UNIVERSIDADE CATÓLICA DO TOCANTINS
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

DÁRIO GOIS MARQUES

AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO ALUGADO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.

PALMAS-TO
2021

DÁRIO GOIS MARQUES

AVALIAÇÃO A APLICAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO ALUGADO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Centro Universitário Católica do Tocantins (UniCatólica), do Curso Superior de Engenharia Elétrica.

Orientadora: Prof. Paulo Roberto Nunes Ferreira

PALMAS-TO
2021

RESUMO

Este trabalho tem como estudo os conceitos de equipamento arrendado, com foco em empreendimentos nas diversas modalidades da geração distribuída, em pontos comerciais, onde são avaliadas as aplicações do sistema fotovoltaico já existente, sendo assim flexível a mais de uma unidade consumidora, explicita a evoluções da elétrica, evoluções das células Fotovoltaica, construções e o funcionamento dos efeitos fotovoltaicos, tendo assim o crescimento na implantação da geração dessa modalidade, tais funcionamento e desvantagens sobre o sombreamento. Conceitos atuais sobre a legislações relacionadas a geração de energia no Brasil, este estudo de caso e aplicado em um ponto comercial na cidade de Porta Nacional. Os métodos de aplicação no local, com orçamento de materiais atuais, citando cada material, a suas ligações e funcionamento da minigeração.

Palavras-chave: equipamento arrendado, pontos comerciais, funcionamento dos efeitos fotovoltaicos, geração de energia, métodos de aplicação no local, investimento.

ABSTRACT

This work has as a study the concepts of leased equipment, focusing on projects in the various modalities of distributed generation, in commercial points, where they are evaluated as applications of the existing photovoltaic system, thus being flexible to more than one consumer unit, explaining the evolutions of electricity, cell evolution, construction and operation of photovoltaic effects, thus having the growth in the implementation of the generation of this modality, such operation and disadvantages on shading, According to legislation related to energy generation in Brazil, this case study is expected at a commercial point in the city of Porta Nacional. On-site application methods, with current materials budget, citing each material, its connections and mini-generation operation.

Keywords: leased equipment, commercial locations, functioning of photovoltaic effects, power generation, on-site application methods, investment.

ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ANNEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CNPE – Agência Nacional de Energia Elétrica

COFINS – Incluindo a Previdência Social, a Assistência Social e a Saúde Pública

contribuição para o financiamento da Seguridade

CGH – Centrais Geradoras Hidrelétricas

CNPE – Agência Nacional de Energia Elétrica

DPS – Dispositivos de Proteção contra Surtos

EOL – Usinas Eólicas

EMUC – Empreendimento com Múltiplas Unidades Consumidoras

GD – Geração Distribuída

Isc – Corrente de curto-circuito

ICMS – Imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual, intermunicipal e de comunicação

Ivt – Valor do investimento

Mismatch – Incompatibilidade, refere-se ao descasamento entre as potências dos módulos fotovoltaicos.

MPPT – Monitoramento de Ponto de Máxima Potência.

MPP – Ponto de Máxima Potência.

Ma – Meses do ano

MME – Ministério de Minas e Energia

NDU – Norma de Distribuição Unificada

OPV – Organic Photovoltaic

Pmp – Potência de máxima potência.

PCH – Pequenas Centrais Hidrelétricas

PVC – Cloreto de polivinilo

PPO – propriedades cinéticas da polifenoloxidase

PIS – Os valores destinados a promover a integração social do empregado

Pge – Potência gerada pelo o empreendimento

REN – Redes Energéticas Nacionais

Roi – O Retorno financeiro

Ra – Reajuste anual

SC – Santa Catarina.

TPE – isolação com borracha termoplástica

Te – Tarifa energética

UTE – Usinas Termelétricas

UV – Ultravioleta

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UTN – Usinas Termonucleares

UFV – Usinas Fotovoltaicas

UHE – Usinas Hidrelétricas

UC – Unidade Consumidora (UC)

Voc – Tensão de circuito aberto

Vmp – Tensão de máxima potência.

A – Amperes

AC – Corrente Alternado

DC – Corrente Continua

kA – quiloamper

kW – Quilowatt

kWh – Quilowatt hora

kWp – Quilowatt pico

MW – Mega Watts

m^2 – metros quadrados

(n) – negativo

(p) – positivo

V – Volts

W – Watts

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Filme Fotovoltaico Orgânico em rolo 14
Figura 2: Matriz energética brasileira.....19
Figura 3: Efeito fotovoltaico. 23
Figura 4: inversor com defeito. 24
Figura 5: diagrama da ligação das strings em paralelo dentro do inversor.....25
Figura 6:curto na string 26
Figura 7: Corrente reversa. 28
Figura 8: Sombreamento nos módulos. 28
Figura 9: Células associadas em série e paralelo 29
Figura 10: Sombreamento no módulo 30
Figura 11: módulo danificado.....30
Figura 12: Relógio bidirecional 31
Figura 13: Relação entre potência-tensão e corrente-tensão de um módulo fotovoltaico.....32
Figura 14: Entrada das strings.....33
Figura 15: Conector Mc4 44
Figura 16: Cabos elétricos. 45
Figura 17: Emenda para perfil. 45
Figura 18: Fixador grampo para perfil.....46
Figura 19: trilho.....46
Figura 20: Suporte"L".....47
Figura 21: Grampo entre módulos 47
Figura 22: Módulo.....48
Figura 23: DPS AC 49
Figura 24:Quadro de proteção. 49
Figura 25: Disjuntor.....50
Figura 26: Inversor 5k. 50
Figura 27: Inversor 7,5k. 51
Figura 28: Diagrama unifilar 01.....53
Figura 29: Diagrama unifilar 02.....54
Figura 30: Ordem dos módulos no primeiro telhado identificado por cor.....55
Figura 31: Ordem dos módulos no segundo telhado identificado por cor 56

Figura 32: MPPT nas seguintes cores. 56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Orçamento 35
Tabela 2: Simulação da conta de energia com sistema fotovoltaico ativo. 38
Tabela 3: Retorno financeiro.....40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Projeções Microgeradores.....16
Gráfico 2: Crescimento múltiplas unidades consumidoras no Brasil. 17
Gráfico 3: Potência Outorgada 18
Gráfrico 4: Consumo final de energia por fonte 20
Gráfico 5: degradação dos módulos 39
Gráfico 6: Retorno sobre o investimento.....42
Gráfico 7: Retorno do Empreendimento. 42

LISTA DE QUADRO

Quadro 1: Retorno Financeiro Total. 43

Sumário

1. Introdução....9
2. Objetivo. 10
2.1. Objetivo Geral. 10
2.2. Objetivo especifico 10
2.3. Justificativa.....10
3. Metodologia 11
4. Referencias teóricas 12
4.1. Evoluções da eletricidade. 12
4.2. Gerações de energia fotovoltaica.....15
4.3. Produções e consumo de energia no Brasil 18
4.4. Energias fotovoltaicas 20
4.5. Autoconsumo local. 21
4.6. Autoconsumo remoto 21
4.7. Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras (EMUC).....21
4.8. Geração Compartilhada 22
4.9. Terreno....22
4.10. Funções do efeito fotovoltaico.....23
4.11. Proteções necessária para os equipamentos.....24
4.12. Curvas Características dos Módulos Fotovoltaicos.....31
4.13. Sombreamento parcial em arranjos fotovoltaicos.....33
4.14. Legislações relacionadas à geração de energia no Brasil. 34
5. Estudo Caso. 34
5.1. Comparação de equipamentos no mercado local. 35
5.2. Simulação da conta de energia com sistema fotovoltaico ativo. 36
5.2.1. Retorno financeiro. 38
5.2.2. Materiais do sistema Fotovoltaico. 43

5.3. Definições da construção da microgeração de energia elétrica. 55
5.3.1. Área disponível.....55
5.3.2. Homologação. 56
6. CONSIDERAÇÕES finais.....57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....59

1. INTRODUÇÃO

Desde 100 anos a crises econômicas vem afligir o Brasil, como Dívida externa, hiperinflação no País, Crise fiscal e atualmente a Crise do coronavírus, devido à essas crises o País passa por dificuldades econômicas, na década de 70 o Brasil era dependente por derivados de combustíveis fosseis, surgindo então à crise do petróleo, em consequência a dificuldade energética. Para o desenvolvimento da sociedade, tem que ter um bom potencial energético que está vinculada diretamente ao crescimento econômico (Agência Senado 2020).

O Brasil possui um território vasto. Com inúmeras fontes de energias renováveis, é tem o potencial para suprir toda e qualquer energia não renovável, melhorando o sistema energético contribuindo com o crescimento da economia nacional. O Brasil chegou em 2020 em sétima colocação no ranking de energia eólica mundial. As maiorias das usinas brasileiras são usinas hidrelétricas exatamente 7,429 segundo os dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANNEL, 2020), essa fonte de energia está sendo cada vez mais questionada devido aos seus altos custos e destruição da flora e fauna locais, e acidentes de rompimento de represas como a de barragem de Mariana em 2015 e barragem em Brumadinho 2019, para evitar o aquecimento global, a energia renovável e a melhor escolha, e o sistema fotovoltaico é o ideal para a geração de energia elétrica. No Brasil a pesada inflação energética, faz com que os brasileiros buscam como solução a própria geração de energia elétrica, através da luz do sol, por ser sustentável. Este trabalho apresenta sistema de modalidade microgeração, conectado a central geradora de energia elétrica, com potência instalada, em corrente alternada, menor ou igual a 75 kW, o empreendimento pode ser nas modalidades de autoconsumo local, remoto, empreendimento com múltiplas unidades consumidoras e geração compartilhada, onde cada modalidade a uma aplicação de empreendimento com outras unidades, de forma arrendável. Os moradores de apartamento, ou em casas alugadas que não tem como instala o sistema fotovoltaico, pode adquirir este tipo de empreendimento (ANNEL, 2020).

2. OBJETIVO.

2.1. Objetivo Geral.

Avaliar a aplicação do sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica por meio do aluguel de módulos e inversores.

2.2. Objetivo especifico

- Modalidades na aplicação de geração de energia elétrica ligado à rede da concessionária;
- Proteções para sistema fotovoltaica;
- Orçamentos de equipamentos fotovoltaica no mercado;
- Retorno financeiro do empreendimento.

2.3. Justificativa.

Este projeto tem por objetivo principal arrendamento dos sistemas fotovoltaicos, compensando parcialmente, pelos investimentos realizados no aluguel do terreno, com sistema de microgeração de energia elétrica. Os consumidores comerciais, indústrias ou residências, pode ser beneficiado com aluguel do sistema fotovoltaico proposto, as unidades beneficiadas são as que estão incluídas na modalidade de autoconsumo remoto, permitindo que o consumidor use energia produzida junto ou próxima do(s) consumidor (es), esse termo e conhecido como geração distribuída (GD), que está em vigor desde 2012. (ANEEL, 2018)

O Brasil como um país tropical tendo como consequência insolação abundante, tem grande capacidade de geração de energia elétrica através dos módulos fotovoltaicos (ANEEL, 2019) A geração da energia elétrica através do sistema fotovoltaico e de maneira limpa, renovável, sustentável e ambientalmente benéfica, não gera nenhum tipo de efluente, emissão, resíduo ou ruídos. Durante o dia a energia elétrico excedente injetada, produzida pelo consumidor na rede distribuidora local, e retornado ao consumidor em formato de créditos (kWh) durante a noite quando não há geração de energia pelo sistema fotovoltaico, no final do mês quando a energia elétrica injetada for maior que a energia consumida, (energisa, 2020) pode abater nos meses subsequentes, em período de 60 meses (Resolução Normativa nº 482, 2012)

3. METODOLOGIA

Do ponto de vista dos objetivos dessa pesquisa é explicativa, por ser experimental. Este trabalho sobre o ponto de vista da natureza é uma pesquisa aplicada, pois será aplicada práticas de soluções dos problemas que estar relacionada com o consumo de energia. Seu procedimento técnico tem como pesquisa bibliográfica, pois será feito levantamentos bibliográficos de artigos periódicos, materiais da internet.

Esse trabalho tem como método cientifica hipotético dedutivo, surgindo um problema na dificuldade de coletar informações para a homologação, para expressar as dificuldades do problema são formuladas hipóteses realizadas em cálculos e gráficos de situação Real. Tendo como consequência testes para garantir que tanto o proprietário do sistema, como trabalho, tem forma de abordagem ao problema quantitativo, serão classificadas e analisadas.

4. REFERENCIAS TEÓRICAS

4.1. Evoluções da eletricidade.

Graças aos inventores encontramos com a disponibilidade ao conforto atual, através de descobertas de tempo a tempo e desfrutado os conhecimentos de grandes vencedores de tecnologia. Podemos dizer a origem de todas as tecnologias surgiram com o filosofo grego chamado Tales de Mileto que por acaso descobriu eletrificação por atrito. A evolução da energia elétrica foi evoluindo a cada século. No século XVII Otto von Guericke inventou uma máquina geradora de cargas elétrica com isso foi possível diferenciar o isolante e o condutor. Benjamin Franklin descobriu a eletricidade resinosa e vítrea. Que é a eletrização por falta ou excesso de elétrons em corpos. Foi descoberta a corrente elétrica no século XVIII Por Luigi Aloisio Galvani, surgindo também à pilha, O físico Hans Christian Örsted descobriu que o magnetismo e eletricidade têm ligação, surgindo o eletromagnetismo. Com o Michael Faraday em XIX foi inventado o gerador de corrente elétrica alternada graça ao eletromagnetismo. E por fim Thomas Alva Edison no século XX inventou a lâmpada, com toda essa evolução já e o suficiente para ter energia elétrica em lâmpadas nas residências, mais as fontes de energia era difícil de fazer, no século XXI já é possível ter muitas fontes para gerar energia elétrica, de todas as opções como mostra no gráfico 04.

A energia elétrica fotovoltaica é uma geração renovável, sendo o sol uma fonte de energia que se obtém todos os dias, desde as gerações passadas o homem vem desenvolvendo maneiras de aproveitar os recursos provenientes da natureza da melhor forma possível, desse modo a radiação solar sempre forneceu as pessoas o aquecimento necessário e condições que favorecem a agricultura, de forma sempre contínua, assim, depois de muitos anos evoluindo dia a dia, o homem conseguiu aproveitar diretamente a luz solar para geração de energia elétrica, a partir do uso das células fotovoltaicas, desse modo, o impacto ambiental é muito reduzido em relação a outras fontes, considerada como uma opção coerente para diminuir as emissões de gases provenientes das indústrias que utilizam fontes fósseis para a geração elétrica. Na década de 70, houve um aumento na utilização das células solares em áreas espaciais, que através desse salto de desenvolvimento fomentaram grandes avanços no meio tecnológico que serviria para as próximas décadas. Dessa maneira, novos

incentivos vieram para melhorar a eficiência e o custo desses materiais. A eficiência da célula solar é medida a partir da porcentagem de luz solar direta que é transformada em energia elétrica, ou seja, a capacidade de conversão do módulo. O primeiro efeito fotovoltaico observado foi no século XIX pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel, que foi evoluindo com outros físicos como Adams e o seu aluno Richard Day, que desenvolveram célula fotovoltaica com eficiência de conversão de aproximadamente 0,5% em 1877, desde então, as células com efeito fotovoltaico não param de evoluir. Atualmente são comercializados módulos com rendimentos que variam de 13 a 21 percentual, os módulos de silício policristalino também conhecido como silício multicristalino tem uma taxa de eficiência de 13 a 16 percentual, nos módulos monocristalino tem uma estrutura atômica ordenada tendo uma eficiência melhor que a de silício policristalino com uma taxa de 15 a 21 percentual. Em 2019 na Suíça, o Mathieu Ackermann, Laurent Coulot e Florian Gerlich, criaram painéis solares com lentes ópticas que concentram luz solar cem vezes mais fortes nas superfícies das células de alto desempenho, resultando na conversão de aproximadamente 29 percentual de eficiência, (Ciclo Vivo, 2019).

