinação de 15° e um azimute de 170° em relação ao norte, na quinta água A5, $36,5 \times 11 \text{ m}^2$, temos uma inclinação de 35° e um azimute de -10° em relação ao norte, na sexta água A6, $36,5 \times 14,5 \text{ m}^2$, temos uma inclinação de 33° e um azimute de 170° em relação ao norte e por fim na última água A7, $25,3 \times 6,6 \text{ m}^2$, temos uma inclinação de 15° e um azimute de -10° em relação ao norte.

Figura 17 – Cotas em metros da esquerda para direita: Escola Estadual Professora, Leonilla Marinho, Quadra poliesportiva e Escola Estadual Alice Salerno

Fonte: Próprio autor

Após isso, para sistema fotovoltaico da escola Estadual professora Leonilla Marinho foi escolhida a configuração on-grid, pois é mais recomendável para áreas na cidade e utiliza o sistema de compensação de energia elétrica.

7.4 LEVANTAMENTO DE CARGA E CONSUMO ENERGÉTICO

Para fazer o dimensionamento fotovoltaico, foi necessário fazer uma solicitação ao colégio e conseguir a fatura disponibilizada pela concessionária amazonas energia. Para solicitar esse documento foi necessário entrar em contato com a secretaria de estado de educação e desporto – SEDUC, governo do estado do Amazonas. O meio de contato é através do acesso à informação online, no qual foi disponibilizado as faturas de energia do colégio em 2019 e foi possível acessar a planta da cobertura do telhado da escola estadual Alice Salerno, figura 19, que só será utilizado o telhado para colocar as placas fotovoltaicas.

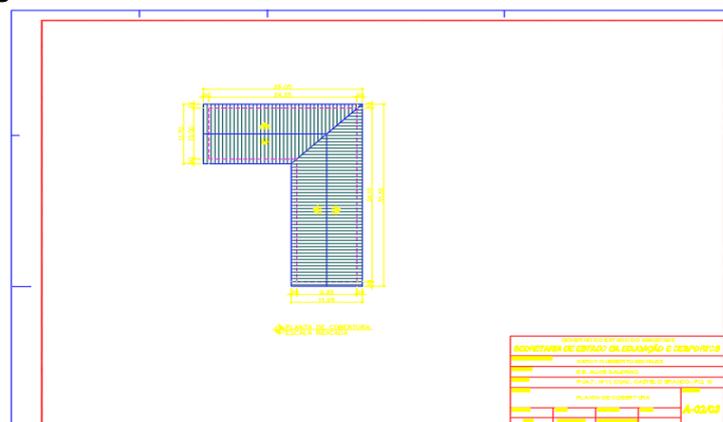
Figura 18 – Consulta de solicitações realizadas

Nº do Protocolo	Tipo de Solicitação	Data da Solicitação	Previsão de Resposta	Destino	Prorrogada?	Situação	Data de Resposta
417/2022	Inicial	05/04/2022	05/05/2022	SEDUC	Sim	Respondida	03/05/2022
767/2022	Inicial	01/08/2022	01/07/2022	SEDUC	Sim	Respondida	30/06/2022

2 registros encontrados.

Fonte: (SEDUC, 2022)

Figura 19 – Planta cobertura da escola estadual Alice Salerno



Fonte: (SEDUC, 2022)

A conta de energia da escola Estadual professora Leonilla Marinho é classificada nas diversas características:

- Tarifa Verde A4 –
- Tensão: 04 Média tensão – 2,3 a 25 KV
- Classe: 05 – Poder Público
- Subclasse: 02 – Poder Público Estadual
- Tipo de ligação: 03 – Trifásica

A escola faz parte da unidade consumidora do grupo A, ou seja, necessita de uma demanda de energia elétrica. Além disso, faz parte da estrutura sazonal verde que tem tarifa diferenciada de consumo de energia, de acordo com as horas de utilização do dia, assim como de uma única tarifa de demanda de potência.

Após isso, foi feita a média do consumo dos meses do ano de 2019.

Tabela 1 – Consumo energético da escola estadual professora Leonilla Marinho nos meses de 2019

Mês/ano	Consumo			
	Ponta(kWh)		F.Ponta(kWh)	
	Medido	Faturado	Medido	Faturado
jan/19	246	246	6724	6724
fev/19	246	246	16728	16728
mar/19	164	164	18696	18696
abr/19	246	246	14022	14022
mai/19	164	164	12710	12710
jun/19	246	246	18368	18368
jul/19	164	164	23862	23862
ago/19	492	492	23452	23452
set/19	410	410	22714	22714
out/19	246	246	23042	23042
nov/19	246	246	22222	22222
dez/19	164	164	11152	11152
Consumo	252,8333	252,8333	17807,67	17807,67

Fonte: Próprio Autor.

Além disso, foi verificada a tabela da demanda do colégio para observar sua utilização de energia em 2019.

Tabela 2 – Demanda da escola estadual professora leonilla marinho nos meses de 2019

Mês/ano	Demanda					
	Ponta(kW)			F.Ponta(kW)		
	Contratada	Medido	Faturado	Contratada	Medido	Faturado
jan/19	82	7	82	82	44	0
fev/19	82	6	98	82	98	0
mar/19	82	5	106	82	106	0
abr/19	82	7	106	82	106	0
mai/19	82	7	101	82	101	0
jun/19	113	4	113	113	98	0
jul/19	113	4	113	113	109	0
ago/19	113	51	113	113	108	0
set/19	113	17	117	113	117	0
out/19	113	8	113	113	113	0
nov/19	113	24	108	113	108	0
dez/19	113	13	115	113	115	0

Fonte: Próprio Autor.

Podemos perceber que a demanda contratada nos meses de fevereiro, março, abril e maio deveria ser aumentada. Nos demais meses quando a potência é de 113kW, ocorre poucas ultrapassagens, sendo mais coerente. Logo abaixo na figura 20, as tarifas de energia para o grupo A da bandeira verde.

Figura 20 – Tarifas de energia grupo A verde da concessionária Amazonas energia

AMAZONAS ENERGIA		Tarifas de Energia Elétrica do Grupo "A"			
		Resolução ANEEL: 2.967 de 26/10/2021			
		Vigência: 01/11/2021 a 31/10/2022			
BANDEIRA VERDE					
		Ponta	Fora Ponta	Desconto (%)	
A4	HORÁRIA VERDE Média Tensão 2,3 a 25 KV	Industrial / Comercial	Consumo kWh 2,747093 * 2,060320	0,601906 * 0,451430	-
			42,573333 * 31,930000		
A4	HORÁRIA VERDE Média Tensão 2,3 a 25 KV	Serviço Público	Consumo kWh 2,499854 * 1,936700	0,547735 * 0,424344	6
			38,741733 * 30,014200		
A4	HORÁRIA VERDE Média Tensão 2,3 a 25 KV	Poder Público	Consumo kWh 2,747093 * 2,060320	0,601906 * 0,451430	-
			42,573333 * 31,930000		
A4	HORÁRIA VERDE Média Tensão 2,3 a 25 KV	Rural	Consumo kWh 2,582267 * 1,977907	0,565792 * 0,433372	4
			40,018933 * 30,652800		
* tarifa sem tributos					
Valores das Bandeiras					
Para Bandeira Amarela acrescentar 18,74 R\$/MWh na tarifa sem tributo					
Para Bandeira Vermelha Patamar 1 acrescentar 39,71 R\$/MWh e na Vermelha Patamar 2 acrescentar 94,92 R\$/MWh na tarifa sem tributo					
Para Bandeira Escassez Hídrica acrescentar 142,00 R\$/MWh na tarifa sem tributo					
Tributos que compõem as tarifas:		PIS/PASEP: 0% ; COFINS 0% ; e ICMS: 25%			

Fonte: (AMAZONAS ENERGIA, 2021)

7.5 PROJETO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO ON GRID

Nessa etapa do projeto foi feito o dimensionamento dos equipamentos fotovoltaicos. Para o dimensionamento do gerador será utilizada a irradiação da figura x de $4,32kWh/m^2$. Serão atendidos dois casos para o consumo: 1º caso – demanda de 113kWp; 2º caso - compensar o consumo fora-ponta e o consumo ponta de energia.

Nos dois casos, os módulos utilizados serão o painel solar 545W Monocristalino Halfcell Canadian Solar - CS6W 545MS cujo o datasheet está no anexo B. Segue logo abaixo na tabela suas principais especificações.

Tabela 3 – Principais informações módulos CANADIAN SOLAR CS6W-545

Painel CANADIAN SOLAR CS6W-545	
Pmax	545 W
Vmp	41.5 V
Imp	13.14 V
Voc	49.4 V
Isc	13.95 A
Eficiência	21.3%

Fonte: Próprio Autor.

Para verificar o número de placas, inversor e etc. É necessário fazer a conversão do valor do horário ponta para o fora ponta. Lembrando que a energia no horário ponta é mais cara. Foi utilizado as tarifas de aplicação e base econômica do grupo A (Amazonas energia). Como o subgrupo A4 verde.

Tabela 4 – Tarifas de aplicação e base econômica para o grupo (Ame)

SUBGRUPO	MODALIDADE	ACESSANTE	POSTO	TARIFAS DE APLICAÇÃO			BASE ECONÔMICA		
				TUSD		TE	TUSD		TE
				R\$/kW	R\$/MWh	R\$/MWh	R\$/kW	R\$/MWh	R\$/MWh
A3 (69kV)	AZUL	NA	P	7,95	66,36	454,33	7,34	65,60	440,08
			FP	6,48	66,36	282,92	5,98	65,60	268,69
	AZUL APE	NA	P	7,95	31,71	0,00	7,34	30,76	0,00
			FP	6,48	31,71	0,00	5,98	30,76	0,00
	GERAÇÃO	NA	NA	9,16	0,00	0,00	9,18	0,00	0,00
A4 (2,3 a 25kV)	AZUL	NA	P	59,28	168,51	454,33	57,94	164,95	440,08
			FP	31,93	168,51	282,92	31,11	164,95	268,69
	AZUL APE	NA	P	59,28	126,69	0,00	57,94	122,57	0,00
			FP	31,93	126,69	0,00	31,11	122,57	0,00
	VERDE	NA	NA	31,93	0,00	0,00	31,11	0,00	0,00
			P	0,00	1.605,99	454,33	0,00	1.570,33	440,08
			FP	0,00	168,51	282,92	0,00	164,95	268,69
	VERDE APE	NA	NA	31,93	0,00	0,00	31,11	0,00	0,00
			P	0,00	1.564,17	0,00	0,00	1.527,95	0,00
			FP	0,00	126,69	0,00	0,00	122,57	0,00
	GERAÇÃO	NA	NA	22,66	0,00	0,00	22,73	0,00	0,00

Fonte: (AMAZONAS ENERGIA, 2022)

$$\text{Relação} \left(\frac{TP}{TFp} \right) = \frac{\text{TarifaPonta}}{\text{TarifaForaPonta}} = \frac{454,33}{282,92} = 1,606$$

$$\text{PotênciaTotal} = \text{Consumo médio FP} + \left(\text{Relação} \left(\frac{P}{Fp} \right) * \text{Consumo médio Ponta} \right) \quad (7)$$

$$\text{PotênciaTotal} = 17808 + 253 * 1,606$$

$$\text{Potência Total} = 18214,318 \text{ [kWh]}$$

$$\text{Potência SFV} = \frac{\text{ConsumoCompensável}}{\text{Perdas} * \text{Média irradiação solar} * \text{Número dias mês}} \quad (8)$$

$$\text{Potência SFV} = \frac{18214,318}{0,7 * 4,32 * 30}$$

$$\text{Potência SFV} = 200,775 \text{ kWp}$$

Após isso foi verificado o número de painéis fotovoltaicos:

$$\text{Número de painéis} = \frac{\text{Potência SFV}}{\text{Potência painel}} \quad (9)$$

$$\text{Número de painéis} = \frac{200775}{545}$$

$$\text{Número de painéis} = 369 \text{ painéis}$$

Agora calculando a potência total CC:

$$\text{Potência Total CC} = \text{Número de painéis} * \text{Potência painel}$$

$$\text{Potência Total CC} = 369 * 545$$

$$\text{Potência Total CC} = 201,105 \text{ kWp}$$

Após isso calculando a potência do inversor e utilizando um sobrecarregamento de 20%:

$$Pi = 201,105 \text{ kW} / 1,20$$

$$Pi = 167,587 \text{ kW}$$

Com isso será utilizado dois inversores comerciais comercial da Growatt MAX 100KTL3-X LV:

$$Pi = 100 \text{ kW}$$

Porém como a demanda contratada pela escola estadual professora Leonilla Marinho é de 113kW. Ou seja, nesse TCC será realizada a análise para os dois casos. Primeiramente para a demanda real contratada e caso ideal no qual a escola deverá solicitar um acréscimo de demanda para o dimensionamento compensar o consumo ponta e o consumo fora-ponta.

A potência total na condição na real seria equivalente a demanda contratada:

$$Potência\ Total\ CC\ real = 113kWp$$

Após isso calculando a potência do inversor e utilizando um sobrecarregamento de 20%:

$$P_i = 113kW / 1,20$$

$$P_i = 94,167\ kW$$

Com isso ao foi utilizado uma potência comercial da Growatt MAX 100KTL3-X LV:

$$P_i = 100kW$$

Após isso foi verificado o número de painéis fotovoltaicos:

$$Número\ de\ painéis = \frac{Potência\ SFV}{Potência\ painel}$$

$$Número\ de\ painéis = \frac{113000}{545}$$

$$Número\ de\ painéis = 208\ painéis$$

Outro aspecto importante é verificar o máximo e o número mínimo e de placas Canadian Solar - CS6W 545MS que podem ser ligadas em série em cada MPPT do inversor.

O inversor Growatt MAX 100KTL3-X LV tem uma faixa de tensão MPPT, *Maximum Power Point Tracking* (Rastreamento do Ponto de Máxima Potência), entre 180V e 1000V.

O próximo passo é achar tensão de circuito aberto mínima da placa solar Canadian Solar - CS6W 545MS:

$$Voc_{tmin} = Voc(1 + [coeficiente_temp_Voc \times temp_mínima \ 2022]) \quad (10)$$

$$Voc_{tmin} = 49,4(1 + [-0,26\% \times 22^{\circ}C])$$

$$Voc_{tmin} = 46,57 \text{ V}$$

Assim:

O número mínimo de placas que podem ser conectadas em série em único

MPPT é:

$$Placas_{min} = \frac{Vi_{mpptmin}}{Voc_{tmin}} = \frac{180}{46,57} = 4 \text{ módulos}$$

O número máximo de placas que podem ser conectadas em série em único

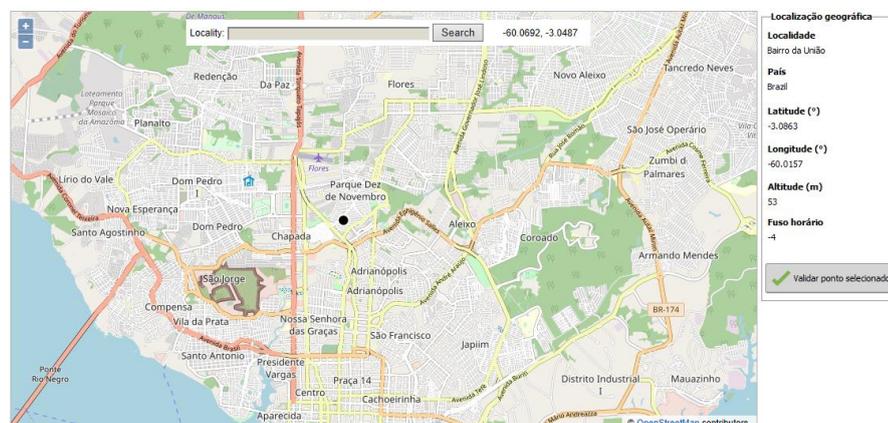
MPPT é:

$$Placas_{max} = \frac{Vi_{mpptmax}}{Voc_{tmin}} = \frac{1000}{46,57} = 21 \text{ módulos}$$

7.6 DIMENSIONAMENTO PELO SOFTWARE PVSYST

O software PVsyst não vem com todas as bases de dados meteorológicas de todos os locais e regiões pelo mundo. Primeiramente é acessada a aba base de dados > localizações geográficas > novo. Assim é necessário fazer a importação manual da latitude, longitude, altitude, fuso horário, irradiação total, temperatura e velocidade do vento.

Figura 21 – Localização geográfica pelo PVsyst



Fonte: (PVSYST, 2022)

A irradiação total é encontrada no site da CRESESB e pesquisado o plano horizontal a partir das coordenadas da escola Estadual professora Leonilla Marinho.

Figura 22 – Irradiação plano horizontal

Cálculo no Plano Inclinado

Estação: Manaus
Município: Manaus , AM - BRASIL
Latitude: 3,101° S
Longitude: 60,049° O
Distância do ponto de ref. (3,08626° S; 60,01572° O): 4,0 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	3,95	4,02	4,04	3,83	3,88	4,39	4,43	4,93	4,89	4,78	4,63	4,12	4,32	1,10
<input type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	3° N	3,89	3,98	4,03	3,86	3,94	4,49	4,52	5,00	4,90	4,74	4,56	4,05	4,33	1,14
<input type="checkbox"/>	Maior média anual	4° N	3,87	3,97	4,03	3,87	3,96	4,52	4,55	5,02	4,90	4,73	4,53	4,02	4,33	1,16
<input type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	4° N	3,87	3,97	4,03	3,87	3,96	4,52	4,55	5,02	4,90	4,73	4,53	4,02	4,33	1,16

Irradiação Solar no Plano Inclinado –Manaus–Manaus, AM–BRASIL



Fonte: (CRESESB, 2022)

Os dados de temperatura foram encontrados no INMET - Instituto Nacional de Meteorologia e acessados a partir de clima > normas climatológicas > downloads > período 1991 -2020 > Temperatura Média Compensado Mensal e Anual (°C). A velocidade do vento pode ser encontrada a partir das coordenadas da escola estadual Professora Leonilla Marinho na aba potencial eólico.

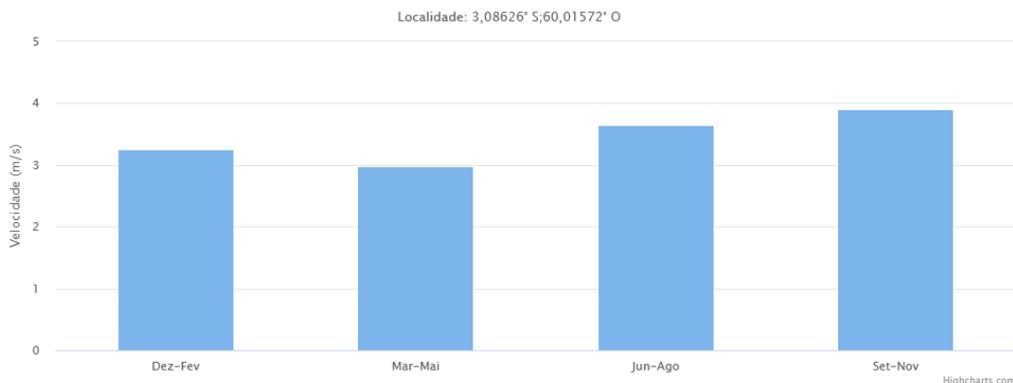
Figura 23 – Velocidade média sazonal do vento

Dados de Vento

Latitude:3,08626° S
Longitude:60,01572° O

Atlas do Potencial Eólico Brasileiro		Dados de vento a 50 m de Altura				
Grandeza	Unidade	Dez-Fev	Mar-Mai	Jun-Ago	Set-Nov	Anual
velocidade média do vento	m/s	3,26	2,98	3,64	3,9	3,45
fator c		3,67	3,36	4,1	4,39	3,88
fator k		1,82	1,97	1,87	1,82	1,85
densidade de potência	W/m2	45	31	61	77	54

Velocidade Média Sazonal de Vento a 50 m de Altura [m/s]



Fonte: (CRESESB, 2022)

Figura 24 – Metereologia mensal

Localização: **Escola Leonilla (Brasil)**
 Fonte dos dados: **CRESESB**

	Irradiação horizontal total kWh/m ² /dia	Temperatura °C	Velocidade do vento m/s
Janeiro	3,95	26.6	3.26
Fevereiro	4,02	26.6	3.26
Março	4,04	26.6	2.98
Abril	3,83	26.7	2.98
Mai	3,88	27.0	2.98
Junho	4,39	27.3	3.64
Julho	4,43	27.5	3.64
Agosto	4,93	28.2	3.64
Setembro	4,89	28.6	3.90
Outubro	4,78	28.5	3.90
Novembro	4,63	28.0	3.90
Dezembro	4,12	27.2	3.26
Ano	4.33	27.4	3.4

Unidades de irradiação:
 kWh/m²/dia
 kWh/m²/mês
 MJ/m²/dia
 MJ/m²/mês
 W/m²
 Índice de limpidez Kt

Fonte: (PVSYST, 2022)

O painel solar 545W Monocristalino Halfcell Canadian Solar - CS6W 545MS, não estava cadastrado no banco de dados do software PVsyst. Assim foi-se necessário fazer o preenchimento manual das informações do datasheet deste. Primeiramente é acessada a base de dados > Módulos FV > novo. Logo é preenchido todos os dados fornecidos pelo datasheet da placa solar.