Os módulos dopados com grafeno considerado até o momento como o melhor condutor de energia elétrica, garantiram aos seus criadores o Nobel de 2010, na Universidade tecnológica de Michigan, o professor Yun Hang Hu e seu grupo fez a dopagem do grafeno na célula fotovoltaica e observaram um aumento de 52,4 percentual na sua eficiência de geração de energia elétrica. Sendo um bom condutor conseguindo assim ter uma ótima transferência de elétrons aumentando como consequência a corrente elétrica. Atualmente está em processo de revisão ao público (veja, 2016). As células com grafeno permitem mais flexibilidade, resistência e uma estrutura mais leve, tornando possível um gerador de energia portátil e prático. (Revista Veja, 2012)

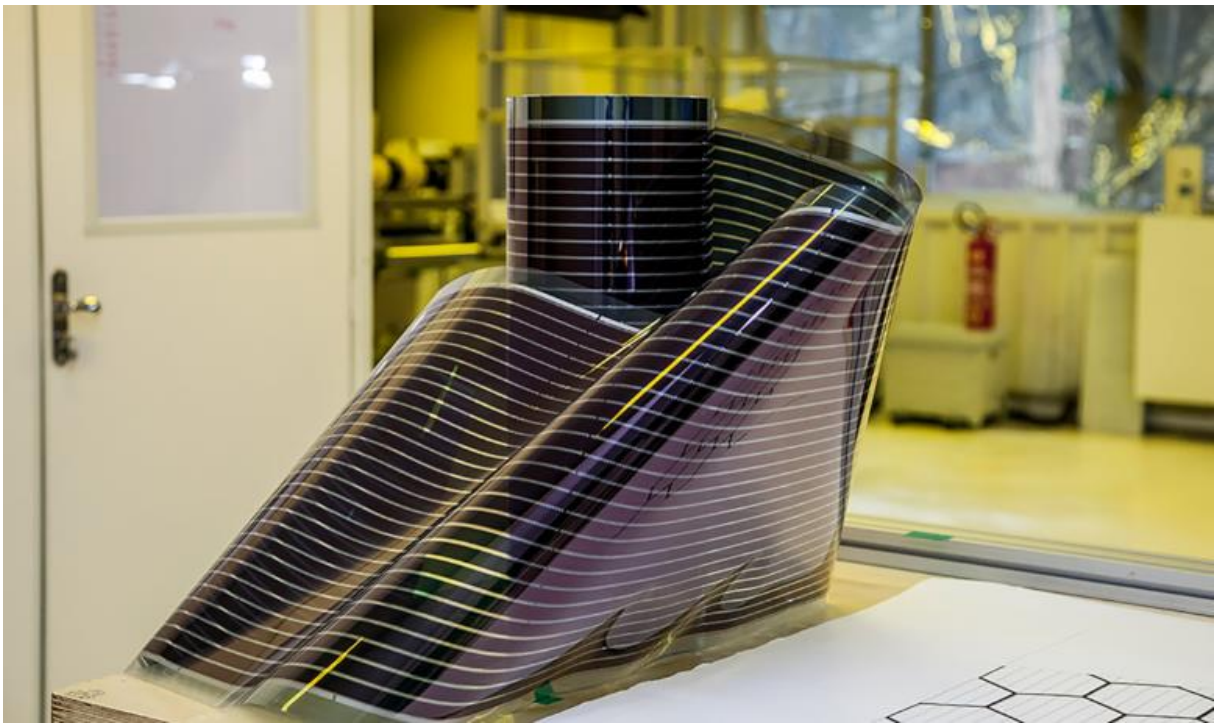
No ano de 1992, na Universidade da Flórida do Sul, foi desenvolvida uma célula de filme fino, que contém 15,89% de eficácia. Desde 1990 as películas finas de células fotovoltaicas são fabricadas para gerar eficiência ao se comparar com os módulos tradicionais. Desde então o Brasil encontra-se em preocupação para a sustentabilidade, com grupos graduais de pesquisa em trabalho para a criação de dispositivos eficientes e empresas executando alternativas de trabalhos mais verdes

e limpas os investimentos de fontes limpas e renováveis estão avançando cada vez mais.

Atualmente empresa mineira Sunew, criada em 2015 fabrica Filmes Fotovoltaicos Orgânicos, são uma opção mais sustentável que os Painéis Fotovoltaicos comuns. Em destaque hoje no Brasil (CSEM 2019).

Organic Photovoltaics no porturquês Denominados por OPV, os Filmes Fotovoltaicos Orgânicos consistem, em termos técnicos, por um conjunto de camadas poliméricas impressas por meio de solução compostos por células fotovoltaicas orgânicas, material semicondutor à base de carbono que pode ser fabricado sobre um substrato como vidro, ou plástico. Ou seja, são dispositivos em forma de filmes finos, sendo flexível, pode ser fixo em suportes rígidos de diversas formas, leves, finos, não tóxicos, e sintetizados em laboratórios, são capazes de adequar em qualquer ambiente (petronotíca 2019)

Figura 1: Filme Fotovoltaico Orgânico em rolo

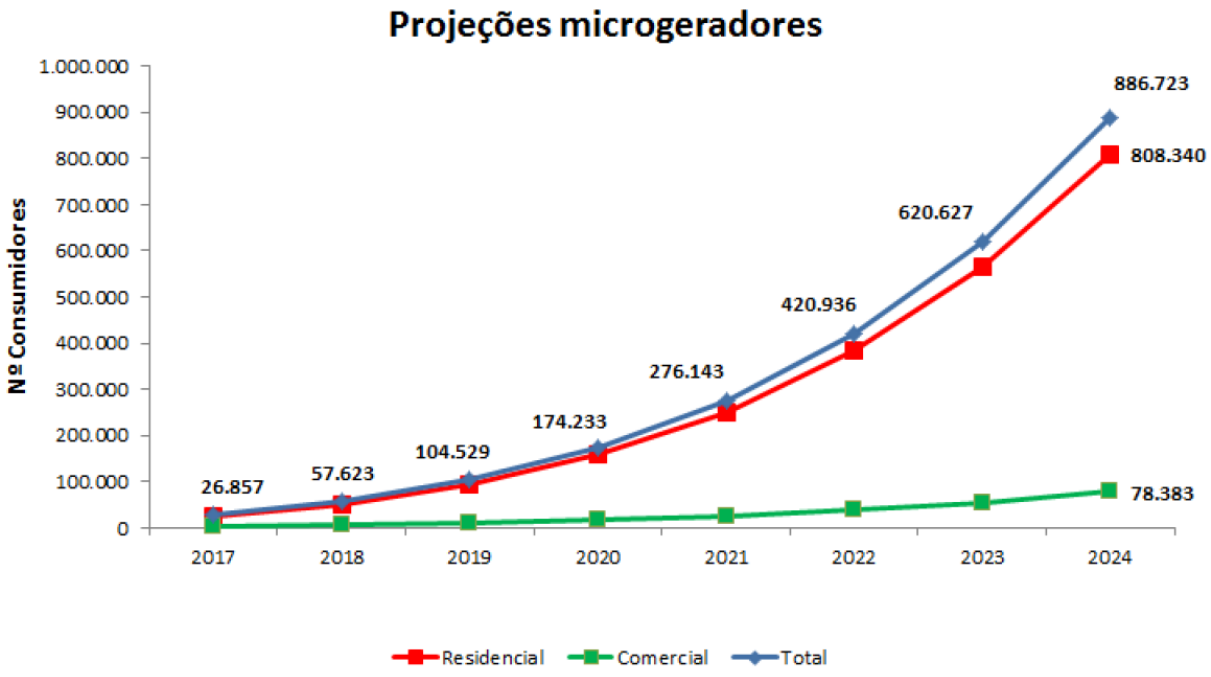


Fonte**:** Acervo Revista Projeto

4.2. Gerações de energia fotovoltaica.

Atualmente o sol é a maior fonte de energia limpa. O sol e responsável por todas formas de energia que conhecemos, com o ciclo da água que surge o rio que tem energia cinética, que através dela gira as turbinas em usinas hidrelétricas, que transforma em energia mecânica e pôr fim a energia elétrica, mesmo acontece com o vento que surgi graça ao aquecimento do sol, e as fontes de Biomassas que depende de plantas, e elas dependem do sol para se desenvolver. Na atmosfera da Terra tem uma intensidade de 1,3kW por metro quadrado de radiação solar, tornando o Sol uma fonte de energia alternativa inesgotável. No solo tem uma variação conforme os fatores, como estação do ano, localização geográfica e condições atmosféricas. A atmosfera age como se fosse um filtro, passando no máximo 1.000W por metro quadrado de irradiação solar, o valor dessa potência pode ser medida no meio-dia-solar. Equivalente a 10mil vez o consumo de energia elétrica em todo planeta. A Faixa do Equador encontra próximo ao Brasil, emitindo uma grande concentração de irradiação solar, e com grande vantagem territorial, O Nordeste tem a aproximadamente 5,9 de kWh por metros quadrados, no estado da Bahia tendo como característica um clima semiárido, tornando perfeito para a utilização de sistema fotovoltaico. Com os avanços de geração de energia elétrica através dos módulos fotovoltaicos na própria residência ou no local de trabalho interligada com a geração distribuída (GD), a partir de fontes renováveis, ocorrera uma eficiência energética, podendo assim impactar a tarifa de energia. Em 2018 o ano fechou com 57.033,0 sistemas de energia solar fotovoltaica, instalado, com base no crescimento acelerado do ano de 2017 a 2019, pode ter uma previsão de chegar ao final de 2024 com mais de 886.700 mil sistemas instalados. Como mostra a Gráfico 1. Mesmo com outras fontes de energia sendo mais desenvolvidas, com infraestrutura melhor, o uso de energia fotovoltaica é promissor, com tendência que os preços se torne mais barato e competitivos a medida que o conhecimento sobre os módulos fotovoltaicos for crescendo. (Blue Sol, 2019).

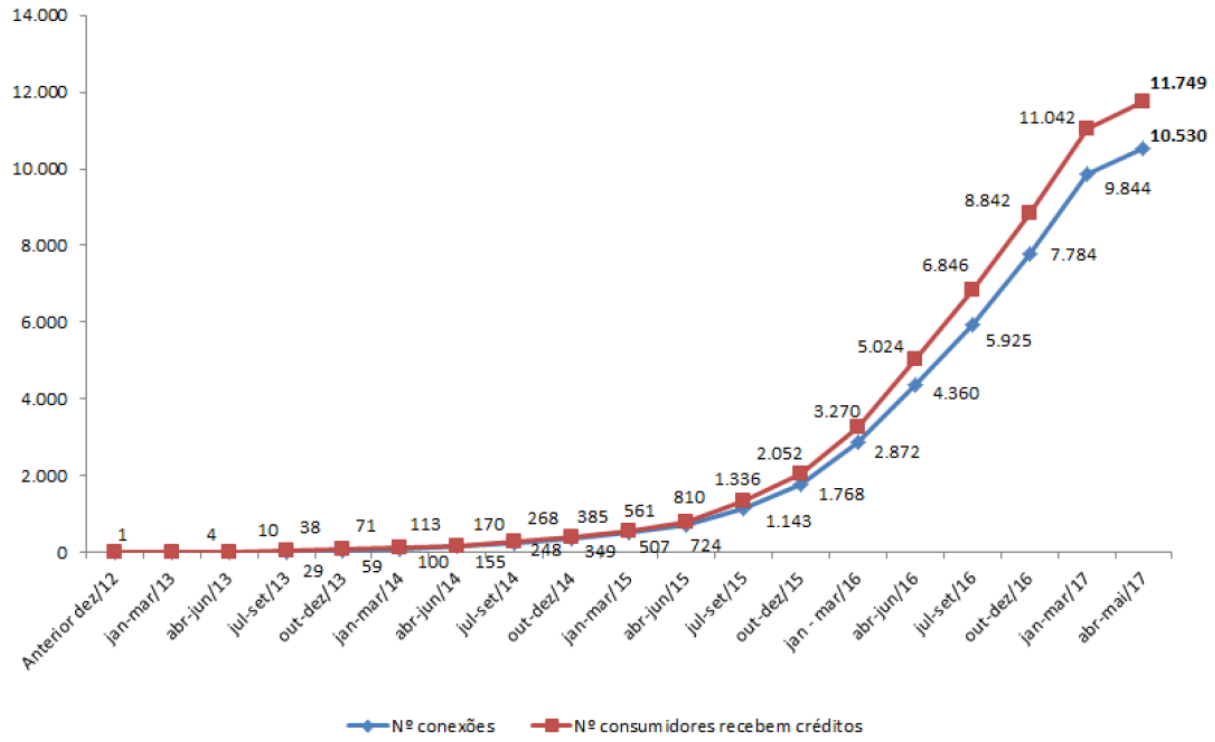
Gráfico 1: Projeções Microgeradores



Fonte: BlueSol (2019).

No Brasil 83 percentual são fontes renováveis na matriz Brasileira, segundo o ministério de minas e energia. As fontes de energia renováveis incluem a bioenergia, solar, eólica e hidráulica, no ano de 2019 a geração de energia hidráulica possui um percentual de 78,2 em relação energia renovava total, a energia solar encontra com 1,2 percentuais. A geração na própria unidade consumidora (UC) encontra com 80,51 de percentual em comparação as modalidades de geração de todas as potências instalada de energia solar fotovoltaica, o auto consumo remoto tem 18,39 de percentual. Com essas modalidades que incluem também a geração compartilhada e empreendimento, ajudaram ao crescimento, múltiplas unidades consumidoras dessas gerações instaladas no Brasil. Com salto de uma unidade em 2012, até 11.749,00 unidades em 2017 (BlueSol, 2018), como pode ver na gráfica 2.

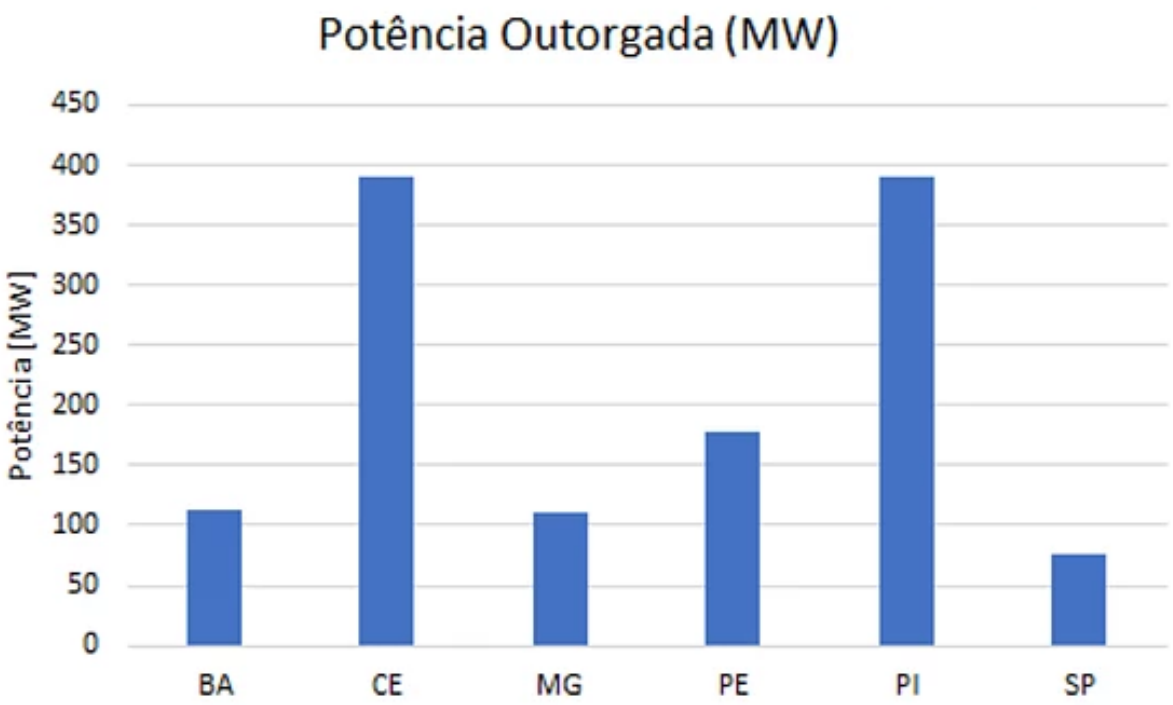
Gráfico 2: Crescimento múltiplas unidades consumidoras no Brasil.



Fonte**:** BlueSol (2018).

Os empreendimentos Solares Fotovoltaicos crescem nos estados. Devido as suas vantagens como totalmente renovável, não faz barulho, não polui, pouca manutenção, é o sistema de autogeração mais barato, são resistentes às intempéries, baixo custo considerando-se a vida útil, fáceis de instalar, Instalado em áreas isoladas, a rede elétrica, Ocupa pouco espaço, Economia de 90% da conta de luz, Vida útil , levada, Queda de preços devido ao avanço da tecnologia, Valorização do imóvel. Chegando à quantidade de novo Despacho de Requerimento de Outorga, no ano de 2018 foi de 741 com uma capacidade instalada de até 31.800 MW. Os estados que tem o maior potencial outorgada em 2018 foi o Ceará e o Piauí para a fonte solar fotovoltaica. Como mostra no gráfico 3. O mercado cresce de forma estrondosa e os modelos atuais fotovoltaicos têm quedas de preços estando cada vez mais acessível à população brasileira, já os novos modelos fotovoltaicos surgem com aumentando no seu percentual de rendimento (BlueSol, 2018).

Gráfico 3: Potência Outorgada



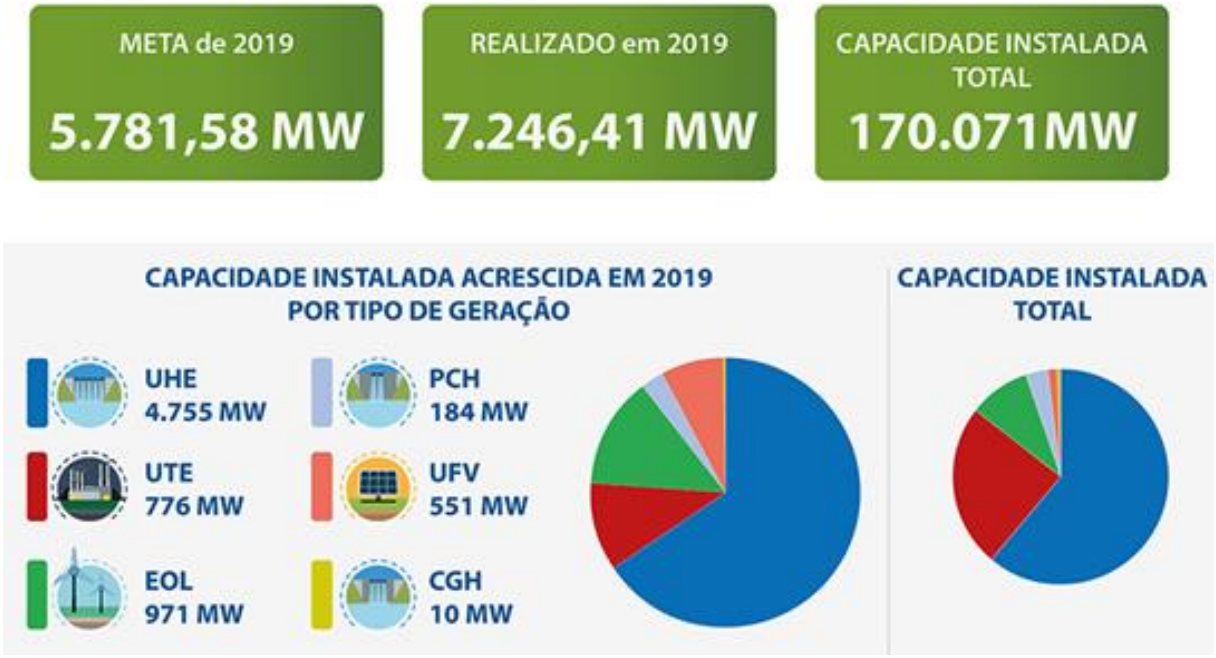
Fonte: EpowerBay (2018).

4.3. Produções e consumo de energia no Brasil

O Brasil finalizou no ano de 2019 com 7.246,41 megawatts (MW) de capacidade instalada relacionada à geração de energia elétrica em geral, com a atuação da Agência Nacional de Energia Elétrica passando meta prevista desse mesmo ano de 5.781,58 megawatts. Totalizando uma potência total de 170.071 megawatts.

Matriz energética brasileira é composta por fontes renováveis e não renováveis: Usinas Hidrelétricas (UHE), Usinas Termelétricas (UTE), Usinas Eólicas (EOL), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), Usinas Termonucleares (UTN) Usinas Fotovoltaicas (UFV) e Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH). Como pode ver no gráfico 3.

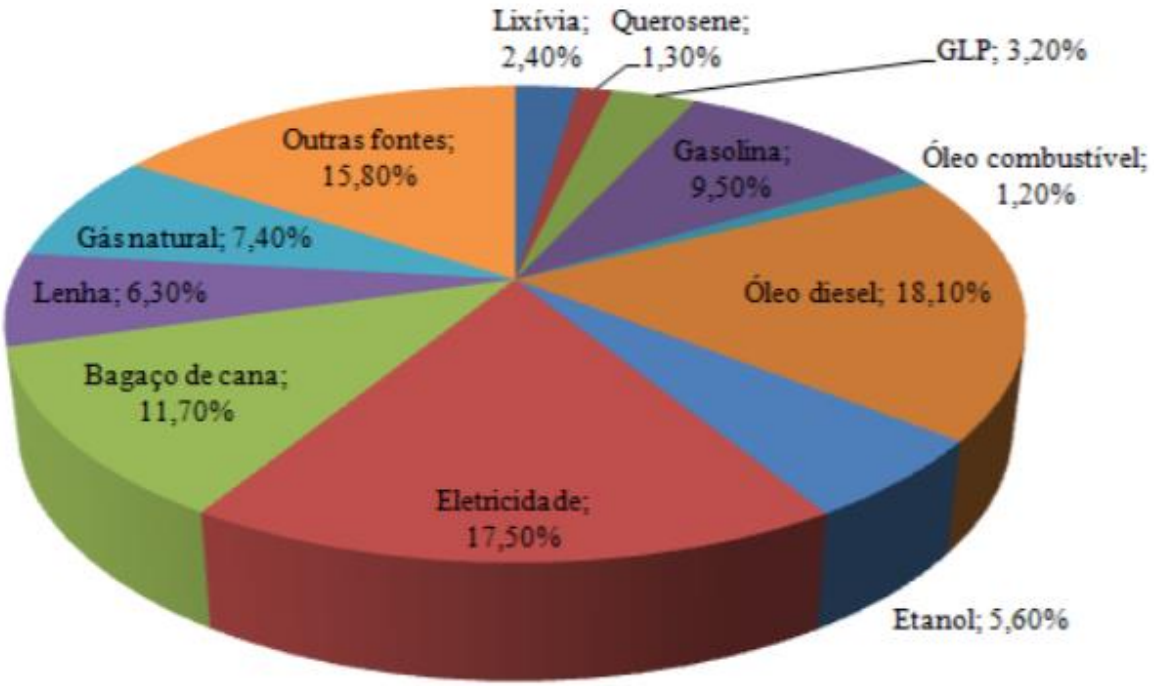
Figura 2: Matriz energética brasileira



Fonte: ANNEL (2020).

A fonte de energética mais consumida no Brasil e o óleo diesel como podem ver na Figura 2, Petrobras e Eletrobrás são principais empresas atores do setor de energia da América Latina. Durante o ano de 2017, no Brasil foram consumidos aproximadamente 260 megateps de energia, O megateps é uma unidade de medida de energia que e equivalente a 106 toneladas de petróleo. Sendo assim considerada como energia não renovável devido às emissões de gases em consequência o efeito estufa, a indústria e o maior consumido de energia elétrica do Brasil com 33,3 percentuais de todo o consumo. Em 2017 o Brasil foi considerado o 7º maior consumidor de energia do mundo e o maior da América do Sul.

Gráfrico 4: Consumo final de energia por fonte



Fonte: Empregos Click Macaé (2018).

Os combustíveis fósseis ainda são a fonte de energia mais utilizada no Brasil, mesmo assim A matriz elétrica brasileira é uma das mais renováveis do mundo. devido à 75 percentuais da eletricidade gerada no Brasil são das usinas hidrelétricas. Como mostra no gráfico 4.

4.4. Energias fotovoltaicas

Em abril de 2012 a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) permite que os consumidores realizem a compensação no segmento de geração distribuída através de regras homologadas pela concessionária, como microgeração conectada a geração distribuída (GD) de energia elétrica. Através das normas criadas na Resolução Normativa 482, sendo assim, todo consumidor cadastrado no Ministério da Fazenda, com sistema gerador de energia elétrica própria ativo, tem concessão para conectar uma fonte renovável. Sendo biomassa, eólica, hidráulica, solar ou cogeração qualificada. Na data de novembro de 2015 foi publicado a Resolução Normativa de número 687 onde foram alterados alguns ativos da Resolução Normativa 482, como a compensação de energia elétrica, que pode ser guardado como crédito a energia

elétrica excedente na concessionária de 36 para 60 meses, A solicitação de acesso à conexão do sistema microgeração de energia elétrica a rede elétrica da concessionária diminuiu de 82 para 34 dias retrata do autoconsumo local na modalidade de micro geração ou minigeração distribuída junto à carga, no qual a energia elétrica excedente gerada pela a unidade consumidora física ou jurídica é creditado ou compensado pela mesma unidade consumidora. (Parecer Proferido em Plenário ao Projeto de Lei Número 5.829, 2019)

4.5. Autoconsumo local.

Autoconsumo local e uma modalidade de microgeração distribuída eletricamente junto à carga, participante do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) no qual o excedente de energia elétrica gerado por unidade consumidora de titularidade de um consumidor-gerador, pessoa física ou jurídica, é compensado ou creditado pela mesma unidade consumidora do sistema instalado. (ANEL, 2015).

4.6. Autoconsumo remoto

Na modalidade de micro geração, O proprietário da geração de energia elétrica, distribui a energia em cargas distinta, situadas na mesma área de concessão ou permissão da concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica, no qual a energia elétrica excedente gerada pelo proprietário jurídico ou física, é compensado ou creditado em uma unidade consumidora ou até em todas unidades consumidora do proprietário, incluindo matriz e filiais

4.7. Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras (EMUC).

O Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras ou EMUC é uma das novas modalidades de geração distribuída autorizados pela Resolução Normativa (REN 687/2015).

EMUC é caracterizado de forma independente a utilização da energia elétrica, no qual cada consumidor esteja com unidade consumidora em seu nome, onde todos estão abatendo seu consumo de energia através da solicitação de acesso, adquirido com copias de instrumento jurídico, comprovando o compromisso de solidariedade

entre as partes dos integrantes, localizada em áreas de uso comum com a unidade consumidora da responsabilidade do condomínio, sendo proprietário ou administração do empreendimento, podendo ser uma geração de energia como microgeração distribuída, localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades próximas, evitando de utilizar essa área do projeto em propriedades de terceiros que não seja integrador do empreendimento, locais de via públicas, passagem aérea ou subterrânea. Neste mesmo enquadramento EMUC o consumidor pode compensar outras unidades consumidora quando a excedente de energia, definindo percentual para cada consumidor participante do sistema de compensação de energia elétrica, a solicitação a alteração junto à distribuidora, por escrito, acompanhado da cópia de instrumento jurídico, comprovando o compromisso entre as partes, com antecedência de sessenta dias da sua aplicação. (REN 687/2015).

4.8. Geração Compartilhada

A geração compartilhada e um mecanismo de microgeração distribuída, participante do Sistema de Compensação de Energia Elétrica, onde são reunidos os consumidores para o empreendimento de infraestrutura, por meios das formas de associação civil por pessoas físicas ou jurídica, ou ambas, com consórcio, cooperativa, condomínio voluntário ou edilício, possuindo unidades consumidoras como microgeração, as unidades consumidoras dos participantes do empreendimento receberão a energia elétrica excedente, próximo ou distante do empreendimento desde que seja localizado na mesma área de concessão, ou permissão da concessionária de energia.

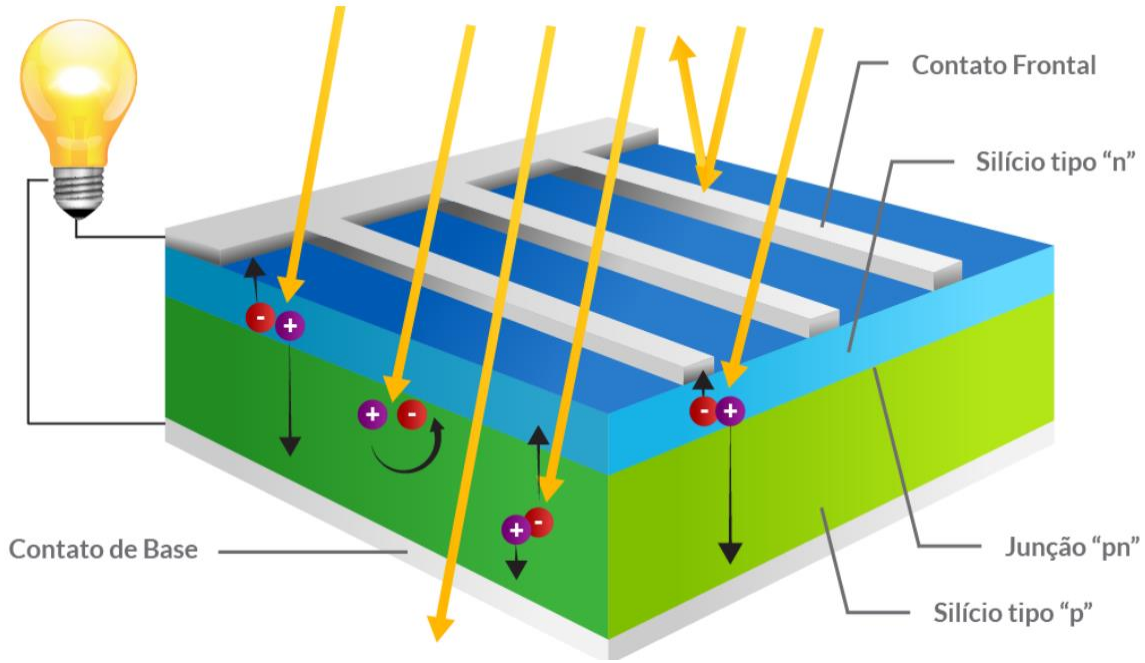
4.9. Terreno

O local para implantação do sistema fotovoltaico remoto pode ser em terrenos que não tem o solo fértil, quanto mais o solo for árido melhor para a manutenção do local, com terreno plana que não haja sombra de arvores, podendo ser cercado para proteger o sistema de animais. O terreno longe da cidade com essa característica, normalmente são os mais baratos, sendo assim, uma forma viável economicamente para o investimento no sistema fotovoltaico remoto. (PARECER PROFERIDO EM PLENÁRIO AO PL N.º 5.829, DE 2019)

4.10. Funções do efeito fotovoltaico.

O sistema fotovoltaico é uma geração de energia elétrica, composto por vário ou um arranjo, cada arranjo tem dois ou mais módulo, ligado em série, paralelo ou série e paralelo, o módulo fotovoltaico, têm várias células ao longo da placa, essa célula tem duas camadas, superior e inferior, a luz solar e uma grande concentração de fótons. A um efeito quando os fótons chegam a uma das camadas superior da célula do modulo que e composto de silício dopado fósforo, silício tipo negativo (n), e com a chegada dos fótons e liberado um eletro do átomo, esse eletro percorre até chegar à camada inferior da célula, que e silício dopado de boro, silício tipo positivo (p), onde é encontrado lacunas ou falta de elétrons, e esse percurso dos elétrons de uma camada a outra gera uma corrente de energia elétrica. Como mostra na Figura 3.