Figura 25 – Preenchimento dados do CS6W 545MS PVsyst

Definição de um módulo FV

Dados de base | Dimensões e tecnologia | Parâmetros modelo | Dados adicionais | Comercial | Gráficos

Modelo: **Hiku6 CS6W-545** Fabricante: **Canadian Solar**
 Nome ficheiro: **Canadian_CS6W-545.PAN** Fonte dados: **User 2022**
 Parâmetros definidos pelo utilizador Prod. desde 2020

Potência nom. (em STC): **545.0** Wp Tol. +/- **0.0** **1.8** %
 Tecnologia: **Si-mono**

Especificações do fabricante ou outras medidas

Condições de referência	GRef	1000 W/m ²	TRef	25 °C
Corrente de curto-circuito	Isc	13.950 A	Circuito aberto Vco	49.40 V
Ponto de potência máx.	Imp	13.140 A	Vmpp	41.50 V
Coefficiente de temperatura	muIsc	7.0 mA/°C	N.º células	72 x 2
	ou muIsc	0.050 %/°C		

Resumo do modelo

Parâmetros principais

R paral.	500 Ω
Rparal(G=0)	2000 Ω
R série model	0.19 Ω
R série máx.	0.20 Ω
R série aparente	0.32 Ω

Parâmetros modelo

Gama	0.984
IoRef	0.02 nA
µVco	-141 mV/°C
muPMax fixo	-0.34 /°C

Resultados do modelo interno

Condições de funcionamento	GOper	1000 W/m ²	TOper	25 °C
Ponto de potência máx.	Pmp	545.6 W	Coeff. de temperatura	-0.33 %/°C
Corrente	Imp	13.27 A	Tensão Vmpp	41.1 V
Corrente de curto-circuito	Isc	13.95 A	Circuito aberto Vco	49.4 V
Eficiência	/ Superf. células	30.83 %	/ Superf. módulo	21.28 %

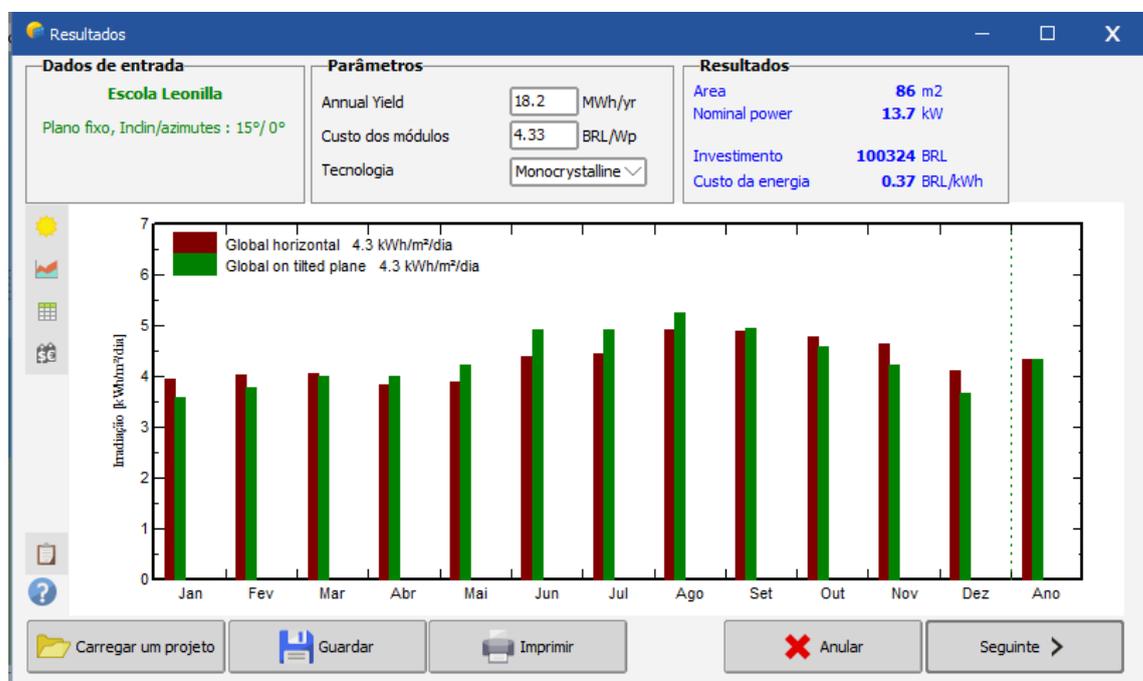
Mostrar otimização | Copiar para a tabela | Imprimir | Anular | OK

Fonte: (PVSYST, 2022)

No caso do inversor da Growatt MAX 100KTL3-X LV não foi necessário fazer a importação manual, pois o mesmo já fazia parte do banco de dados do PVsyst.

No software PVsyst existe uma ferramenta chamada pré-dimensionamento que tem como objetivo fazer uma introdução breve do sistema de acordo com o rendimento anual de 18,2 MWh/ano. Foi considerado uma inclinação de 15° e um azimute de 0°, tipo de módulo standard, tecnologia de células monocristalinas, disposição de suporte no telhado e propriedades de ventilação integradas parcialmente.

Figura 26 – Pré-dimensionamento Escola Estadual Professora Leonilla Marinho



Fonte: (PVSYST, 2022)

Assim foi-se necessário realizar a orientação das duas situações do sistema fotovoltaicos MPPT's desbalanceados com 6 orientações diferentes. Para iniciar esses tópicos é importante analisar o inversor Growatt MAX 100KTL3-X LV e os módulos fotovoltaicos canadian HiKu6 Mono PERC CS6W-545.

Foram estabelecidos o número de módulos para suprir a energia necessária e assim cumprir o dimensionamento de energia. Como visto anteriormente, a demanda da Escola Estadual Professora Leonilla Marinho tem uma demanda fixa

de 113kW, não podendo ultrapassar pois ocorreria a cobrança de multa por excesso, no qual a tarifa aplicada será a de 2 vezes a demanda ultrapassada.

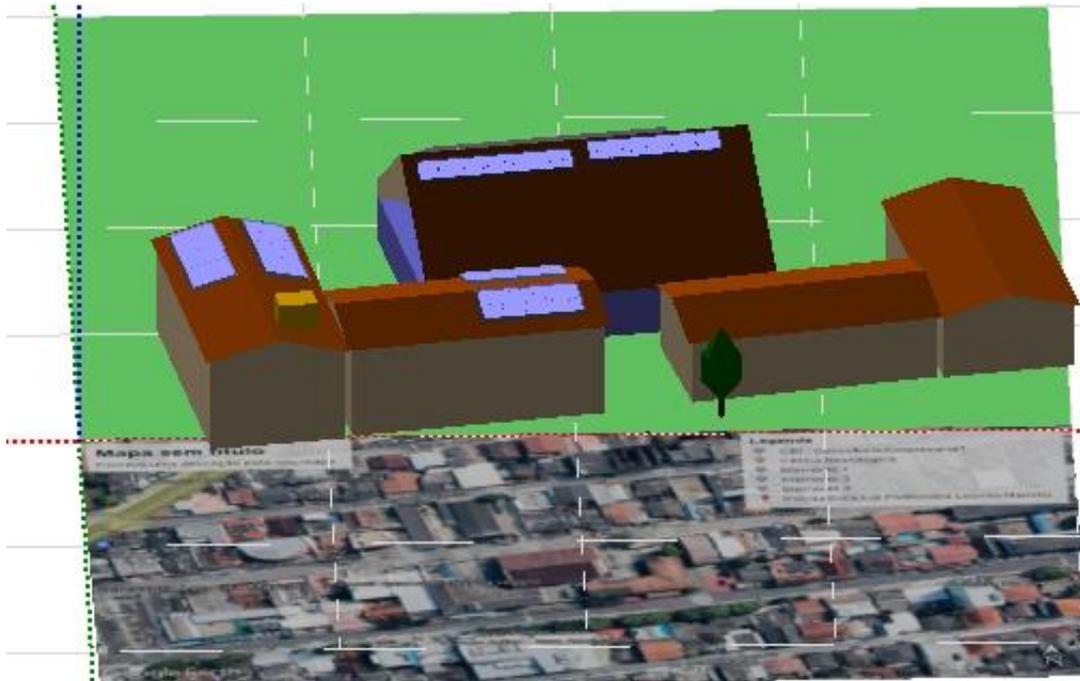
Deste modo foram realizadas as divisões das águas do sistema fotovoltaico e verificado o total do potencial energético do mesmo.

Para inserir as perdas detalhadas é acessada a aba parâmetros térmicos, os valores padrões de acordo com a montagem são do tipo semi-integrado com conduta de ar, pois há uma passagem de ar entre os módulos e o telhado. Na parte de perdas ôhmicas não foi detalhado o comprimento dos cabos, as perdas foram definidas em 1.5%. Na parte de qualidade dos módulos - LID – Mismatch é pré-definido novamente. Nas perdas por sujidade é utilizado o fator de 3%. Nas perdas IAM que seria a incidência da luz no vidro do módulo fotovoltaico. Perdas por indisponibilidade seria as paradas obrigatórias da rede de energia elétrica.

Para realizar um dimensionamento mais realista, foi-se necessário usar fazer a construção do cenário de sombras. Através do software google Earth pro foi feito um cenário de fundo. A imagem do colégio é orientada para direção norte, com intuito de facilitar a exportar desta no software PVsyst.

No caso real para suprir a energia necessária serão utilizados 208 painéis fotovoltaicos 545W Monocristalino Halfcell Canadian Solar - CS6W 545MS na parte superior da Escola Estadual Professora Leonilla Marinho foram utilizadas um total de 4 águas. Nas 2 primeiras águas, os painéis serão organizados 21 painéis em série na vertical e em cada água. Nas 2 águas seguintes, os painéis serão organizados 18 painéis em série na vertical e em cada água. Na parte superior da quadra do colégio foram utilizados um total de 2 águas. Na primeira água, os painéis serão organizados na horizontal, no qual utilizaremos 5 MPPTs em que cada um deles serão separados em 21 painéis em série. Na segunda água, os painéis serão organizados na horizontal, no qual utilizaremos 2 MPPTs em que em um deles serão ligados em série 12 painéis e no outro serão ligados em série 13 painéis.

Figura 27 – Modelagem caso realista para demanda de 113kW



Fonte: (PVSYST, 2022)

Na tabela abaixo temos o GlobHor = Irradiação horizontal total; DiffHor = Irradiação difusa horizontal; T_Amb = Temperatura ambiente; GlobInc = Incidência global no plano dos sensores; GlobEff = Global efetivo, corrigido para IAM e sombras; Earray = Energia efetiva a saída do grupo; E_Grid = Energia injetada na rede e PR = Índice de performance.