Figura 3: Efeito fotovoltaico.



Fonte: BlueSol (2019).

O valor da corrente elétrica depende da quantidade de fótons que chega ao modulo, cada célula gera aproximadamente 0,6 V como são ligadas em série no modulo, pode atingir de 40 a 70 V, A quantidade de tensão desejada depende da conexão entre os modulo, podendo ser ligado em série, paralelo ou série e paralelo respectivamente. Os módulos ligados em série e conhecida com strings. A energia

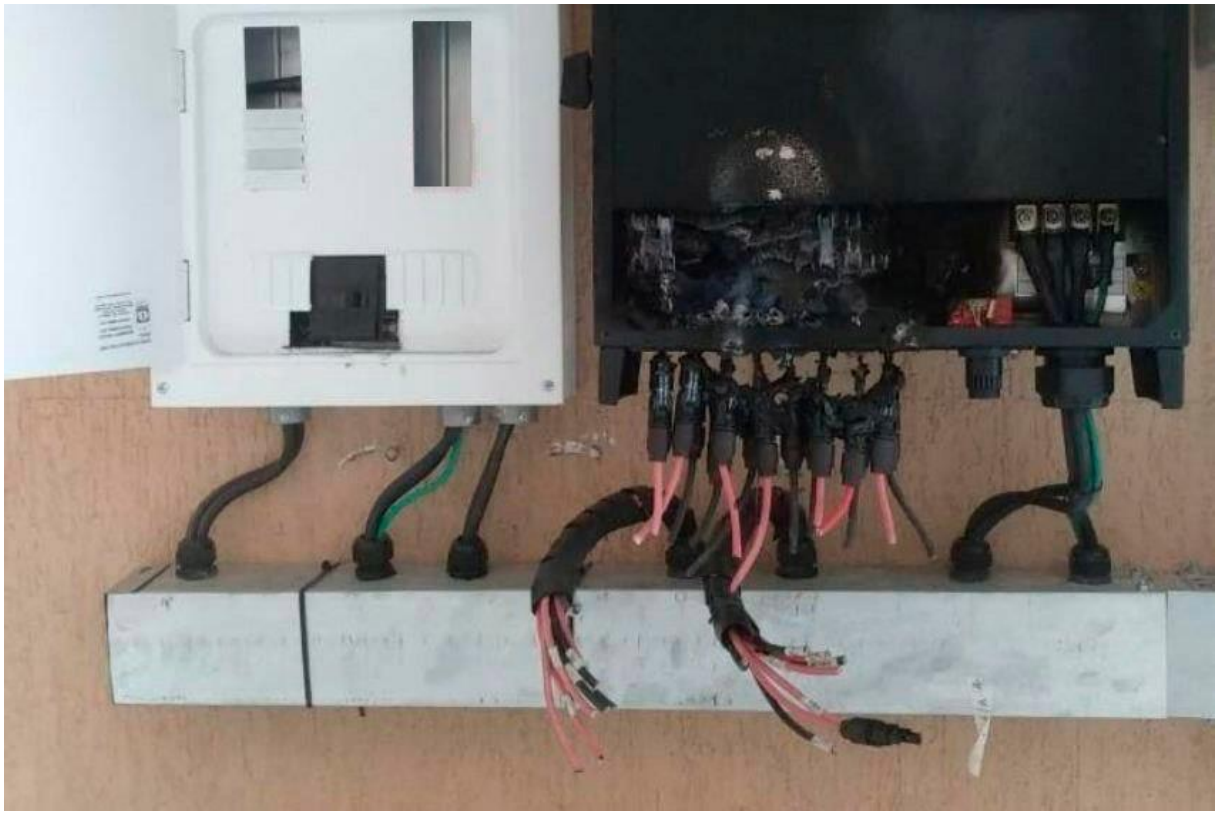
elétrica vem em corrente continua, onde o mesmo precisa de um inversor para transformar a energia continua (DC) em energia alternada (AC), que através das proteções solicitadas percorre até o quadro de carga. (pisco de luz, 2020)

4.11. Proteções necessária para os equipamentos.

Normalmente equipamentos novos, pode ter defeito de fabricação ou ter mau uso, durante sua instalação, se tratando de instalação de geração de energia, o descuido de detalhes pode comprometer toda geração do sistema.

A norma regulamentadora nº 10 aplica-se também a fase de geração na montagem e manutenção da instalação elétrica, conforme essa situação a norma regulamentadora 10, aborda que o trabalhador eletrotécnico ou engenheiro da instalação seja o trabalhador capacitado, habilitado e qualificado. Dessa forma os erros cometidos na obra são menores devido às características do trabalhador. (gov.br.2020).

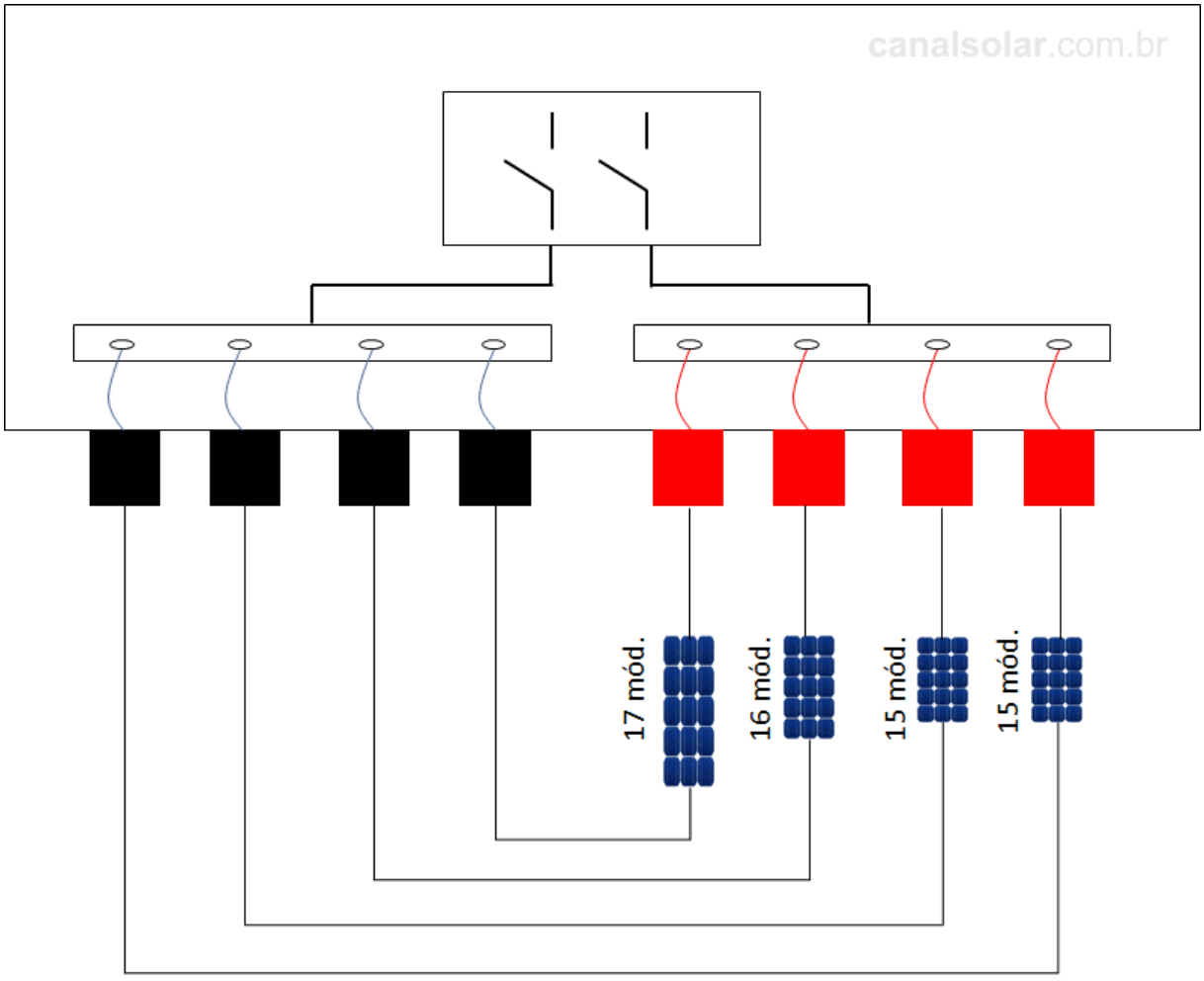
Figura 4: inversor com defeito.



Fonte: Canal Solar (2019).

O inversor com potência 40kW conectado a 125 módulos apresentava baixo rendimento. Durante sua manutenção foi desligado o disjuntor CA, e desligado a chave seletora interno do inversor que desconecta as strings com inversor. No momento da retirada do conector MC4 próximo ao inversor, gerou-se um arco elétrico, iniciando assim a queima do equipamento como mostra na figura 4, conforme a Figura 5 as string são ligadas de forma paralelo na parte interna do inversor, às quatro saída dos inversores tem tensões, diferente na chegada mais com valores de corrente somado, na retirada de um conector MC4 gerou se arco elétrico devido ao barramento energizado, devido à isso e importante ter uma chave seccionadora ou disjuntor de corrente continua para cada string, evitando este tipo de problema e na segurança da manutenção.

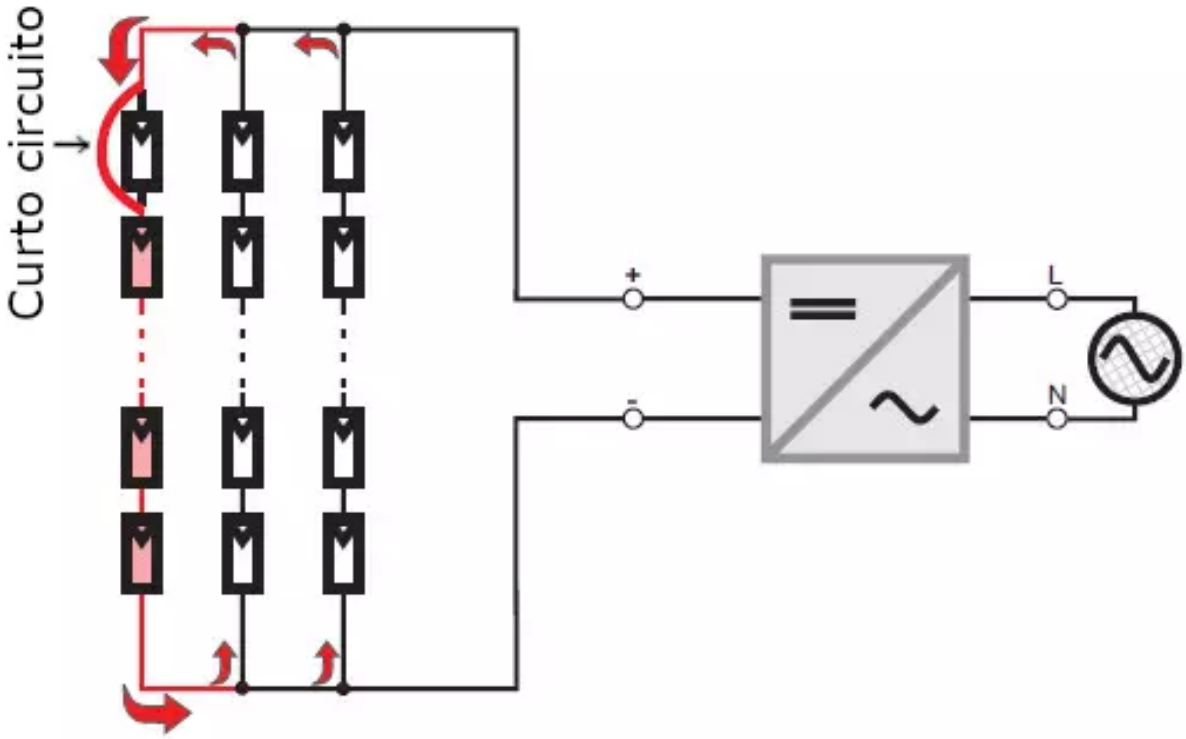
Figura 5: diagrama da ligação das strings em paralelo dentro do inversor



Fonte: Canal Solar (2019).

Com os módulos ligados em paralelo com arranjos de tensões diferentes e possível ocorrer corrente reversa, onde a corrente reversa sendo um fluxo de corrente no sentido contrário, do fluxo de corrente de operação normal dos arranjos. Ocorrendo superaquecimento dos módulos em caso grave ocorre incêndio como mostra na figura 7, podendo ser envidado durante as manutenções preventivas observando a degradação dos cabos, ou visão térmica dos arranjos. A figura 6 demostra que nessa situação o modulo com menor tenção pode ser a carga durante o circuito aberto, gerando assim o curto circuito.

Figura 6:curto na string



Fonte: Canal Solar (2019).

Contudo, os circuitos ficaram abertos durante a manutenção de um técnico presente, que não ocorre com frequência levam à diferença de tensão de circuito aberto das strings, onde ocorre esse problema de curto na string, esse problema pode ocorrer também através de sombreamento em um arranjo ocorrendo um diferencial de potencial como mostra na figura 8, ou defeito de geração do modulo. Desta forma

a corrente reversa pode ser evitada com proteções de fusíveis em cada string, abrindo o circuito com alta corrente, evitando a degradação dos módulos, com essas medidas preventivas apropriadas a fim de reduzir os riscos e mantendo assim sua vida útil.

Fonte: Canal Solar (2019).



Figura 7: Corrente reversa.

Figura 8: Sombreamento nos módulos.