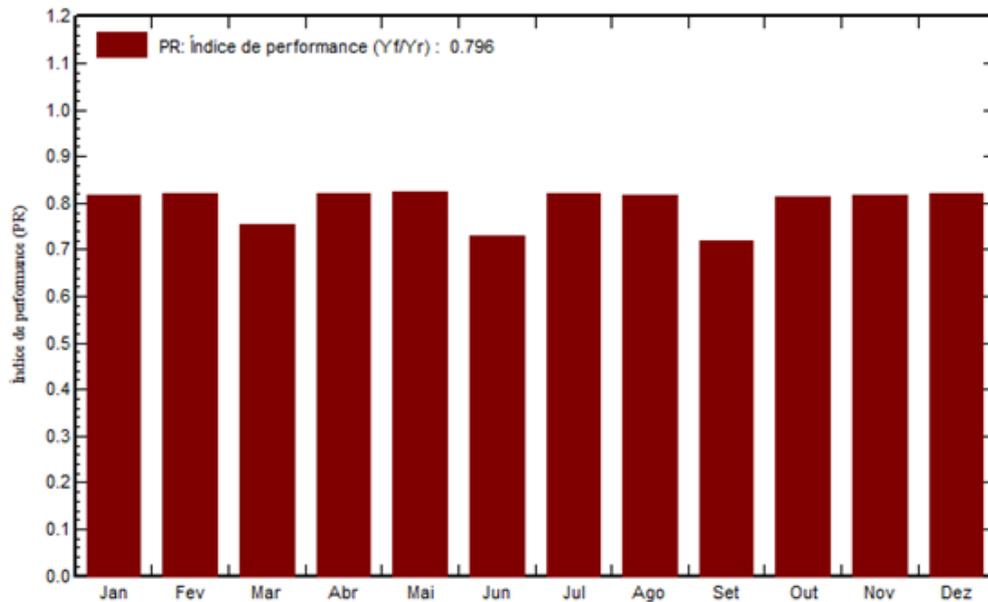
Tabela 5 – Caso real – balanço e resultados principais

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	rácio
Janeiro	122.5	69.11	26.60	105.9	98.9	9977	9800	0.817
Fevereiro	112.6	70.03	26.60	100.2	93.8	9491	9328	0.821
Março	125.2	68.45	26.60	115.5	108.7	10893	9857	0.753
Abril	114.9	65.43	26.70	109.2	103.0	10331	10149	0.820
Mai	120.3	71.54	27.00	117.2	110.5	11116	10926	0.823
Junho	131.7	65.41	27.30	131.2	124.1	12422	10873	0.731
Julho	137.3	68.61	27.50	136.7	129.2	12924	12715	0.820
Agosto	152.8	78.54	28.20	148.1	139.9	13944	13729	0.818
Setembro	146.7	75.14	28.60	136.2	128.4	12752	11086	0.718
Outubro	148.2	79.05	28.50	132.3	124.5	12402	12203	0.814
Novembro	138.9	78.49	28.00	121.2	113.5	11397	11214	0.816
Dezembro	127.7	78.70	27.20	110.9	103.4	10470	10291	0.819
Ano	1578.8	868.49	27.40	1464.5	1378.0	138120	132171	0.796

Fonte: (PVSYST, 2022)

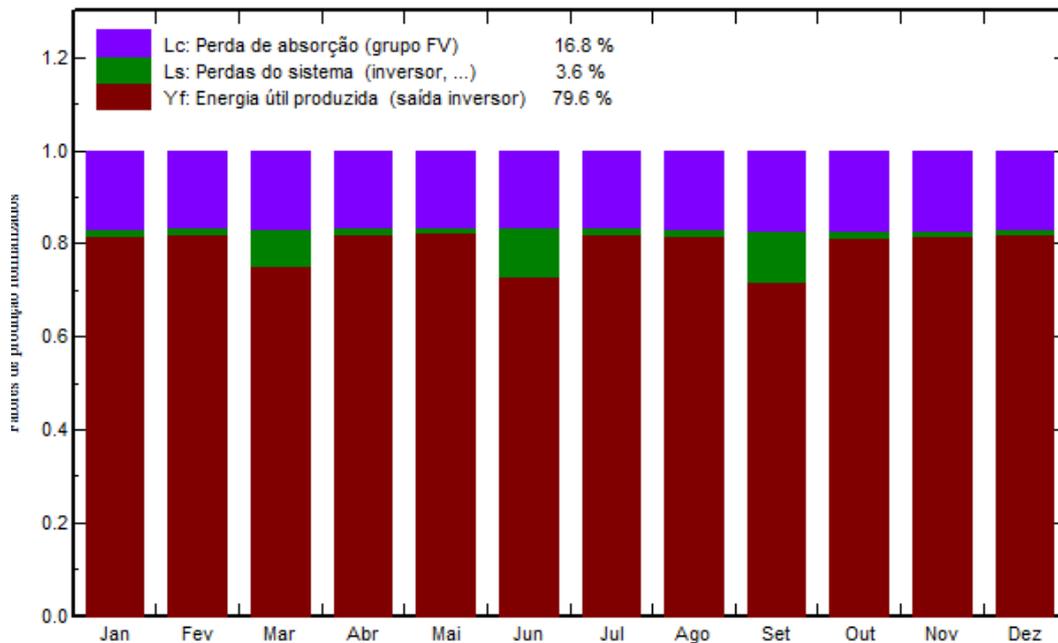
Além disso, foi possível encontrar dados de índice de performance, performance ratio, que avalia a geração real de um projeto solar fotovoltaico em relação a sua máxima geração teórica possível, fatores de produção e perdas normalizados, diagrama de perdas.

Figura 28 – Índice de performance (PR)



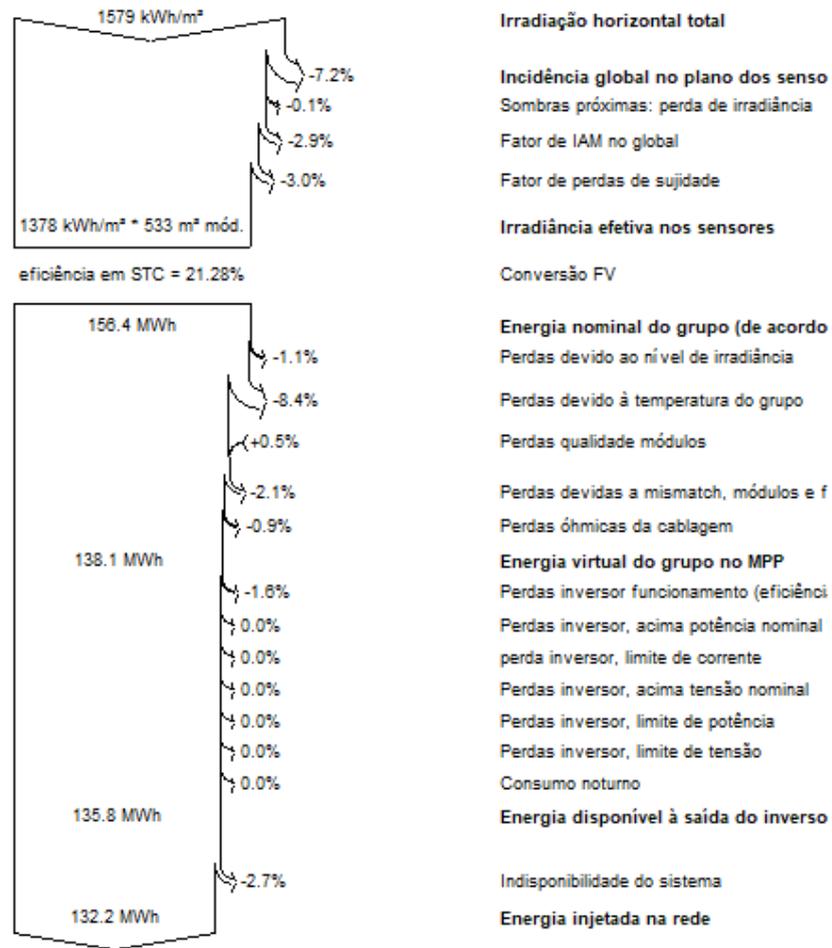
Fonte: (PVSYST, 2022)

Figura 29 – Fatores de produção e de perdas normalizados: Potência nominal de 113kWp



Fonte: (PVSYST, 2022)

Figura 30 – Diagrama de perdas por “Potência nominal de 113kWp” – ano



Fonte: (PVSYST, 2022)

Figura 31 – Sinopse dos resultados “Potência nominal de 113kWp” – ano

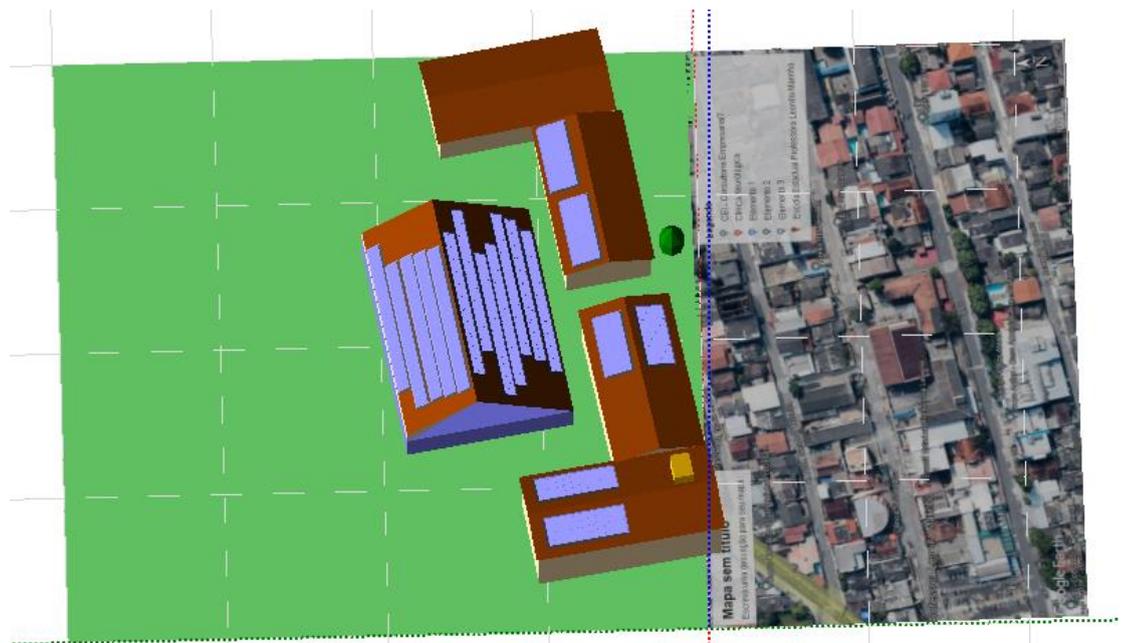
Sinopse dos resultados	
Tipo de sistema	Fiadas num edifício
Produção do sistema	132 MWh/ano
Produção específica	1166 kWh/kWp/ano
Índice de performance	0.796
Produção normalizada	3.19 kWh/kWp/dia
Perdas do grupo	0.67 kWh/kWp/dia
Perdas do sistema	0.14 kWh/kWp/dia

Fonte: (PVSYST, 2022)

Após a simulação com sombras próximas, foi possível pegar valores necessários para fazer a análise de viabilidade econômica. **A produção do sistema = 132 MWh/ano**; produção específica = 1166 kWh/ kWp /ano; índice de performance = 0,796; produção normalizada = 3,19 kWh/ kWp / dia; perdas do grupo = 0,67 kWh/ kWp / dia; perdas do sistema = 0,14 kWh/ kWp / dia.

No caso ideal para suprir a energia necessária serão utilizados 369 painéis fotovoltaicos 545W Monocristalino Halfcell Canadian Solar - CS6W 545MS na parte superior da Escola Estadual Professora Leonilla Marinho foram utilizadas um total de 4 águas. Nas 2 primeiras águas, os painéis serão organizados 21 painéis em série na vertical e em cada água. Nas 2 águas seguintes, os painéis serão organizados 18 painéis em série na vertical e em cada água. Na parte superior da quadra do colégio foram utilizados um total de 2 águas. Na primeira água, os painéis serão organizados na horizontal, no qual utilizaremos 5 MPPTs em que cada um deles serão separados em 21 painéis em série. Na segunda água, os painéis serão organizados na horizontal, no qual utilizaremos 7 MPPTs com 21 painéis em cada. Ainda precisando de mais placas para suprir a necessidade energética, foi utilizada mais uma água com 2 MPPTs, com 20 painéis em um e 17 em outro painel, na escola estadual Alice Salerno.

Figura 32 – Modelagem caso ideal para demanda de 200,775 kW



Fonte: (PVSYST, 2022)

Figura 33 – Sinopse dos resultados “Potência nominal de 200,775kWp” – ano

Sinopse dos resultados	
Tipo de sistema	Fiadas num edifício
Produção do sistema	228 MWh/ano
Produção específica	1140 kWh/kWp/ano
Índice de performance	0.790
Produção normalizada	3.12 kWh/kWp/dia
Perdas do grupo	0.70 kWh/kWp/dia
Perdas do sistema	0.13 kWh/kWp/dia

Fonte: (PVSYST, 2022)

Após a simulação com sombras próximas, foi possível pegar valores necessários para fazer a análise de viabilidade econômica. **A produção do sistema = 228 MWh/ano**; produção específica = 1140 kWh/ kWp /ano; índice de performance = 0,790; produção normalizada = 3,12 kWh/ kWp / dia; perdas do grupo = 0,70 kWh/ kWp / dia; perdas do sistema = 0,13 kWh/ kWp / dia.

8. REALIZAÇÃO DA PARTE ECONÔMICA DO PROJETO

A parte econômica é essencial para demonstrar a relevância do mesmo para empresas ou para o governo. Neste trabalho atentou-se para tópicos de manutenção, investimento financeiro e resultados obtidos.

8.1 MANUTENÇÃO

Apesar de gerar economia e maior sustentabilidade é necessário arcar com custos futuros. Após fazer a instalação do sistema de energia solar fotovoltaica conectada à rede, é necessário fazer a manutenção ao longo dos anos posteriores a implantação desse projeto para garantir um bom funcionamento da estrutura. Surpreendentemente essa prevenção tem um custo reduzido em relação ao custo total da geração distribuída da escola estadual professora Leonilla Marinho.

A manutenção tem como principal objetivo manter o desempenho durante a vida útil do conjunto fotovoltaico. Normalmente são feitos três tipos de manutenção:

- **Manutenção preventiva:** Esse tipo consiste em limpar os painéis fotovoltaicos com uma esponja de cerdas macias ou pano juntamente de uma água e sem nenhum agente químico. Jamais deve-se fazer a limpeza a seco pois pode resultar em arranhões nas superfícies dos painéis. As chuvas tem um papel fundamental neste tipo cuidado, porém não consegue inibir os dejetos de pássaros e alguns tipos de fuligens. A sujeira acumulada pode reduzir até 30% da geração. É aconselhável fazer 2 vezes ao ano.

Figura 34 – Manutenção preventiva



Fonte: Wise energia inteligente

- **Manutenção preditiva:** Este tipo consiste em antever problemas no sistema fotovoltaico, ou seja, fazer um acompanhamento deste. Examinar os módulos inversores também é necessário. Geralmente é feita uma verificação de futuros arranhões, rachaduras e quebra das placas solares. Além disso, é verificado o desempenho do gerador e picos de potência dependendo das condições climáticas.

Figura 35 – Manutenção preditiva



Fonte: brxsolar

- **Manutenção corretiva:** Este tipo consiste numa etapa posterior as duas anteriores. Se aquelas não resolverem os problemas de desempenho do sistema de energia solar fotovoltaica on-grid. Assim é necessário acionar uma equipe técnica que possa averiguar o mesmo e com sua competência, identificar os erros e restaurar o projeto. As principais ações da mesma consistem em avaliar o estado do inversor, limpeza do inverso e verificação dos dados deste. Geralmente feita pela empresa que fez a instalação deste sistema.

Figura 36 – Corretiva



Fonte: Central solar

É aconselhável proceder com essas revisões corretivas em um período de 2 anos após a última limpeza ou instalação do projeto fotovoltaico. Se por acaso a localização do mesmo for perto de árvores, presença de insetos, poeira, poluição ou tenha uma alta frequência de aves é possível fazer em tempo mais curto, dependendo da necessidade.

É necessário estar atento a esses tipos de manutenção para poder manter a geração distribuída funcionando corretamente. Ademais, não é aconselhado as pessoas sem instrução ou experiência prévia, abrir, revirar e alterar o projeto, para não causar danos ao aparelho ou placas fotovoltaicas.

Ainda que os módulos fotovoltaicos sejam diferentes como policristalino ou monocristalino, fazer este tipo de prevenção anualmente evita prejuízos e riscos maiores ao sistema. O custo dessa conservação fica em média 0,5% ao ano do capital inicial do sistema. Isso garante uma longevidade ao grupamento fotovoltaico.

A inclinação ideal das placas é de um ângulo de 10° graus para o escoamento da água da chuva e resultando na limpeza delas de maneira adequada.

É interessante treinar um funcionário para fazer a manutenção no Escola Estadual Professora Leonilla Marinho pois as placas seriam localizadas em prédio com térreo e o 1° andar. Provavelmente a manutenção preventiva ocorrerá 2 vezes anualmente pois os de acordo fatores que alteram o tempo de limpeza, somente as

fezes de pombos, que moram nos arredores da quadra, afetarão o projeto. A preditiva poderá ser feita uma vez ao ano.

8.2 INVESTIMENTOS REALIZADOS

Para efeito de cálculo do custo dos equipamentos necessários que integram o sistema fotovoltaico conectado à rede da escola estadual Professora Leonilla Marinho, dimensionado anteriormente, baseou-se no menor valor de vendas de lojas e sites brasileiros. Cabe salientar que estes valores, não servem de base para outros trabalhos, devido a variação do preço dos componentes.

No caso para potencia de 113kW, foram utilizados os preços dos painéis fotovoltaicos, inversor, equipamentos auxiliares, que não foram dimensionados por falta de informações, porém seu preço é irrisório em relação ao total investido. Além disso, é necessário fazer um aumento de demanda nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Abril e Maio. A demanda contratada passaria de 82 kW para 113kW, ficando equivalente ao restante dos meses e para suprir o potencial energético gerado pelo sistema fotovoltaico real. Outro caso seria a troca do inversor no ano 15, foi estimado que seu valor seria 20% do valor atual.

Tabela 6 – Tabela de investimentos necessários para o sistema de 113 kW

Equipamento/ Modelo	Quant.	Preço unit. (R\$)	Frete(R\$)	Preço total(R\$)
Painel Solar Canadian CS6W-545	208	R\$ 1.262,55	R\$ 10.000,00	R\$ 272.610,40
Inversor Growatt MAX 100KTL3-X LV	1	R\$ 56.785,90	R\$ 200,00	R\$ 56.985,90
Equipamentos auxiliares	1	R\$ 3.000,00	R\$ 80,00	R\$ 3.080,00
Mão de obra	1	R\$ 40.000,00		R\$ 40.000,00
Projeto Elétrico + ART	1	R\$ 3.000,00		R\$ 3.000,00
CUSTO TOTAL				R\$ 375.676,30

Fonte: Próprio Autor.

Para o sistema em análise, a concessionária que fornece energia a Escola Estadual Leonilla Marinho comercializa para o grupo A4 de bandeira verde e poder público um consumo fora ponta de R\$ 0,6019 para cada kWh e uma

demanda de R\$ 42,573 para cada kW. Considerando que as tarifas de energia são reajustadas periodicamente pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), seguindo os índices do índices gerais de preços do mercado e índices do preço do consumidor amplo, foi admitido um reajuste de 4,8% a.a. Será considerado também perdas de produção 0,8% a.a. Além disso, foi atribuído no valor custo de manutenção como 0,5% a.a do investimento inicial e seguro do projeto com 1 % a.a do investimento inicial.

Tabela 7 – Tabela de índices necessários para o sistema de 113 kW

Perda de produção	0,80%
Tarifa de energia consumo	0,601906
Reajuste de tarifa	4,80%
Caso real(kWh/ano)	132000
Custo de Manutenção ao ano (Investimento inicial)	0,50%
Tarifa de energia consumo	42,573333
Seguro do projeto ao ano (Investimento inicial)	1%
Ano de troca do inversor	15
Estimativa Custo % do Inversor no Sistema	20%
Estimativa do Custo % do Inversor no sistema no ano troca	R\$ 45.428,72

Fonte: Próprio Autor.

No caso para potência de 200,775 kW, foram utilizados os preços dos painéis fotovoltaicos, inversor, equipamentos auxiliares, que não foram dimensionados por falta de informações, porém seu preço é irrisório em relação ao total investido. Além disso, é necessário fazer um aumento de demanda em todos os meses. A demanda contratada de Janeiro até passaria de 82 kW para 200,775 kW e nos meses restantes 113 kW para 200,775. Além disso, é necessário solicitar da concessionária Amazonas energia um aumento de de manda para 200,775 kW que foi estimado em um valor R\$ 50.000,00. Outro caso seria a troca dos 2 inversores no ano 15, foi estimado que seu valor seria 20% do valor atual.

Tabela 8 – Tabela de investimentos necessários para o sistema de 200,77 kW

Equipamento/ Modelo	Quant.	Preço unit. (R\$)	Frete(R\$)	Preço total(R\$)
Painel Solar Canadian CS6W-545	369	R\$ 1.262,55	R\$ 10.000,00	R\$ 475.880,95
Inversor Growatt MAX 100KTL3-X LV	2	R\$ 56.785,90	R\$ 200,00	R\$ 113.771,80
Aumento de demanda	1	R\$ 50.000,00	R\$ -	R\$ 50.000,00
Equipamentos auxiliares	1	R\$ 3.000,00	R\$ 80,00	R\$ 3.080,00
Mão de obra	1	R\$ 45.000,00	R\$ -	R\$ 45.000,00
Projeto Elétrico + ART	1	R\$ 3.000,00	R\$ -	R\$ 3.000,00
CUSTO TOTAL				R\$ 690.732,75

Fonte: Próprio Autor.

Tabela 9 – Tabela de índices necessários para o sistema de 200,775 kW

Perda de produção	0,80%
Tarifa de energia consumo	0,601906
Reajuste de tarifa	4,80%
Caso real(kWh/ano)	228000
Custo de Manutenção ao ano (Investimento inicial)	0,50%
Tarifa de energia consumo	42,573333
Seguro do projeto ao ano (Investimento inicial)	1%
Ano de troca do inversor	15
Estimativa Custo % do Inversor no Sistema	20%
Estimativa do Custo % do Inversor no sistema no ano troca	R\$ 90.565,44

Fonte: Próprio Autor.