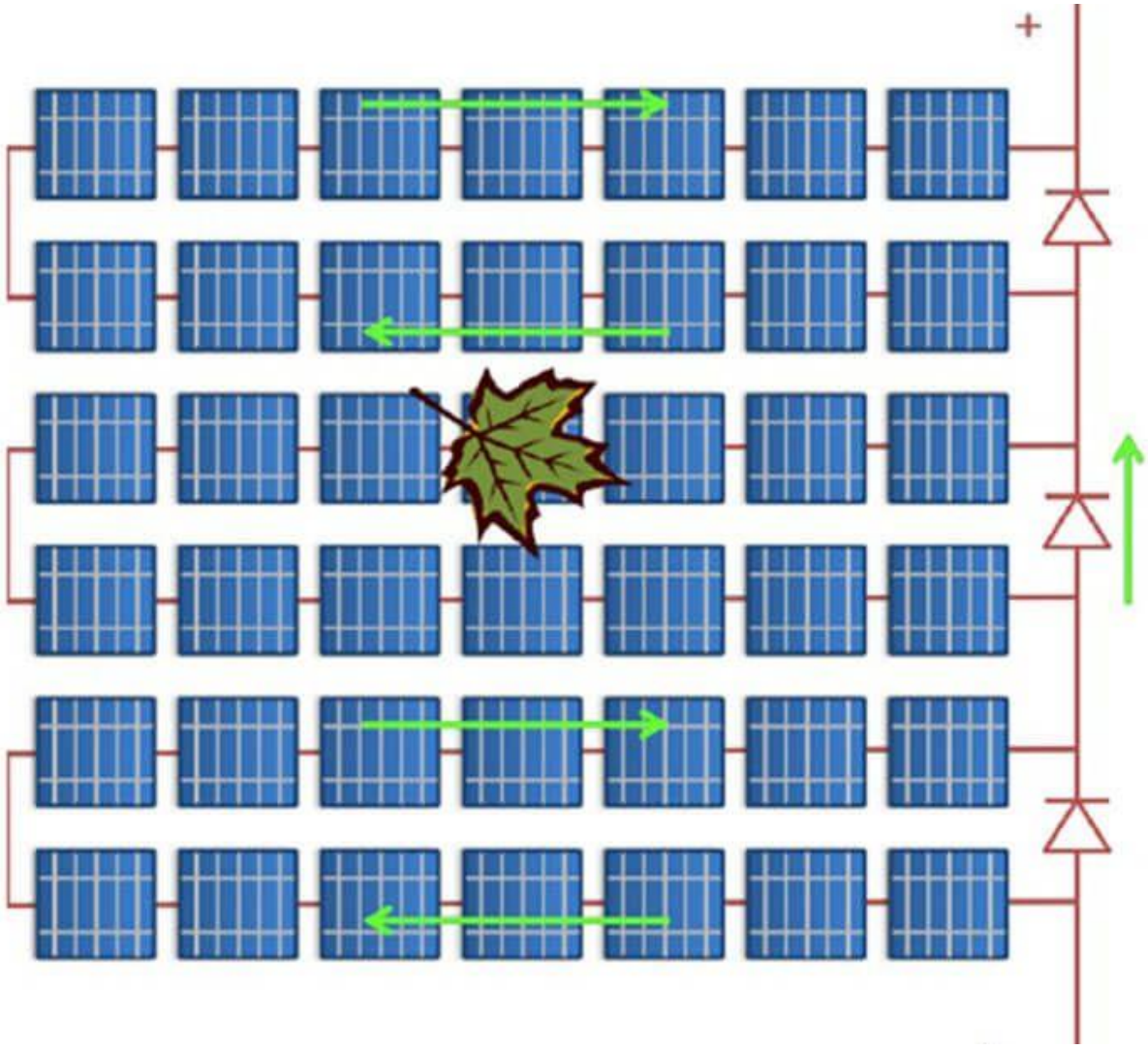
Fonte: Canal Solar (2019).

Os módulos é formado por um conjunto de células fotovoltaicas, com quantidades células que varia conforme a potência e modelo dos módulos essas células pode ser associadas em paralelo, série ou em paralelo e em série como mostra a figura 10.

Quando a sombreamento em uma das células, ou seja, não há luz incidindo sobre ela, sua função muda de gerador para consumidor, tornando assim uma resistência elétrica. Consumindo a energia das células geradoras, superaquecendo, danificando o modulo como mostra na figura 11 ou até mesmo pegando fogo como mostra na figura 8. Esse fenômeno é chamado de efeito hot spot.

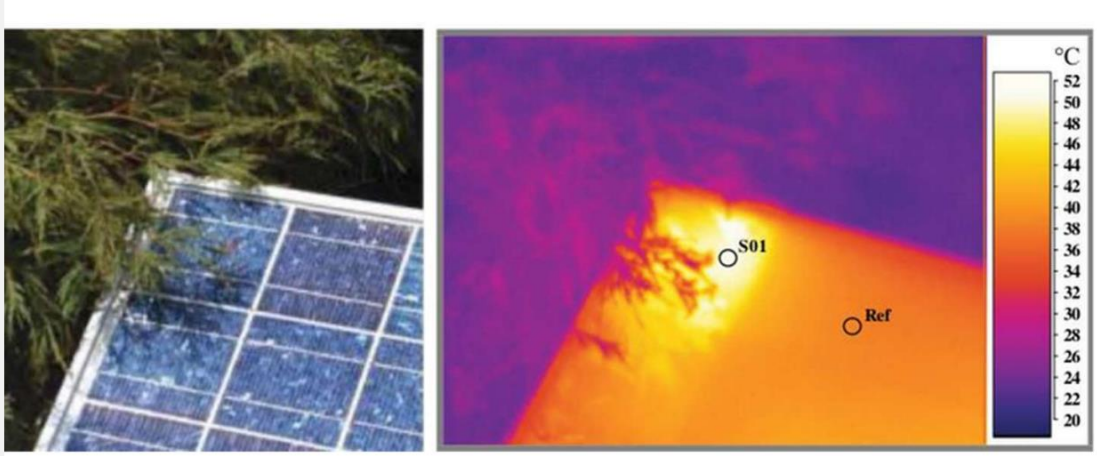
Para que as células sombreadas deixam de consumir a energia das células geradoras, são acrescentados diodos de by-pass nos módulos fotovoltaicos, ou seja as células sombreadas são ignoradas. Dessa forma a energia gerada não passa na célula sombreada, como mostra na figura 9.

Figura 9: Células associadas em série e paralelo



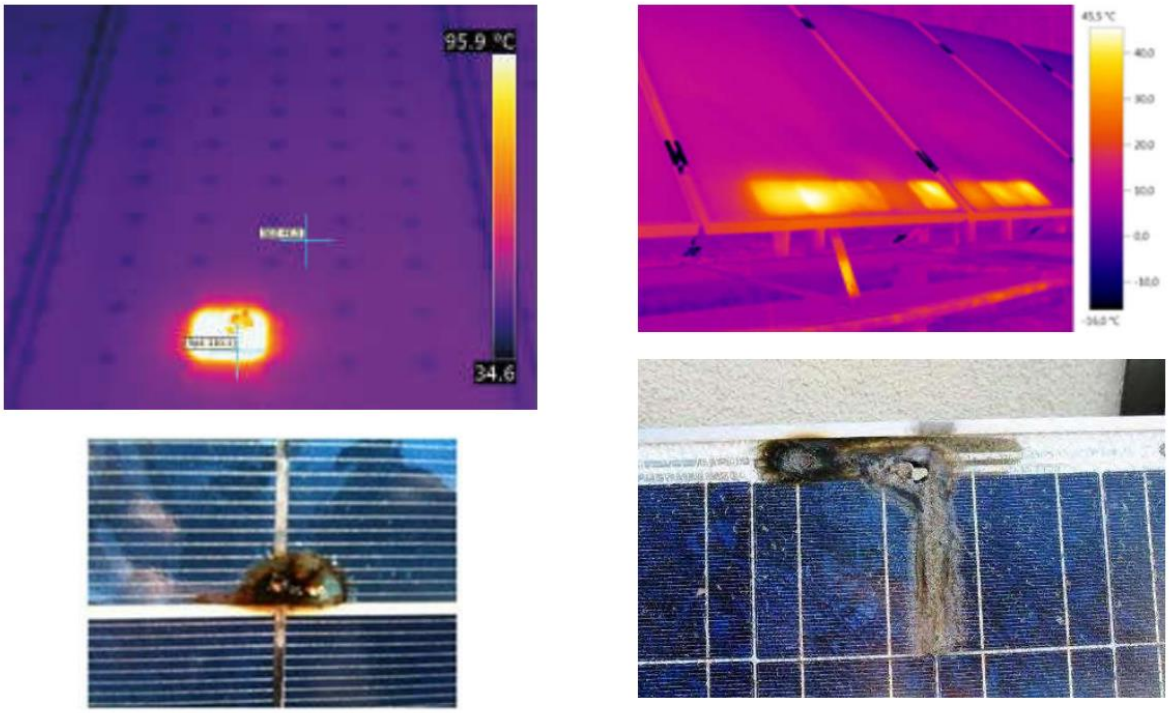
Fonte: ENGEHALL (2018)

Figura 10: Sombreamento no módulo



Fonte: própria

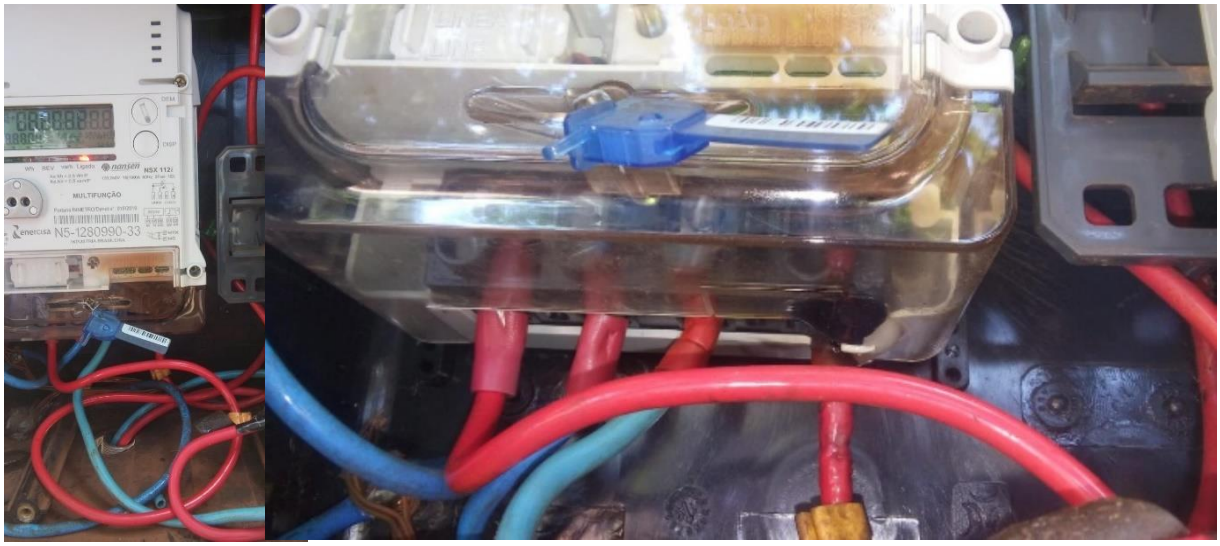
Figura 11: módulo danificado



Fonte: própria

É importante observar que todas as instalações sejam executadas corretamente, onde as manutenções devem ser observadas através de imagens térmicas. Evitando pontos quentes que possa danificar o equipamento que trabalhe com corrente elétrica sendo ela corrente continua ou alternada. Na figura 12 e possível observa-se que a ponto quente na entrada de energia elétrica do sistema fotovoltaico do consumidor no relógio bidirecional. Onde a possibilidade de os parafusos estarem frouxo. De forma que o ocorra uma alta resistência, onde dificulta a passagem da energia elétrica, ocorrendo efeito joule, onde o calor em excesso pode danificar o isolamento entre os condutores ocorrendo assim um curto, com incêndio iminente devido à falta de proteção que fica após o relógio medidor.

Figura 12: Relógio bidirecional



Fonte: própria

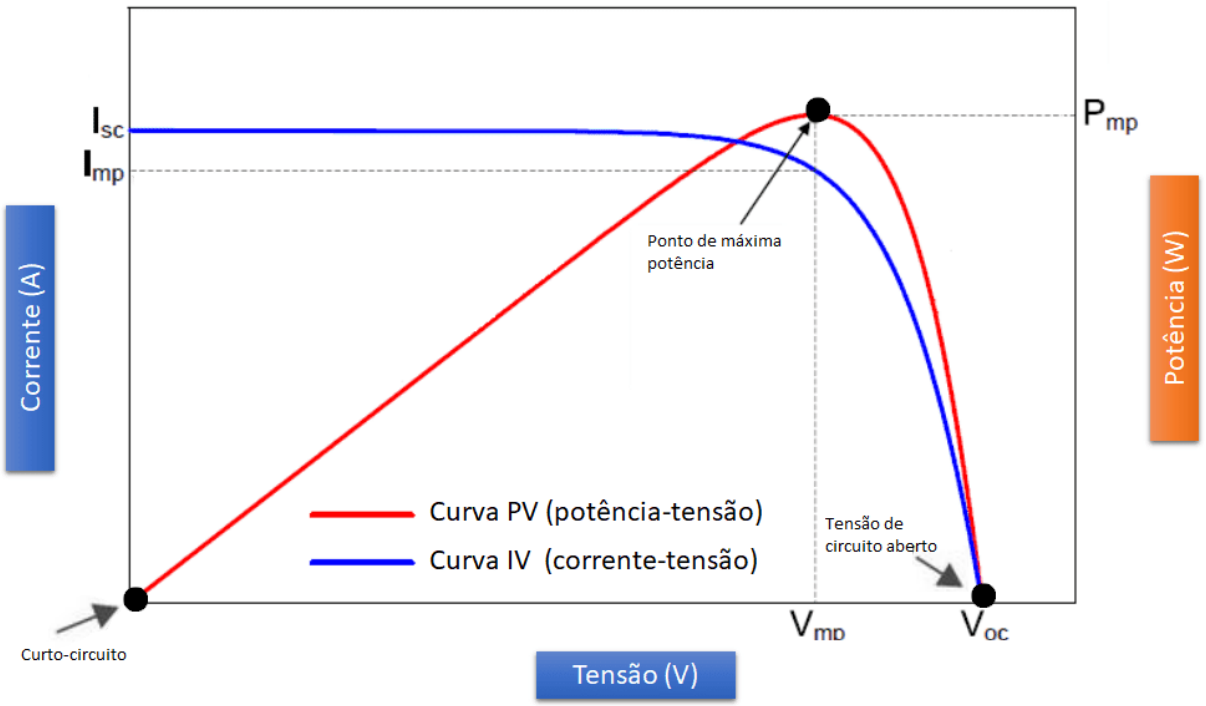
4.12. Curvas Características dos Módulos Fotovoltaicos.

Os módulos não conseguem manter um valor de tensão constante, pois dependem da luz solar para funcionar, diferentes de outras fontes elétricas convencionais, A tensão pode aumentar ou diminuir, dependendo da quantidade de corrente exigida pelo equipamento. Mantendo uma compensação com a carga. As curvas de corrente e tensão, potência e tensão, são características dos módulos fotovoltaicos, é possível visualizar três pontos importantes que ocorre no módulo:

ponto de corrente de curto-circuito, ponto de máxima potência e o ponto de tensão de circuito aberto, como mostra na Figura 13

.

Figura 13: Relação entre potência-tensão e corrente-tensão de um módulo fotovoltaico.



Fontes: Canal solar (2019).

Figura 13: Relação entre potência e tensão de um módulo fotovoltaico.

No ponto de Curto-Circuito o valor de corrente é máximo e a tensão é nula, devido à falta de carga sendo alimentado pelo módulo.

Imp - Corrente de máxima potência (maximum power): é a máxima potência elétrica que o módulo pode fornecer.

Isc - Corrente de curto-circuito (short circuit): é a corrente que o módulo fornece quando opera no seu ponto de máxima.

O ponto de potência máxima e quando o valor de corrente, tensão e potência se encontra no máximo simultaneamente, ideal para o funcionamento do modulo fotovoltaico. Conhecido também com MPP (maximum power point).

Vmp - Tensão de máxima potência.

Pmp - Potência de máxima potência.

Ponto de tensão de circuito aberto e o valor de tensão é máximo que o modulo pode fornecer, quando não tem carga, por consequência a corrente é nula.

Voc - Tensão de circuito aberto (open circuit).

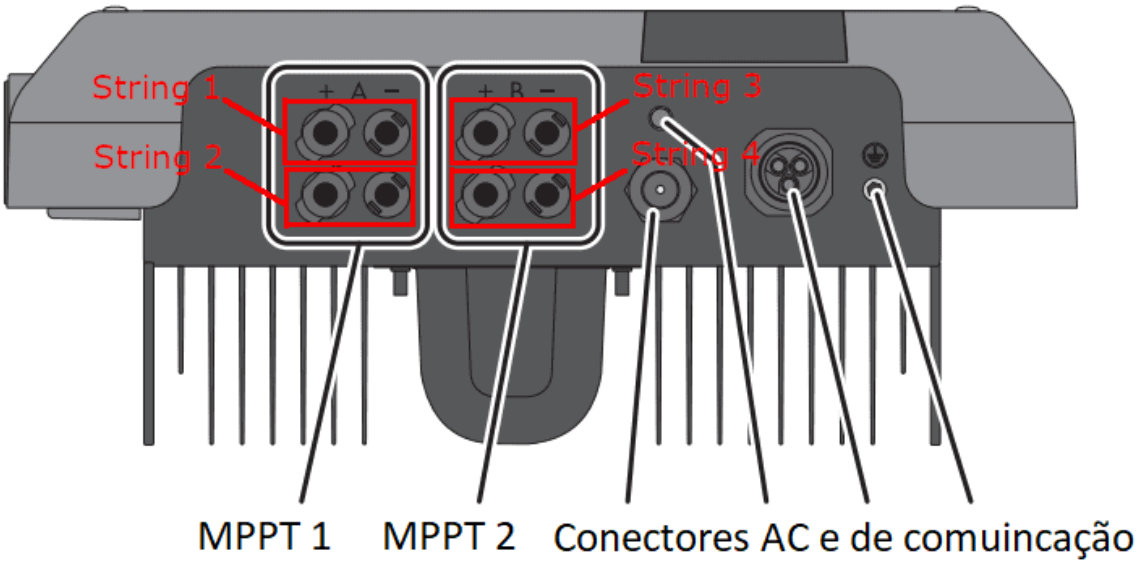
4.13. Sombreamento parcial em arranjos fotovoltaicos.

A sombra de árvores, prédios ou outros objetos que pode ficar acima do modulo fotovoltaico e um fato, podendo ser um problema quando se trata de um único arranjo com módulos ligados em paralelo, nesta situação ocorre o efeito chamado de "mismatch", quando a uma incompatibilidade entre os módulos. O máximo de aproveitamento desse arranjo em porcentagem e igual ao rendimento em porcentagem do modulo que se encontra com sombra, tendo uma quantidade de corrente baixa (Solarize,2016).

No entanto, os módulos conectados em série têm um efeito diferente. Os módulos com sobra chegam com potência próxima à zero, quando os outros que não tem sombra se soma, disponível ao máximo da sua capacidade.

Os telhados que precisa ter mais de um arranjo de módulos fotovoltaicos, que a luz solar foca em horários diferentes. A uma necessidade de ter um inversor com mais de uma entrada (MPP tracking) essa entrada e conhecida com MPPT. Como mostra na Figura 14.

Figura 14: Entrada das strings



Fonte: Canal Solar (2019).

A entrada de MPPT 1 tem a função de rastreamento do Ponto de Máxima Potência de uma das duas Strings que aparece na Figura 14, o mesmo vale para entrada de MPPT 2.

Em caso de sombras que surgem em horas marginais e locais diferentes, os micros inversores ou otimizadores para cada modula e o ideal para o sistema.

4.14. Legislações relacionadas à geração de energia no Brasil.

As agências governamentais responsáveis pela política de energia no país são o Ministério de Minas e Energia (MME), Conselho Nacional de política de energética (CNPE) e Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Aneel possibilita a produção da própria energia por meio de fontes renováveis estabelecidas por meio da resolução normativa 482/2012, e por fontes renováveis remotos tem a resolução normativa de número 687, de 24 de novembro de 2015.

5. ESTUDO CASO.

Neste trabalho será implantado em um terreno plano onde e construído um galpão, com telhado Trapézio Galvanizada com inclinação de 8,5 graus ao norte, devido ao seu local, não a sombreamento ao longo do ano, por não haver construções de edifícios ou plantações de árvore próximo. Deste modo, O Adalberto Lacerda Almeida tem como propriedade de terrenos de área com 540 m², em área coberta tem 360m². No endereço de Porto Nacional, Tocantins na quadra 15 rodovia 348 Nº: 11, geração até 45 kWp. Áreas já cobertas com espaço suficiente para a implantação da minigeração, há uma distância de um arranjo ao outro e envolta dos módulos de 50 cm aproximadamente ocupando área de 310 m², permitindo assim fácil acesso à manutenção e limpeza de cada módulo.

Este trabalho será confeccionado através de uma montagem que fornece kits, onde são incluídos todas os módulos solares fotovoltaicos, inversores, cabos, e suportes de fixação. Neste projeto e definido os módulos monocristal por ser mais eficientes na geração de energia elétrica, ao compara com os módulos policristalino, (Portal solar 2018).

Os inversores que tenha mais de uma entrada MPPT (Rastreamento do ponto de máxima potência) mantendo a eficiência máxima da geração elétrica, neste projeto apresenta inversores disponíveis no mercado atual.

5.1. Comparação de equipamentos no mercado local.

No mercado atual foi comparado três marcas de inversores, Fronius, Sofar e Deye, levando em consideração suas qualidades, eficiência e durabilidade. Desse modo o sistema para potência de 45kWp, ao compara com os 3 módulos da marca BYD, DAH e Risen são apresentados 9 orçamentos com valores diferentes.

Tabela 1: Orçamento

SISTEMA FOTOVOLTAICO 45kWp						
ITENS.	POTENCIA.	QUANT.	ÁREA DA INSTALAÇÃO.	VALOR UNITÁRIO.	VALOR.	
INVERSOR FRONIUS FRONIUS PRIMO 8.2-1 8200W.	8 K	4		R$ 13.932,90	R$ 55.731,40	Valor dos módulos mais inversor.
FRONIUS PRIMO 3.0-1 3000W.	3K	1		R$ 8.685,30	R$ 8.685,30	
POLICRISTALINO BYD 335W FINAME/MDA NACIONAL.	335 W	135	1960 x 990 x 35 mm	R$ 770,30	R$ 103.990,60	R$ 168.407,30
MONO. MODULO DAH 545W.	545 W	83	figura56 x 1133 x 35 mm	R$ 1.215,70	R$ 100.899,80	R$ 165.316,50
MODULO RISEN.	500 W	90	2220 x 1102 x 35mm	R$ 1.134,10	R$ 102.070,60	R$ 166.487,30
SOFAR 7.5KTLM.	7.5 K	4		R$ 6.518,90	R$ 26.075,50	Valor dos módulos mais inversor.
SOFAR 5KTLM-G2.	5 K	1		R$ 4.939,10	R$ 4.939,10	

POLICRISTALINO BYD 335W FINAME/MDA NACIONAL.	335 W	135	1960 x 990 x 35 mm	R$ 770,30	R$ 103.990,60	R$ 135.005,10
MONO. MODULO DAH 545W.	545 W	83	2256 x 1133 x 35 mm	R$ 1.215,70	R$ 100.903,10	R$ 131.917,70
MODULO RISEN.	500 W	90	2220 x 1102 x 35mm	R$ 1.134,10	R$ 102.070,60	R$ 133.085,20
INVERSOR DEYE SUN - 10K – G.	10 K	3		R$ 11.628,10	R$ 34.884,40	Valor dos módulos mais inversor.
INVERSOR DEYE SUN - 5K – G.	5K	1		R$ 4.939,10	R$ 4.939,10	
POLICRISTALINO BYD 335W FINAME/MDA NACIONAL.	335 W	135	1960 x 990 x 35 mm	R$ 770,30	R$ 103.990,60	R$ 143.814,10
MONO. MODULO DAH 545W.	545 W	83	2256 x 1133 x 35 mm	R$ 1.215,70	R$ 100.899,80	R$ 140.723,30
MODULO RISEN.	500 W	90	2220 x 1102 x 35mm	R$ 1.134,10	R$ 102.070,60	R$ 141.894,10

Fonte: própria.

Conforme a tabela, a opção viável economicamente entre os três inversores e os três módulos, e o inversores da marca Sofar e os módulos da marca DAH, no valor de R$ 130.702,00, essa geração se aproximara com valor de 45kWp que será subtraído a uma média anual de consumo de 6000 kWh.

E importante mencionar que é desconsiderado valores de mão de obra da instalação, o orçamento e referente somente ao material da minigeração.

5.2. Simulação da conta de energia com sistema fotovoltaico ativo.

Na modalidade autoconsumo local o consumo em kWh de 6000 e multiplicado pela tarifa com tributos de R$ 0,925250 por kWh resultando no valor de R$ 5.551,50 mais o custo de disponibilidade é a taxa mínima que o usuário precisa pagar para a distribuidora, por ela providenciar toda a infraestrutura. E somado a mais do consumo, 100 kWh, devido à modalidade ser trifásicos, multiplicando pela mesma tarifa tributaria de R$ 0,925250 por kWh resultando no valor de R$ 92,52.

Energia injetada na rede se aproxima de 6523 kWh, será calculado apenas o mesmo valor da energia consumida, os excedentes são registrados como crédito para ser descontado nos meses futuros, crédito de 523 kWh. A energia injetada na rede 6000 kWh tem seu próprio valor de tarifa com tributos, R$ 0,772930 por kWh. Multiplicando a energia injetada pelo valor de tarifa, se aproxima no valor de R$ 4.637,58.

O valor de R$ 5.644,02 consumida, subtraída por R$ 4.637,58 valor de energia injetada, 1.006,44 sendo assim 82% de economia na conta de luz.

Esse cálculo será desconsiderado os valores do imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual, intermunicipal e de comunicação (ICMS), os valores destinados a promover a integração social do empregado (PIS) e a contribuição para o financiamento da Seguridade Social — incluindo a Previdência Social, a Assistência Social e a Saúde Pública (COFINS). E importante mencionar que essa simulação não está levando em consideração o consumo no momento da geração de energia, onde o relógio bidirecional da concessionaria não ler, devido à energia gerada e consumida instantaneamente no local. Reduzindo significativamente o valor de kWh registrado na conta de energia elétrica da concessionaria.

Tabela 2: Simulação da conta de energia com sistema fotovoltaico ativo.

Descrição	Quantidade	Tarifas com Tributos	Valor total (R$)
Consumo em kWh	6000	0,92525	5551,5
Energia Atv injetada	6000	0,77293	-4637,58
Contrib de Ilum Pub	100	0,92525	92,52
TOTAL A PAGAR:			R$ 1.006,44

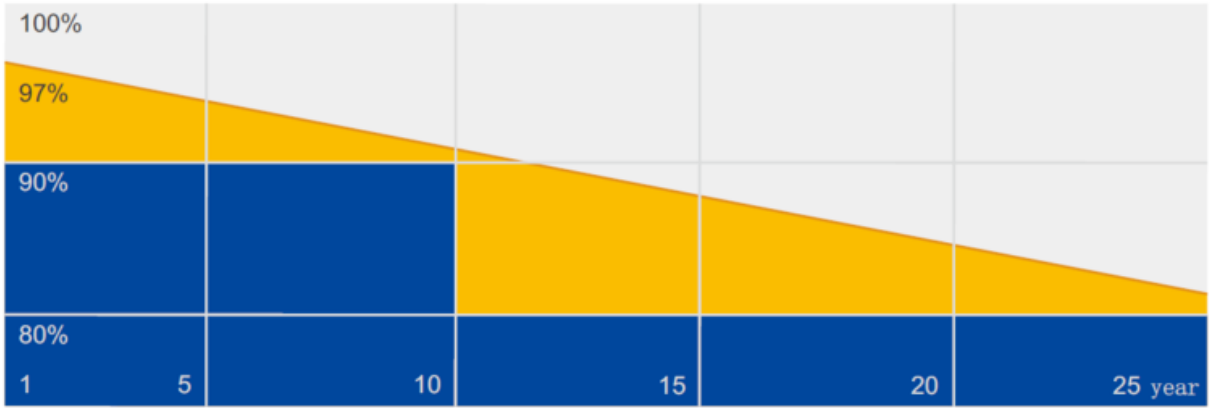
Fonte: própria.

5.2.1. Retorno financeiro.

A geração dos módulos tem taxa de degradação, é o termo usado para descrever o declínio da geração que os módulos sofrem ao longo dos anos durante seu funcionamento, a taxa de degradação varia devido as suas formas construtivas diferentes entre cada fabricante, a potência de saída dos módulos tem perda de até 0,8 % anual, no primeiro ano a perda de geração e maior devido aos primeiros instantes de exposição ao sol com perda de 1 a 3%

No gráfico 5 a representação ilustrando a redução da geração ao longo dos 25 anos, tempo de garantia da geração da marca DAH da potência 545W, a perda inicial e de aproximadamente 2,5% na performance no primeiro ano. A partir de então, a redução é de apenas 0,7% ao ano.

Gráfico 5: degradação dos módulos



Fonte: Laiber solar (2021)

Nesse ritmo, ao fim de sua garantia de geração, de 25 anos, o módulo estaria com desempenho de 80% de sua capacidade nominal. Ou seja, um módulo de 545W estaria operando com cerca de 436W (Laiber solar,2021).

A tabela 03 apresenta a economia de cada ano, mesmo com as perdas de geração, o resultado e satisfatório pôs cada ano é estimado um aumento de reajuste médio anual de 30% sendo assim a tabela apresenta valores de economia acumulada crescente a cada ano.

5.2.1.1. cálculo do retorno financeiro.

Este cálculo será considerado os valores de tarifa energética, bandeira tarifária, iluminação pública, ICMS e taxa de disponibilidade igual para todos os anos, com diferença de aumento de 30% para cada ano seguinte, devido ao reajuste anual mais as taxas não citadas como a inflação energética e taxa de disponibilidade.

O Retorno financeiro (Roi) é o produto da Tarifa energética (Te) no valor de 0,92, com a potência gerada pelo, o empreendimento (Pge) de 6000kWp, quantidade dos meses do ano (Ma), com a porcentagem da potência da geração no primeiro ano de 97,5% (1º%) somada ao reajuste anual de 30% (Ra) com a diferença do valor do investimento (Ivt)

$$Roi = \left[\left(Te * (Pge * Ma * 1º\%)\right) + Ra\right] - Ivt$$

$$(R\$\ 0{,}92525 * (6000 * 12) * 97{,}5\%) + 30\%) - 131.917{,}7 = R\$ - 65.299{,}4$$

Na tabela 03 esse cálculo segue para os anos a seguinte apresentando o retorno financeiro e a geração acumulada juntamente a economia acumulada pelo empreendimento.