8.3 RESULTADOS OBTIDOS

CASO 1 (POTÊNCIA 113 KW)

A tabela 10 mostra que para o investimento de **R\$ 375.676,30** o valor mínimo do investimento (VPL), considerando uma taxa de desconto de 7,5% é **R\$ 699.342,78**. O investimento em energia solar fotovoltaica no Brasil em média retorna entre 4 a 8 anos. Para este caso o retorno do investimento (*Payback*) ocorreu em 6 anos e 7 meses. Seu índice de lucratividade foi de 2,86 e sua taxa interna de retorno foi de 22%.

Tabela 10 – Resultados para o sistema de 113 kW

Investimento Inicial	R\$ 375.676,30
Taxa de desconto	7,5%
VPL do projeto	R\$ 699.342,78
Índice de lucratividade	2,861556821
Taxa interna de retorno	22%
Anos inteiros	6
Fração	0,556144434
Payback	6,56

Fonte: Próprio Autor.

CASO 2 (POTÊNCIA 200,775 KW)

A tabela 11 mostra que para o investimento de **R\$ 690.732,75** o valor mínimo do investimento (VPL), considerando uma taxa de desconto de 7,5% é **R\$ 454.636,26**. O investimento em energia solar fotovoltaica no Brasil em média retorna entre 4 a 8 anos. Para este caso o retorno do investimento (*Payback*) ocorreu em 11 anos e 10 meses. Isso ocorreu pois o aumento de demanda causou alto impacto no valor do projeto. O pagamento mensal de aumento de demanda fez com que o projeto tivesse o retorno afetado. Seu índice de lucratividade foi de 1,658 e sua taxa interna de retorno foi de 13%.

Tabela 11 – Resultados para o sistema de 200,775 kW

Investimento Inicial	R\$ 690.732,75
Taxa de desconto	7,5%
VPL do projeto	R\$ 454.636,26
Índice de lucratividade	1,65819415
Taxa interna de retorno	13%
Anos inteiros	11
Fração	0,862563907
Payback	11,86

Fonte: Próprio Autor.

9. CONCLUSÃO

A escolha da escola Estadual Professora Leonilla Marinho foi realizada para demonstrar que pode-se reduzir custos de energia elétrica nas escolas estaduais. Atualmente, o aumento da eficiência energética é bastante explorado em construções públicas. A energia solar fotovoltaica é uma dessas fontes renováveis que possibilita o fornecimento energia limpa para a sociedade.

Para a realização desse estudo, foi essencial o estudo por meio de livros, TCCs e artigos, pois os tema abordado se torna complexo, principalmente sobre energia solar fotovoltaica.

Na maior parte dos casos, esse tipo de geração distribuída precisa de um alto investimento para assim fornecer seu devido retorno. Geralmente acontece entre 4 a 8 anos para o projeto se pagar.

Primeiramente, foi realizado a coleta da fatura da escola estadual, o qual consistiu no levantamento de cargas instaladas e análise das faturas de energia elétrica. Além disso, foi necessário utilizar a planta da coberturas dos prédios públicos. Foi realizada uma visita na escola, porém os dados só poderiam ser acessados no acesso a informação da SEDUC. Infelizmente, não foi possível resgatar a planta de todos os prédios. Logo em seguida, foi utilizado o software google earth pro para coletar as dimensões dos colégios e também foi realizado a escolha das água e azimute utilizados no projeto.

Na análise técnica foi realizada a avaliação do recurso solar na localização da escola estadual Professora Leonilla Marinho. O recurso solar da escola foi de a média de irradiação solar anual foi $4,32 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{dia}$. Também chamada de Horas de sol pleno (HSP), será utilizada no dimensionamento do gerador fotovoltaico.

Em seguida, foram escolhidas as placas fotovoltaicas de maior potência no mercado, pois os colégios tem uma dimensão pequena para seu potencial energético e necessitavam da utilização de todo espaço possível. Logo após, foi feita a calculo para descobrir a potência mínima para utilizar o inversor e seu número máximo de placas em série que podem ser associadas em um MPPT.

Após isso, foi feito o inserção dos dados das placas e simulado seu potencial energético no software Pvsyst. Para realizar essa simulação, foi feita a modelagem a partir das coordenadas do projeto, necessário inverter seu azimute em 180 graus pois como o *software* é europeu as placas são apontadas para o sul e o azimute do brasil

é apontado para o norte, foi realizada a inserção de perdas detalhadas e por fim criado o desenho 3d de todos os prédios adjacentes para simular o sombreamento no sistema fotovoltaico.

Com a simulação foi adquirido a produção de energia em MWh/ano dos dois casos realizados. No qual o primeiro busca atender a demanda contratada do consumo energético da escola, 113kW , o segundo caso visa compensar o consumo fora-ponta e o consumo-ponta de energia, 200,775 kW.

A parte de viabilidade econômica foi mais dificultosa, pois foi necessário fazer um estudo de índice e taxas anuais que poderiam ser utilizadas no sistema fotovoltaico. Além disso, o aumento de demanda que era necessário para o 2 caso do projeto foi estimado com pesquisa em relatório de empresas.

Os 2 estudos foram bem sucedidos e comprovaram que o sistema fotovoltaico é muito atrativo, tecnicamente quanto economicamente. No entanto é necessário salientar que o 1 caso é mais vantajoso economicamente, pois o aumento de demanda no caso 2 faz com que o tempo de payback seja muito maior, fazendo com que haja investimentos muito melhores em relação a este.

10.REFERÊNCIAS

5 dicas para considerar ao analisar um orçamento de energia solar, BRX Solar, 13 de nov. 2021. Disponível em< <https://brxsolar.com/5-dicas-para-considerar-ao-analisar-um-orcamento-de-energia-solar/>>. Acesso em: 20 de jan. de 2022

ALVES, Alceu Ferreira. **Desenvolvimento de um sistema de posicionamento automático para painéis fotovoltaicos**. 2008. xiv,152 f. Tese (doutorado) - Univerdade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu, 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/101817>

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 482. 17 abr. 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 20 de Jul. de 2021.

CÂMARA, Carlos Fernando. **Sistemas fotovoltaicos conectados a rede elétrica**. Monografia (Título de especialista de em formas alternativas de energia) – Departamento de engenharia da Universidade Federal de Lavras. Lavras. p.67, 2011.

CASTRO, Rui M.G. **Introdução à energia fotovoltaica**. Edição 0. Lisboa: Instituto Superior técnico, 2002.

FANTI, Leonardo Donizeti. O uso das técnicas de valor presente líquido, taxa de interna de retorno e payback descontado: um estudo de viabilidade de investimentos no grupo bredda Ltda. **desafio online**, UFMT, Campo Grande, v.3, n. 1, p. 1141-1157, 2015.

Energia fotovoltaica. Fotovoltec solar engineering. Disponível em:< <http://www.fotovoltec.com.br/front/tecnologia>>. Acesso em: 21 de Jul. de 2021.

Energia solar em amazonas. Portal solar, 2019. Disponível em< <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-fotovoltaica-em-amazonas#:~:text=O%20Amazonas%20possui%20um%20dos,pelo%20Atlas%20Sol>

arim%C3%A9trico%20do%20Brasil.>. Acesso em: 20 de Jul. de 2021.

Energia solar fotovoltaica. Proeng energia solar. Disponível em<
http://proengenergia.com.br/sistemas_conectados_a_rede.php>. Acesso em: 23 de
jul. de 2021

GALDINO, Marco; PINHO, João. Manual da engenharia para sistemas fotovoltaicos.
Rio de Janeiro, 2014

Grandes empresas que utilizam o DevOps, MundoDevOps, 6 de jun. 2018. Disponível
em:< <https://mundodevops.com/blog/grandes-empresas-que-utilizam-o-devops/>>.
Acesso em: 24 de out. de 2022.

GridSolaris. SISTEMAS OFF-GRID. Disponível em<
<http://gridsolaris.com.br/portal/servicos-2/sistema-off-grid/>>. Acesso em: 23 de jul. de
2021.

Inversor Híbrido Off-Grid. Energy shop, 14 de mai. 2021. Disponível em:<
[https://blog.energyshop.com.br/categorias/guia-da-energia-solar/inversor-hibrido-off-
grid/](https://blog.energyshop.com.br/categorias/guia-da-energia-solar/inversor-hibrido-off-grid/)>. Acesso em: 24 de out. de 2022.

Manutenção em energia solar, O que é preciso saber, Central solar. Disponível em<
[https://www.centalsolar.net.br/blog/manutencao-de-energia-solar-o-que-e-preciso-
saber-22.htm](https://www.centalsolar.net.br/blog/manutencao-de-energia-solar-o-que-e-preciso-saber-22.htm)>. Acesso em: 20 de jan. de 2022

Manutenção preventiva dos painéis solares: como funciona o serviço da Wise, Wise
energia inteligente. Disponível em< [https://energiawise.com.br/manutencao-
preventiva-dos-paineis-solares-como-funciona-o-servico-da-wise/](https://energiawise.com.br/manutencao-preventiva-dos-paineis-solares-como-funciona-o-servico-da-wise/)>. Acesso em: 20
de jan. de 2022

Minha casa solar. Painel Solar 330W Dah Solar Policristalino - DHP72-330W- DAH
Solar. Disponível em< [https://www.minhacasasolar.com.br/produto/painel-solar-
330w-dah-solar-policristalino-dhp72-330w-79480](https://www.minhacasasolar.com.br/produto/painel-solar-330w-dah-solar-policristalino-dhp72-330w-79480)>. Acesso em: 23 de jul. de 2021.

Minha casa solar. Painel Solar Fotovoltaico 380W Monocristalino - DAH Solar. Disponível em < <https://www.minhacasasolar.com.br/produto/painel-solar-fotovoltaico-380w-monocristalino-dah-solar-79615>>. Acesso em: 23 de jul. de 2021.

NIEDZIALKOSKI, Rosana Krauss. **Desempenho de painéis solares mono e policristalino em um sistema de bombeamento de água**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura da UNINOESTE.

Opus Solar. Inversor Growatt - Off-Grid SPF3000TL LVM-24P. Disponível em < <https://loja.opussolar.com.br/produto/inversor-solar-off-grid-growatt-spf3000tl-lvm-24p/>>. Acesso em: 23 de jul. de 2021.