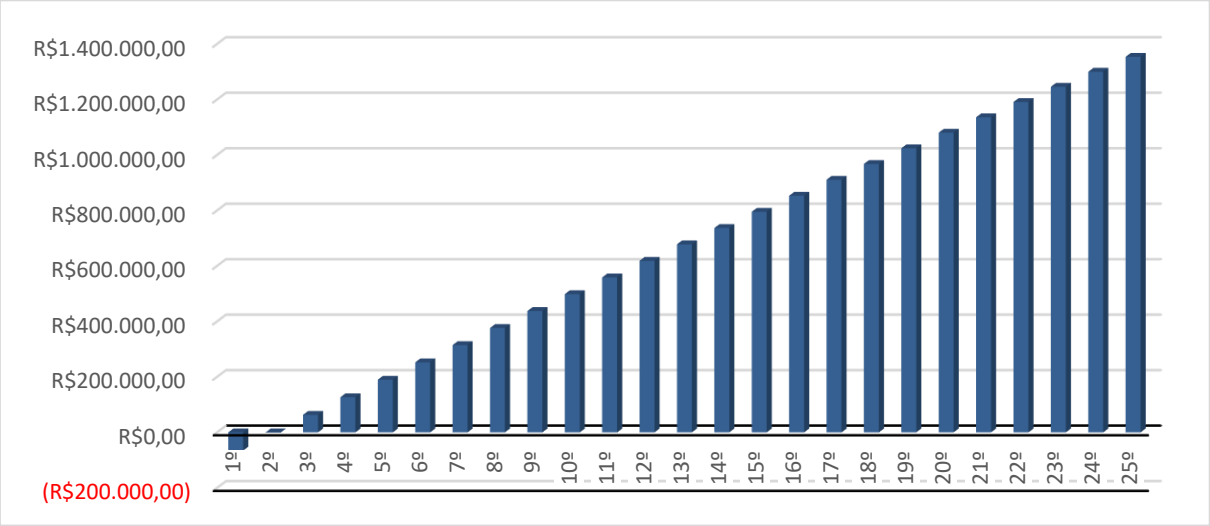
Tabela 3: Retorno financeiro.

Ano	Rendimento dos módulos	Geração Anual (kWh)	Geração acumulada	% Reajuste médio	Economia gerada ano (R$)	Roi (R$)
1º	97,50%	72.000	72.000	30%	66.618,30	-65299
2º	96,80%	69.696	141.696	30%	64.486,50	-812,9
3º	96,10%	69.192	210.888	30%	64.020,20	63207,3
4º	95,40%	68.688	279.576	30%	63.553,90	126761
5º	94,70%	68.184	347.760	30%	63.087,50	189849
6º	94%	67.680	415.440	30%	62.621,20	252470
7º	93,30%	67.176	482.616	30%	62.154,90	314625
8º	92,60%	66.672	549.288	30%	61.688,60	376313
9º	91,90%	66.168	615.456	30%	61.222,20	437536
10º	91,20%	65.664	681.120	30%	60.755,90	498292
11º	90,50%	65.160	746.280	30%	60.289,60	558581
12º	89,80%	64.656	810.936	30%	59.823,30	618404
13º	89,10%	64.152	875.088	30%	59.356,90	677761
14º	88,40%	63.648	938.736	30%	58.890,60	736652
15º	87,70%	63.144	1.001.880	30%	58.424,30	795076
16º	87%	62.640	1.064.520	30%	57.958,00	853034
17º	86,30%	62.136	1.126.656	30%	57.491,60	910526
18º	85,60%	61.632	1.188.288	30%	57.025,30	967551
19º	84,90%	61.128	1.249.416	30%	56.559,00	1024110

20º	84,20%	60.624	1.310.040	30%	56.092,70	1080203
21º	83,50%	60.120	1.370.160	30%	55.626,30	1135829
22º	82,80%	59.616	1.429.776	30%	55.160,00	1190989
23º	82,10%	59.112	1.488.888	30%	54.693,70	1245683
24º	81,40%	58.608	1.547.496	30%	54.227,40	1299910
25º	80,70%	58.104	1.605.600	30%	53.761,00	1353671

Fonte: própria

Gráfico 6: Retorno sobre o investimento



Fonte: própria.

Gráfico 7: Retorno do Empreendimento.



Fonte: própria.

Considerando um valor R$500.00 fixo de aluguel para os dois galpões e o valor gasto na construção do galpão e valor dos terrenos comprado, totalizando um investimento de R$240.000,00. Ainda assim pode ser considerado que o retorno financeiro e lucrativo ao compara com gráfico 7. Dessa forma podemos acompanhar hipoteticamente no quadro 1, os anos de lucros que o sistema pode oferecer.

Quadro 1: Retorno Financeiro Total.

1º	-R$ 245.299,40
2º	-R$ 120.812,88
3º	R$ 3.207,32
4º	R$ 126.761,19
5º	R$ 249.848,74
6º	R$ 372.469,96
7º	R$ 494.624,85
8º	R$ 616.313,42
9º	R$ 737.535,66
10º	R$ 858.291,58
11º	R$ 978.581,17
12º	R$ 1.098.404,43
13º	R$ 1.217.761,37
14º	R$ 1.336.651,98
15º	R$ 1.455.076,27
16º	R$ 1.573.034,23
17º	R$ 1.690.525,86
18º	R$ 1.807.551,17
19º	R$ 1.924.110,15
20º	R$ 2.040.202,81
21º	R$ 2.155.829,14
22º	R$ 2.270.989,14
23º	R$ 2.385.682,82
24º	R$ 2.499.910,17
25º	R$ 2.613.671,20

Fonte: própria.

Como é mostrado na tabela 03 tendo como referência os valores hipotéticos, no gráfico 6 o feedback aparece no terceiro ano de geração, após esse período o sistema tem com ganho do valor investido sete vezes durante os vinte e cinco anos presentado na tabela 03, sendo possível ver o valor do retorno financeiro nos anos 5º, 7º, 9º, 11º, 13°, 15° e 18°.

5.2.2. Materiais do sistema Fotovoltaico.

Os equipamentos e matérias construtivo para a geração de energia elétrica através do sistema fotovoltaico:

5.2.2.1. conectores para painéis fotovoltaicos

Figura 15: Conector Mc4



Fonte**:** própria

Os conectores Mc4 para os painéis fotovoltaicos são especialmente utilizados em sistemas fotovoltaicos padrão mundial, possuindo facilidade de conexão entre painéis (série ou paralelo) e com os inversores resistência ao tempo (proteção UV), umidade e intempéries, travamento automático fácil, montagem e acoplamento aos cabos, instalação. Serão utilizados 35 pares no total de conectores, cada par vem com um conector macho e femea. Cada arranjo de 6 e 5 módulos terão 1 par de conector, totalizando 14 pares para interligar os arranjos com os inversores, cada inversor tem 2 a 3 entradas como MPPT, e em cada entrada usa se um par de conector totalizando 14 conectores, nos arranjos que se encontra dividido ou com um dos modulo distante são utilizados cabos de extensão com conectores, como mostra a 24 e 25, as strings do MPPT, 7,8,9 e 14 tem extensão para interligar os módulos distantes.

5.2.2.2. Cabo de 6mm² corrente continua

Figura 16: Cabos elétricos.



Fonte: própria

225 metros de cada cor do Cabo de 6mm² com corrente nominal de 30A, e tensão nominal de 1000 voltes em corrente continua, classe UL94V0 de proteção para segurança de flamabilidade dos materiais plásticos, com isolação com borracha termoplástica (TPE) e propriedades cinéticas da polifenoloxidase (PPO). São cabos indicado para ligações de painéis fotovoltaicos, trabalho em faixas de temperatura de -40ºC até 125ºC, resistente aos elevados níveis de radiação UV, livres de halogênios, evitando a emissão de fumaça corrosiva em caso de incêndio.

5.2.2.3. Emenda para perfil em alumio

Figura 17: Emenda para perfil.



Fonte: própria

44 Emenda para perfil em alumio, fixa dois perfis de alumino, através dos parafusos de inox, um em cada trilho

5.2.2.4.

Figura 18: Fixador grampo para perfil



Fonte**:** própria

44 fixadores dos modulo no trilho para final ou início dos arranjos, parafuso de inox e suportes de alumínio.

5.2.2.5. Trilho

Figura 19: trilho



Fonte: própria

49 Trilho para módulos, com 3,40 metros de comprimento. E o suporte que está preso através do suporte L no telhado metálico, onde são apoiados os módulos para prender com fixadores.

5.2.2.6. Suporte “L”

Figura 20: Suporte"L"



Fonte: própria

38 Suporte L para estrutura de telhado metálico, fixando o trilho na estrutura do telhado.

Figura 21: Grampo entre módulos



Fonte**:** própria

5.2.2.7. Módulo fotovoltaico DAH

Figura 22: Módulo



Fonte: própria

83 Módulo no modelo DHM-72x10, com 28,5 kg dimensão de 2,25x1,13 metros, potência 545 w, 42 V por modulo, 12,9A por módulo, 21,32 percentual de eficiência. Garantia contra defeitos de fabricação de 10 anos e 25 anos de garantia na geração de energia. Serão ligados em série 8 strings com 6 módulos e 2 strings com 5 módulos.

5.2.2.8. Dispositivo de Proteção contra Surto, Corrente contínua.

Figura 23: DPS AC



Fonte: própria

14 DPS da marca SHNAI polarizado com terminal positivo (+) e negativo (-) sinalizados na parte superior do dispositivo tem tensão de operação contínua de 500 V. Uma unidade para proteger cada string, A alimentação deve estar na parte superior do condutor com duas entradas, terra na parte inferior do dispositivo. Para a proteção dos circuitos de corrente contínua (DC) contra surto (picos) de energia. Corrente de descarga 40 Kiloampère.

Figura 24:Quadro de proteção.



Fonte: própria

Sting box ou quadro de proteção de sobrepor, e uma caixa com trilho para dispositivos, como DPS, Chaves de seccionamento e disjuntores din.

5.2.2.9. Disjuntor bipolar Corrente continua.

Figura 25: Disjuntor.



Fonte: própria

14 disjuntores para a proteção de circuitos contra sobrecarga e curtos em equipamentos de sistemas de distribuição corrente continua.
Até 6 Kiloampère de proteção em corrente máxima e 32A de corrente de corte, com tensão nomina até 600V

5.2.2.10. Inversor Sofar 5k

Figura 26: Inversor 5k.



Fonte: própria

Modelo 5KTLM-G2, tem potência de entrada de 3300W DC por MPPT, possui duas entradas de MPPT, Potencia total de 6650W pico com saída de 220V AC e 22,8A. Na entrada de cada MPPT permitirá um limite de 2600W, trabalhando em 200 a 520V, com capacidade nominal de 11A no máximo 13,2A. No projeto o MPPT 01 trabalhara com 6 módulos de 545W totalizando uma potência de pico 3270W a 253V,

MPPT 02 terá uma entrada com 5 módulos de 545W totalizando uma potência de 2725W e 211V, devido aos módulos ser ligado em série a corrente nominal de um modulo será igual a todos, 12,91A, somente o valor da tensão e potência muda gradativamente ao somatório de cada unidade.

5.2.2.11. Sofar 7,5k

Figura 27: Inversor 7,5k.



Fonte: própria

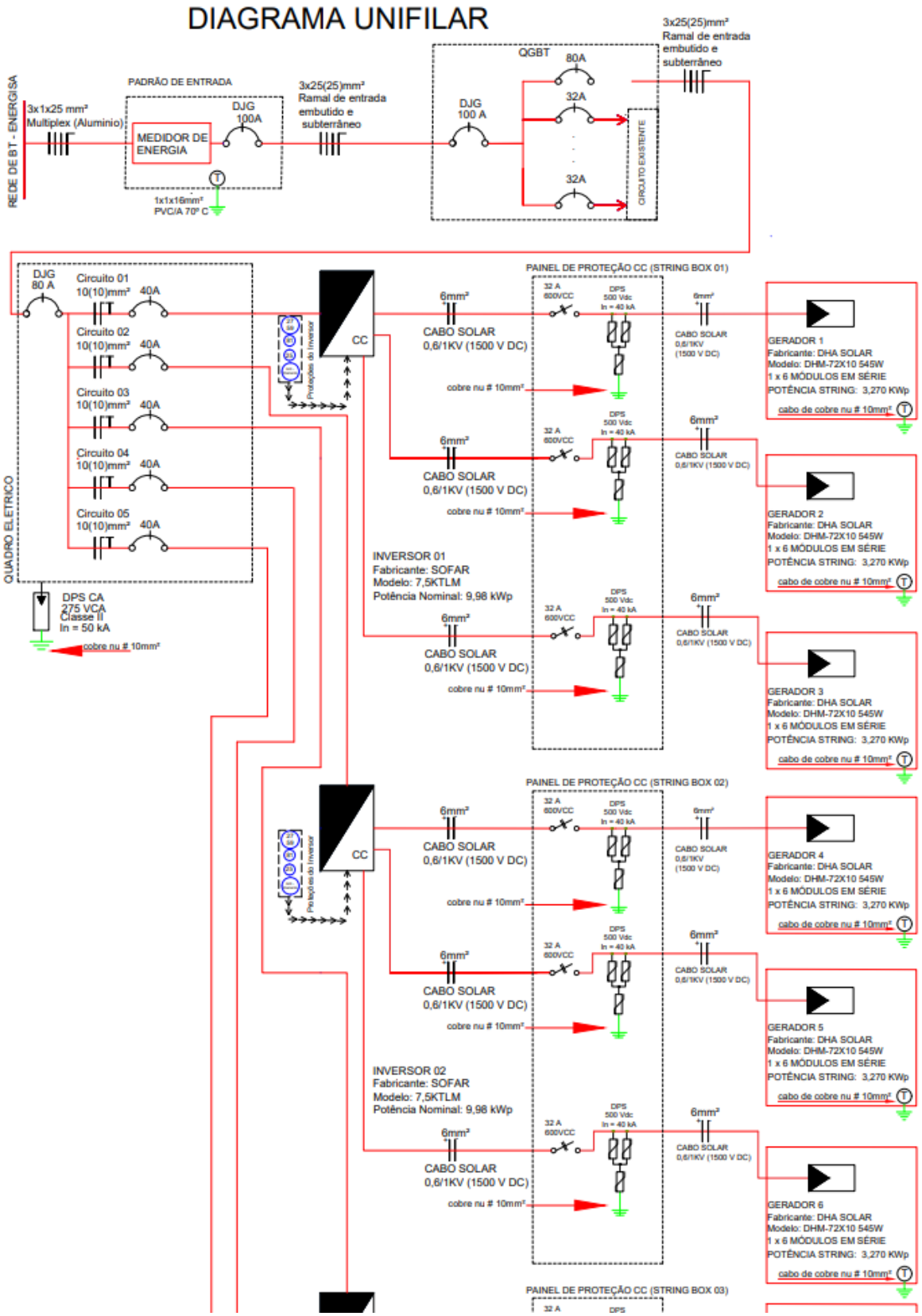
Modelo 7,5 KTLM, tem 3 MPPT, denominado como entrada 01, 02 e 03, a entrada 01 e 02 são ligados em paralelo, essa conexão e fechado na parte interna do inversor, com potência de entrada 2 x 2750W e corrente de entrada 22A, na entrada 03 e uma conexão independente com potência limitada de 2750W e corrente de entrada de 11A, cada entrada tem faixa de tensão de 250 a 520 V. Potência total do inversor e de 9980W pico com saída de 220 V AC e 32,6A.

No projeto para os quatro inversores de 7,5k. As entradas de cada MPPT serão ligadas com quantidade de módulos iguais, seguindo a mesma ordem do primeiro inversor. No inversor 01 o MPPT 01 trabalhara com 6 módulos de 545W totalizando uma potência de pico 3270W a 253 V devido à sua ligação em série, suas correntes mantêm os mesmo valores da corrente nominal de um módulo, com valor de 12,91A, no MPPT 02 terá as mesmas quantidades de módulos ao se comparar com MPPT 01, por ser ligado em paralelo às entradas 01 e 02 tem os valores somados, com tensão de entrada de 506 V, potência de 6540W, e 22A. Na entrada 03 tem ligação independente com potência de 3270W, tensão de 253 V e corrente de 12,91A.