RAMPINELLI, Giuliano Arns. **Descrição e análise de inversores utilizados em sistemas fotovoltaicos**. Revista Ciências Exatas e Naturais, Vol.15, n° 1, p 26-50. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: < <https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/2428/2231>>

APÊNDICE A - CASO 1

Tabela viabilidade financeira para potência de 113 kW

Ano	Energia Produzida (MWh)	Tarifa de Energia por kWh(R\$)	Receita de Energia Produzida	Custo de Manutenção anual	Seguro Anual	Aumento de demanda meses verão	Acréscimo Inversor	Fluxo de caixa	Valor Presente	Payback descontado
0								-R\$ 375.676,30	-R\$ 375.676,30	-R\$ 375.676,30
1	132000	0,601906	R\$ 79.451,59	R\$ 1.878,38	R\$ 3.756,76	R\$ 6.598,87	0	R\$ 67.217,58	R\$ 62.527,98	-R\$ 313.148,32
2	130944	0,630797488	R\$ 82.599,15	R\$ 1.887,77	R\$ 3.794,33	R\$ 6.915,61	0	R\$ 70.001,43	R\$ 60.574,52	-R\$ 252.573,80
3	129896,448	0,661075767	R\$ 85.871,39	R\$ 1.897,21	R\$ 3.832,27	R\$ 7.247,56	0	R\$ 72.894,35	R\$ 58.677,07	-R\$ 193.896,72
4	128857,276	0,692807404	R\$ 89.273,28	R\$ 1.906,70	R\$ 3.870,60	R\$ 7.595,44	0	R\$ 75.900,54	R\$ 56.834,36	-R\$ 137.062,36
5	127826,418	0,72606216	R\$ 92.809,93	R\$ 1.916,23	R\$ 3.909,30	R\$ 7.960,03	0	R\$ 79.024,36	R\$ 55.045,10	-R\$ 82.017,26
6	126803,807	0,760913143	R\$ 96.486,68	R\$ 1.925,81	R\$ 3.948,40	R\$ 8.342,11	0	R\$ 82.270,37	R\$ 53.308,03	-R\$ 28.709,23
7	125789,376	0,797436974	R\$ 100.309,10	R\$ 1.935,44	R\$ 3.987,88	R\$ 8.742,53	0	R\$ 85.643,25	R\$ 51.621,89	R\$ 22.912,66
8	124783,061	0,835713949	R\$ 104.282,95	R\$ 1.945,12	R\$ 4.027,76	R\$ 9.162,17	0	R\$ 89.147,90	R\$ 49.985,43	R\$ 72.898,09
9	123784,797	0,875828219	R\$ 108.414,22	R\$ 1.954,84	R\$ 4.068,04	R\$ 9.601,95	0	R\$ 92.789,38	R\$ 48.397,41	R\$ 121.295,50
10	122794,519	0,917867973	R\$ 112.709,16	R\$ 1.964,62	R\$ 4.108,72	R\$ 10.062,85	0	R\$ 96.572,97	R\$ 46.856,62	R\$ 168.152,12
11	121812,162	0,961925636	R\$ 117.174,24	R\$ 1.974,44	R\$ 4.149,80	R\$ 10.545,86	0	R\$ 100.504,13	R\$ 45.361,86	R\$ 213.513,97
12	120837,665	1,008098066	R\$ 121.816,22	R\$ 1.984,31	R\$ 4.191,30	R\$ 11.052,07	0	R\$ 104.588,53	R\$ 43.911,93	R\$ 257.425,90
13	119870,964	1,056486773	R\$ 126.642,09	R\$ 1.994,24	R\$ 4.233,21	R\$ 11.582,56	0	R\$ 108.832,07	R\$ 42.505,67	R\$ 299.931,57
14	118911,996	1,107198139	R\$ 131.659,14	R\$ 2.004,21	R\$ 4.275,55	R\$ 12.138,53	0	R\$ 113.240,86	R\$ 41.141,93	R\$ 341.073,50
15	117960,7	1,160343649	R\$ 136.874,95	R\$ 2.014,23	R\$ 4.318,30	R\$ 12.721,18	45428,72	R\$ 72.392,52	R\$ 24.466,21	R\$ 365.539,71
16	117017,014	1,216040144	R\$ 142.297,39	R\$ 2.024,30	R\$ 4.361,49	R\$ 13.331,79	0	R\$ 122.579,81	R\$ 38.537,50	R\$ 404.077,21
17	116080,878	1,274410071	R\$ 147.934,64	R\$ 2.034,42	R\$ 4.405,10	R\$ 13.971,72	0	R\$ 127.523,40	R\$ 37.294,60	R\$ 441.371,81
18	115152,231	1,335581755	R\$ 153.795,22	R\$ 2.044,59	R\$ 4.449,15	R\$ 14.642,36	0	R\$ 132.659,11	R\$ 36.089,82	R\$ 477.461,63
19	114231,013	1,399689679	R\$ 159.887,97	R\$ 2.054,82	R\$ 4.493,64	R\$ 15.345,20	0	R\$ 137.994,32	R\$ 34.922,10	R\$ 512.383,74
20	113317,165	1,466874784	R\$ 166.222,09	R\$ 2.065,09	R\$ 4.538,58	R\$ 16.081,77	0	R\$ 143.536,66	R\$ 33.790,42	R\$ 546.174,15
21	112410,628	1,537284773	R\$ 172.807,15	R\$ 2.075,42	R\$ 4.583,96	R\$ 16.853,69	0	R\$ 149.294,08	R\$ 32.693,76	R\$ 578.867,91
22	111511,343	1,611074442	R\$ 179.653,07	R\$ 2.085,79	R\$ 4.629,80	R\$ 17.662,67	0	R\$ 155.274,81	R\$ 31.631,14	R\$ 610.499,05
23	110619,252	1,688406015	R\$ 186.770,21	R\$ 2.096,22	R\$ 4.676,10	R\$ 18.510,48	0	R\$ 161.487,41	R\$ 30.601,59	R\$ 641.100,64
24	109734,298	1,769449504	R\$ 194.169,30	R\$ 2.106,70	R\$ 4.722,86	R\$ 19.398,98	0	R\$ 167.940,76	R\$ 29.604,17	R\$ 670.704,81
25	108856,424	1,85438308	R\$ 201.861,51	R\$ 2.117,24	R\$ 4.770,09	R\$ 20.330,13	0	R\$ 174.644,05	R\$ 28.637,97	R\$ 699.342,78

APÊNDICE B – CASO 2

Tabela viabilidade financeira para potência de 200,775 kW

Ano	Energia Produzida (MWh)	Tarifa de Energia por kWh(R\$)	Receita de Energia Produzida	Custo de Manutenção anual	Seguro Anual	Aumento de demanda geral	Acréscimo Inversor	Fluxo de caixa	Valor Presente	Payback descontado
0								-R\$ 690.732,75	-R\$ 690.732,75	-R\$ 690.732,75
1	228000	0,601906	R\$ 137.234,57	R\$ 3.453,66	R\$ 6.907,33	R\$ 51.556,31	0	R\$ 75.317,27	R\$ 70.062,58	-R\$ 620.670,17
2	226176	0,630797488	R\$ 142.671,25	R\$ 3.470,93	R\$ 6.976,40	R\$ 54.031,01	0	R\$ 78.192,91	R\$ 67.662,88	-R\$ 553.007,30
3	224366,592	0,661075767	R\$ 148.323,32	R\$ 3.488,29	R\$ 7.046,16	R\$ 56.624,50	0	R\$ 81.164,37	R\$ 65.334,12	-R\$ 487.673,18
4	222571,659	0,692807404	R\$ 154.199,29	R\$ 3.505,73	R\$ 7.116,63	R\$ 59.342,47	0	R\$ 84.234,47	R\$ 63.074,81	-R\$ 424.598,37
5	220791,086	0,72606216	R\$ 160.308,05	R\$ 3.523,26	R\$ 7.187,79	R\$ 62.190,91	0	R\$ 87.406,09	R\$ 60.883,47	-R\$ 363.714,90
6	219024,757	0,760913143	R\$ 166.658,82	R\$ 3.540,87	R\$ 7.259,67	R\$ 65.176,08	0	R\$ 90.682,20	R\$ 58.758,57	-R\$ 304.956,33
7	217272,559	0,797436974	R\$ 173.261,17	R\$ 3.558,58	R\$ 7.332,27	R\$ 68.304,53	0	R\$ 94.065,80	R\$ 56.698,62	-R\$ 248.257,71
8	215534,379	0,835713949	R\$ 180.125,09	R\$ 3.576,37	R\$ 7.405,59	R\$ 71.583,14	0	R\$ 97.559,98	R\$ 54.702,10	-R\$ 193.555,61
9	213810,104	0,875828219	R\$ 187.260,92	R\$ 3.594,25	R\$ 7.479,65	R\$ 75.019,14	0	R\$ 101.167,89	R\$ 52.767,50	-R\$ 140.788,11
10	212099,623	0,917867973	R\$ 194.679,45	R\$ 3.612,22	R\$ 7.554,44	R\$ 78.620,05	0	R\$ 104.892,73	R\$ 50.893,32	-R\$ 89.894,79
11	210402,826	0,961925636	R\$ 202.391,87	R\$ 3.630,28	R\$ 7.629,99	R\$ 82.393,82	0	R\$ 108.737,78	R\$ 49.078,06	-R\$ 40.816,73
12	208719,603	1,008098066	R\$ 210.409,83	R\$ 3.648,44	R\$ 7.706,29	R\$ 86.348,72	0	R\$ 112.706,39	R\$ 47.320,24	R\$ 6.503,51
13	207049,846	1,056486773	R\$ 218.745,42	R\$ 3.666,68	R\$ 7.783,35	R\$ 90.493,46	0	R\$ 116.801,94	R\$ 45.618,40	R\$ 52.121,91
14	205393,448	1,107198139	R\$ 227.411,24	R\$ 3.685,01	R\$ 7.861,18	R\$ 94.837,14	0	R\$ 121.027,90	R\$ 43.971,07	R\$ 96.092,97
15	203750,3	1,160343649	R\$ 236.420,37	R\$ 3.703,44	R\$ 7.939,79	R\$ 99.389,33	90565	R\$ 34.822,81	R\$ 11.768,93	R\$ 107.861,90
16	202120,298	1,216040144	R\$ 245.786,40	R\$ 3.721,95	R\$ 8.019,19	R\$ 104.160,02	0	R\$ 129.885,23	R\$ 40.834,23	R\$ 148.696,13
17	200503,335	1,274410071	R\$ 255.523,47	R\$ 3.740,56	R\$ 8.099,38	R\$ 109.159,70	0	R\$ 134.523,83	R\$ 39.341,90	R\$ 188.038,03
18	198899,309	1,335581755	R\$ 265.646,29	R\$ 3.759,27	R\$ 8.180,38	R\$ 114.399,36	0	R\$ 139.307,28	R\$ 37.898,45	R\$ 225.936,48
19	197308,114	1,399689679	R\$ 276.170,13	R\$ 3.778,06	R\$ 8.262,18	R\$ 119.890,53	0	R\$ 144.239,36	R\$ 36.502,53	R\$ 262.439,01
20	195729,649	1,466874784	R\$ 287.110,89	R\$ 3.796,95	R\$ 8.344,80	R\$ 125.645,28	0	R\$ 149.323,85	R\$ 35.152,80	R\$ 297.591,80
21	194163,812	1,537284773	R\$ 298.485,07	R\$ 3.815,94	R\$ 8.428,25	R\$ 131.676,25	0	R\$ 154.564,63	R\$ 33.847,95	R\$ 331.439,75
22	192610,502	1,611074442	R\$ 310.309,86	R\$ 3.835,02	R\$ 8.512,53	R\$ 137.996,71	0	R\$ 159.965,59	R\$ 32.586,70	R\$ 364.026,45
23	191069,618	1,688406015	R\$ 322.603,09	R\$ 3.854,19	R\$ 8.597,66	R\$ 144.620,55	0	R\$ 165.530,69	R\$ 31.367,78	R\$ 395.394,24
24	189541,061	1,769449504	R\$ 335.383,34	R\$ 3.873,46	R\$ 8.683,64	R\$ 151.562,34	0	R\$ 171.263,90	R\$ 30.189,97	R\$ 425.584,21
25	188024,732	1,85438308	R\$ 348.669,88	R\$ 3.892,83	R\$ 8.770,47	R\$ 158.837,33	0	R\$ 177.169,25	R\$ 29.052,05	R\$ 454.636,26



HISTÓRICO DE MEDIÇÃO

Código Único: 0531320-1
 CPF/CNPJ: 04.312.419/0001-30

Atividade: 8411600 - ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA EM GERAL
 Medidor Fabr 11246542
 Elem. 3
 Constante NPL 1 6
 0,0010 6

Consumo Demanda Reativa
 Perdas: 2,50
 Instalação: 09/08/2017
 Tipo Ligação: 4 - ALTA TENSÃO

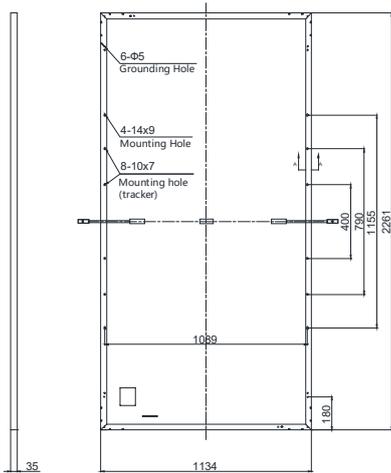
Cliente: SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO E QUALIDADE DO ENSINO
 Classe: 05 - PODER PÚBLICO
 SubClasse: 02 - POD.PUBLIC.ES.TADUAL
 Tensão: 31 - 2,3 A 25 KV -VERDE
 Endereço: R. RAIMUNDO POLARI, 11
 Bairro: PARQUE DEZ
 Roteiro: 001.10.51.187300

Mês/Ano Fatmto	Data Leitura	Medidor Cons/Dem	Forma Fatur.	Perdas	Const. Fat.	Leitura		Consumo		Reversa		Demanda				Reativa		UFER Ponta	UFER F.Pta	DMCR Ponta	DMCR F.Pta	
						Medida	Medida F.Pta	Medido	kWh	kWh Faturado	Medido	Faturado	Leit. Medido	Regist.	Const. Fat.	Ctda	Medida					Fatur.
12/2019	01/01/2020	11246542	NORM	2,5	80	87	6110	164	164	11152	11152	11152	113	13	115	113	115	0	1166	0	8	102
11/2019	01/12/2019	11246542	NORM	2,5	80	85	5974	246	246	22222	22222	22222	113	24	113	113	108	0	1134	82	21	98
10/2019	01/11/2019	11246542	NORM	2,5	80	82	5703	246	246	23042	23042	23042	113	8	113	113	113	0	1094	0	7	102
09/2019	01/10/2019	11246542	NORM	2,5	80	79	5422	410	410	22714	22714	22714	113	17	117	113	117	0	1051	0	16	106
08/2019	01/09/2019	11246542	NORM	2,5	80	74	5145	492	492	23452	23452	23452	113	51	113	113	108	0	1012	82	47	98
07/2019	01/08/2019	11246542	NORM	2,5	80	68	4859	164	164	23862	23862	23862	113	4	113	113	109	0	964	82	4	94
06/2019	01/07/2019	11246542	NORM	2,5	80	66	4568	246	246	18368	18368	18368	113	4	113	113	98	0	914	82	4	87
05/2019	01/06/2019	11246542	NORM	2,5	80	63	4344	164	164	12710	12710	12710	82	7	101	82	101	0	871	164	6	93
04/2019	01/05/2019	11246542	NORM	2,5	80	61	4189	246	246	14022	14022	14022	82	7	106	82	106	0	832	82	5	95
03/2019	01/04/2019	11246542	NORM	2,5	80	58	4018	164	164	18696	18696	18696	82	5	106	82	106	0	792	164	5	95
02/2019	01/03/2019	11246542	NORM	2,5	80	56	3790	246	246	16728	16728	16728	82	6	98	82	98	0	745	82	6	87
01/2019	01/02/2019	11246542	NORM	2,5	80	53	3586	246	246	6724	6724	6724	82	7	82	82	44	0	702	82	6	39

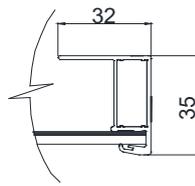
ANEXO B – DATASHEET PLACA SOLAR

ENGINEERING DRAWING (mm)

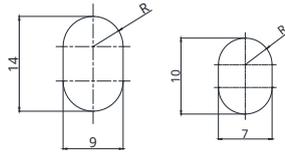
Rear View



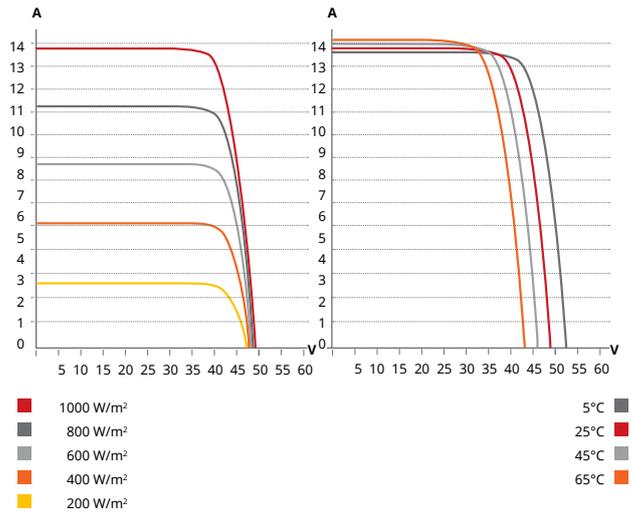
Frame Cross Section A-A



Mounting Hole



CS6W-530MS / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS6W	530MS	535MS	540MS	545MS	550MS
Nominal Max. Power (Pmax)	530 W	535 W	540 W	545 W	550 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	40.9 V	41.1 V	41.3 V	41.5 V	41.7 V
Opt. Operating Current (Imp)	12.96 A	13.02 A	13.08 A	13.14 A	13.20 A
Open Circuit Voltage (Voc)	48.8 V	49.0 V	49.2 V	49.4 V	49.6 V
Short Circuit Current (Isc)	13.80 A	13.85 A	13.90 A	13.95 A	14.00 A
Module Efficiency	20.7%	20.9%	21.1%	21.3%	21.5%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C				
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)				
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 61730 1500V) or TYPE 2 (UL 61730 1000V) or CLASS C (IEC 61730)				
Max. Series Fuse Rating	25 A				
Application Classification	Class A				
Power Tolerance	0 ~ + 10 W				

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS6W	530MS	535MS	540MS	545MS	550MS
Nominal Max. Power (Pmax)	397 W	401 W	405 W	409 W	412 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	38.3 V	38.5 V	38.7 V	38.9 V	39.1 V
Opt. Operating Current (Imp)	10.38 A	10.42 A	10.47 A	10.52 A	10.55 A
Open Circuit Voltage (Voc)	46.1 V	46.3 V	46.5 V	46.7 V	46.9 V
Short Circuit Current (Isc)	11.13 A	11.17 A	11.21 A	11.25 A	11.29 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	144 [2 x (12 x 6)]
Dimensions	2261 × 1134 × 35 mm (89.0 × 44.6 × 1.38 in)
Weight	27.8 kg (61.3 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm ² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	410 mm (16.1 in) (+) / 290 mm (11.4 in) (-) (supply additional jumper cable: 2 lines / Pallet) or customized length*
Connector	T4 series or MC4-EVO2
Per Pallet	30 pieces
Per Container (40' HQ)	600 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.34 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.26 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C

PARTNER SECTION



* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. CSI Solar Co., Ltd. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice.

Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

CSI Solar Co., Ltd.

199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, support@csisolar.com

ANEXO C – DATASHEET INVERSOR

Ficha de dados	MAX 100KTL3-X LV	MAX 110KTL3-X LV	MAX 120KTL3-X LV	MAX 125KTL3-X LV
Dados de entrada				
Máxima tensão CC	1100V			
Tensão de partida	195V			
Tensão nominal	600V			
Faixa de tensão MPP	180V-1000V			
Números de MPP trackers	10			
Número de Strings FV por MPP trackers	2			
Máxima corrente de entrada por MPP Tracker	32A			
Máxima corrente de curto-circuito por MPP tracker	40A			
Saída				
Potência nominal de saída CA	100000W	110000W	120000W	125000W
Potência máxima aparente CA.	110000VA	121000VA	132000VA	137500VA
Tensão nominal de saída	220V/380V(340-440VAC)			
Frequência da rede CA	50/60 Hz(45~55Hz/55-65 Hz)			
Corrente máxima de saída.	167,1A	183,8A	200,5A	208,9A
Fator de potência ajustável	0,8leading ...0,8lagging			
THDI	<3%			
Tipo de conexão da rede CA	3W/N/PE			
Eficiência				
Máx. Eficiência	98,80%			
Eficiência europeia	98,40%	98,50%	98,50%	98,50%
Eficiência MPPT	99,90%			
Dispositivos de proteção				
Proteção polaridade reversa CC	Sim			
Interruptor CC	Sim			
Proteção de surtos CA/CC	Type II / Type II			
Monitoramento de resistência de isolamento	Sim			
Proteção de curto-circuito CA	Sim			
Monitoramento de falta à terra	Sim			
Deteção de string	Sim			
Função Anti-PID	Opcional			
Deteção de falha de arco	Opcional			
Dados gerais				
Dimensões (L/A/P)	1010/600/340mm			
Peso	84kg			
Temperatura de operação	-30°C ... +65°C			
Consumo noturno	< 1W			
Topologia	Sem transformador			
Resfriamento	Convenção natural			
Grau de proteção	Ip65			
Humidade relativa	0-100%			
Altitude	4000m			
Conexão CC	H4/MC4			
Conexão CA	Conector			
Display	LED/WIFI+APP			
Interfaces: RS485 / USB / PLC	Sim/Sim/Opc			
Garantia : 10 anos	Sim			
CE,IEC62116, IEC61727, CQC, VDE0126, VFR2014, EN50549-1, C10/C11, UNE206007, G99 ROHS, CEI 0-21/0-16, N4105&N4110, UNE206006,MEA, PEA, KSC8565				

* The AC voltage range and frequency range may vary depending on specific country grid standard.
All specifications are subject to change without notice.