5.2.2.12. Diagrama Unifilar do sistema fotovoltaico.

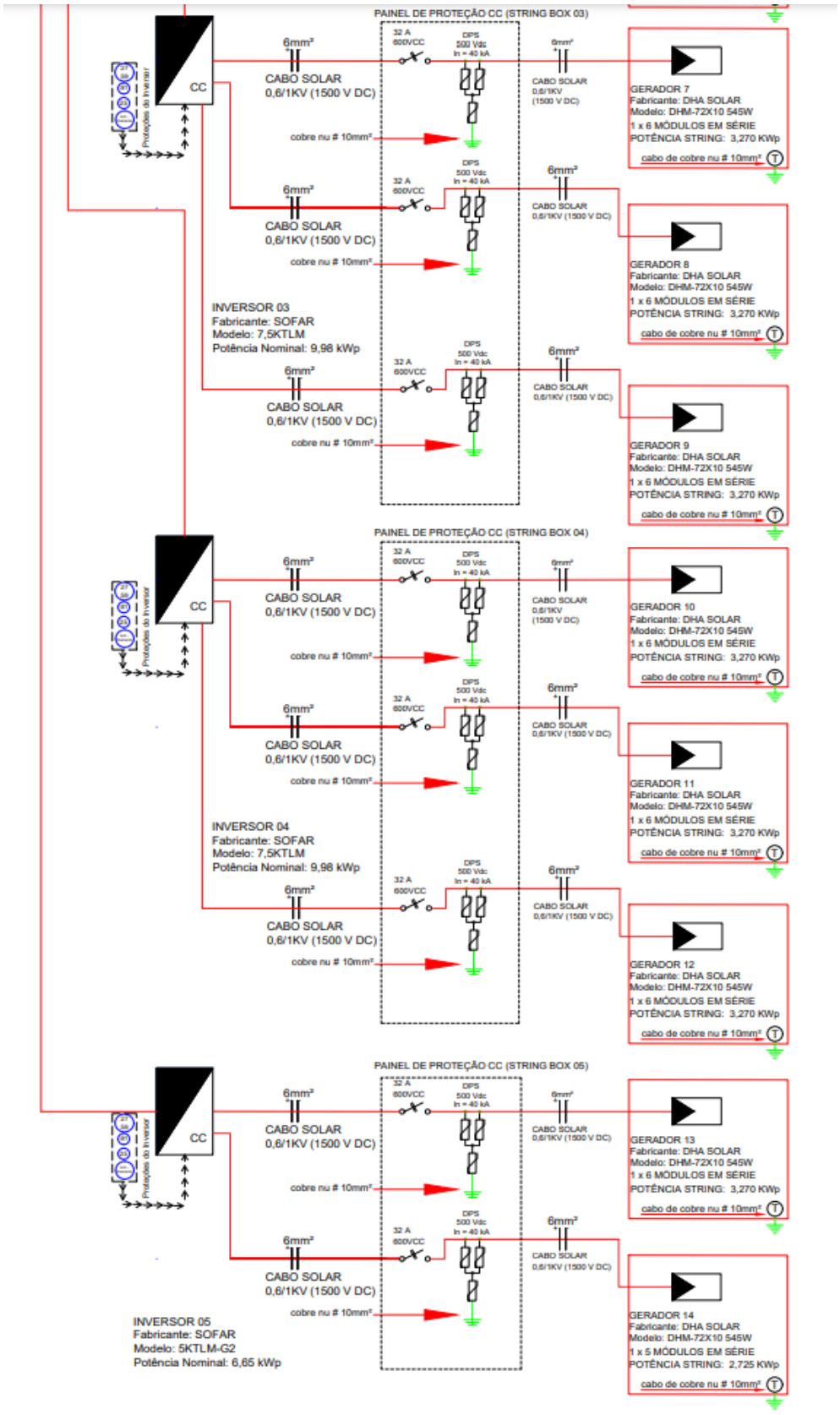
A chegada aérea da rede de baixa tenção com cabo multiplexado, com quatro cabos de alumínio sendo três fases e um neutro, de secção transversal de 25mm² chega no quadro de medição, o disjuntor de 100A trifásico, com neutro conectado a haste de aterramento com 16mm² de diâmetro, o circuito de alimentação sai do quadro de medição com secção transversal de 25mm² com condutor de cobre com proteção no isolamento externa em cloreto de polivinila (PVC) 70°C, circuito trifásico com quatro cabos, três fases um neutro e um aterramento. De secção 3x25(25)16. Até o quadro geral de baixa tenção, conectado ao disjuntor de 80A alimenta com circuito trifásico o quadro de proteção da minigeração, no quadro elétrico são alimentados os circuitos 01, 02, 03, 04 e 05, cada circuito tem seu disjuntor de proteção monofásico de 40A, bem distribuído na rede trifásico, de modo ao equilíbrio de consumo entre as fases. O circuito 01 alimenta o inversor 01, modelo 7,5KTLM com potência 9,98kW pico, ligado aos arranjos, através de do string box 01 até a conexão dos três MPPT 01, 02 e 03. O circuito 02 alimenta o inversor 02, modelo 7,5KTLM com potência 9,98 kWp, ligado aos arranjos, através de do string box 02 até a conexão dos três MPPT 04, 05 e 06. O circuito 03 alimenta o inversor 03, modelo 7,5KTLM com potência 9,98 kWp, ligado aos arranjos, através de do string box 03 até a conexão dos três MPPT 07, 08 e 09. O circuito 04 alimenta o inversor 04, modelo 7,5KTLM com potência 9,98 kWp, ligado aos arranjos, através de do string box 04 até a conexão dos três MPPT 10, 11e 12. O circuito 05 atende o inversor 05 do modelo 5KTLM-G2 com potência nominal de 6,65 kWp, ligado aos arranjos, através de do string box 05 até a conexão dos dois MPPT.

Figura 28: Diagrama unifilar 01.



Fonte: própria

Figura 29: Diagrama unifilar 02.



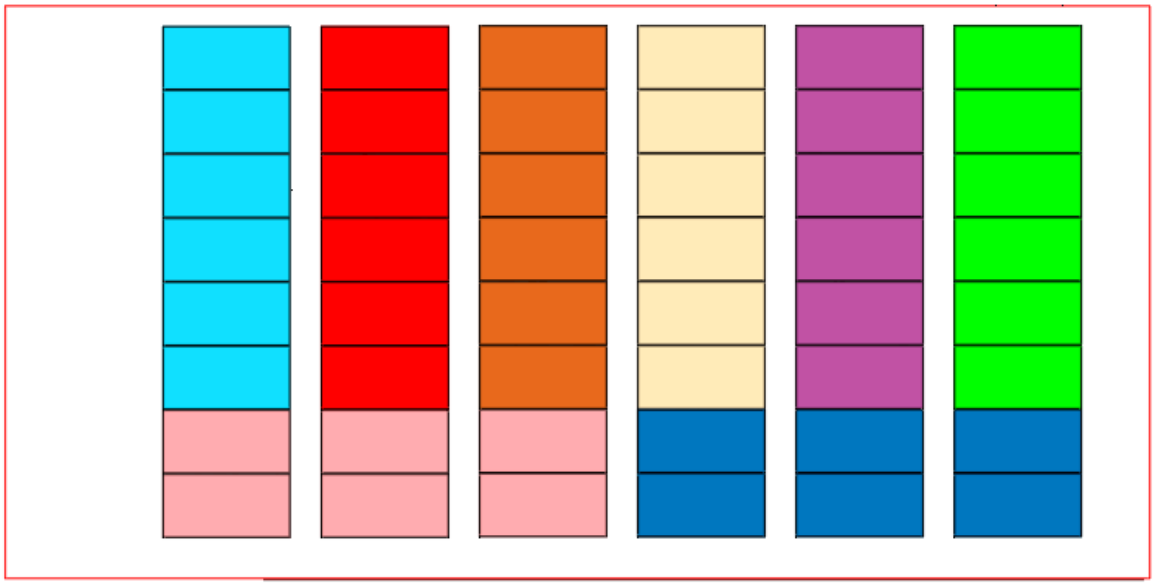
Fonte: própria

5.3. Definições da construção da microgeração de energia elétrica.

5.3.1. Área disponível

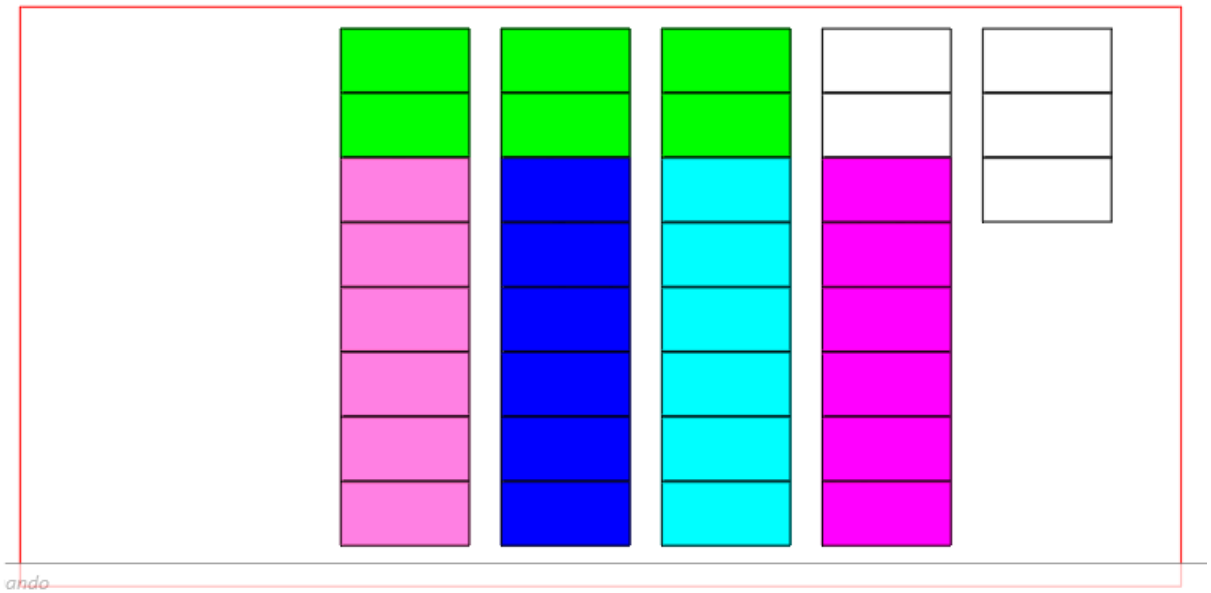
Em um dos 3 terrenos já se encontra galpões em dois lotes com dimensões de 180m², com telhado Trapézio Galvanizada, devido a este telhado a estrutura de encaixe dos módulos e específica para esse tipo de telhado, com os grampos de fixação. Com dois terrenos cobertos no total de 360m² área disponível. Se ocupa 310m² de área de trabalho somando com os espaços do arranjo e espaços de locomoção entre e aos redores dos arranjos, através da figura 31 e 32, e possível ver que as quantidades de arranjos são diferentes a quantidade de string, nesse caso serão utilizados extensão para conectar os módulos de uma string que se encontra em outro arranjo.

Figura 30: Ordem dos módulos no primeiro telhado identificado por cor



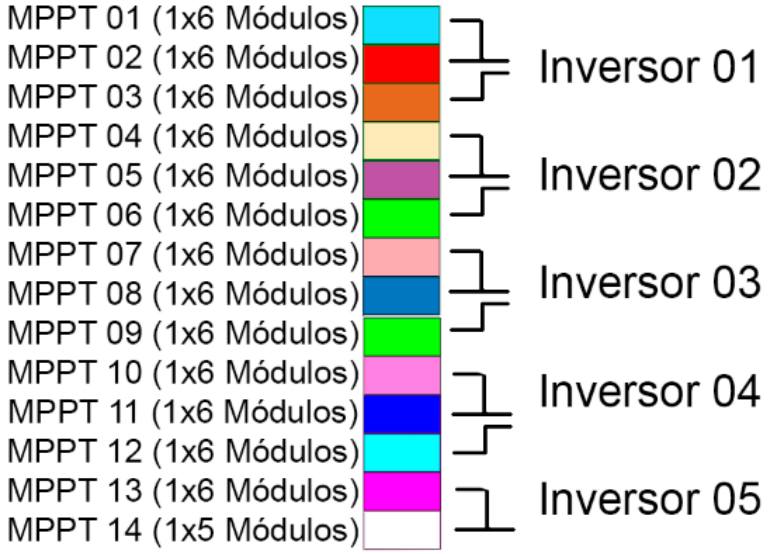
Fonte: própria

Figura 31: Ordem dos módulos no segundo telhado identificado por cor



Fonte: própria

Figura 32: MPPT nas seguintes cores.



Fonte: própria

Cada arranjo tem mais de uma string, cada string tem entre 5 e 6 módulos de uma cor específica, conforme a figura 31 e 32 cada cor de uma string e conectado ao um MPPT especifico e interligado a inversor como e ilustrado na figura 33.

5.3.2. Homologação.

A distribuidora de energia constitui-se um procedimento padrão para a homologação dos sistemas fotovoltaicos, estabelecidas nas normas de segurança. Conforme a Resolução Normativa número 687/2015 revisando a resolução normativa número 482/2012 regulamentada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), validada no ano de 2016, é permitido o uso de qualquer fone renovável.

O processo para homologar e feito ao pedido do analíse do projeto do sistema fotovoltaico, no local que existe a unidade consumidora, após a verificação e aprovação do projeto, a pedido do técnico instalador do sistema ou titular da unidade consumidora, a vistoria do quadro de medição se encontra conforme o ato formal das providências para o fornecimento de energia elétrica solicitada a concessionária (NDU 001) e pôr fim a instalação do Relógio bidirecional.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um estudo de pesquisa aplicada sobre Sistema fotovoltaico instalado sobre telhado metálico. E a quantidade exata de cada peça de fixação quanto os materiais necessários na aplicação, e todas a posições de cada módulos, com distanciamento correto para sua manutenção. Todos os materiais foram decididos através de orçamento que apresentou combinações entre três módulos e três inversores, tendo foco no atendimento da carga e custo benefício.

Realizadas simulações na economia na conta de luz, mostrando assim a viabilidade do empreendimento, mostrando atreves de cálculo e gráfico o tempo aproximado do retorno financeiro e o lucro estimado com sistema durante o período de garantia das gerações dos módulos. Apresentando diagrama unifilar do sistema, proteções adequadas contra surto atmosférico específico para corrente alternado e corrente continuas, proteções térmicas, disjuntor de corrente continua específica para cada gerador, a prevenção de problemas futuros com a ligação dos equipamentos, cabo de proteções para corrente continua. Mapa da posição de cada módulos no telhado com 14 cores de cada gerações e seus respectivos inversores.

A realização deste trabalho representou um grande crescimento pessoal e profissional para mim. Possibilitando conhecimento profundo e complementando a minha formação acadêmica. Além disso, esta pesquisa também pode contribuir na formação de outros alunos, servindo como material de apoio no estudo de disciplinas

com conteúdos relacionados ao sistema fotovoltaico, fica a possibilidade de realização de projetos que envolvam estudos de caso para trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil), 2018. **Geração Distribuída:** Micro e Minigeração Distribuídas. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida. Acesso em: 5 nov. 2020.

ALBUQUERQUE, Bento (2020). **Resenha Energética Brasileira.** Oferta e Demanda de Energia Instalações Energética Energia no Mundo**.** Brasília: ministério de minas e energia. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/36208/948169/Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+-+edi%C3%A7%C3%A3o+2020/ab9143cc-b702-3700-d83a-65e76dc87a9e. Acesso em: 28 nov. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Resolução normativa N° 733.** Brasília: Aneel, 2016.

BLUESOL (São Paulo), 2018. **Geração de Autoconsumo Remoto: as Informações Absurdamente Essenciais Para Consumidores**. Disponível em: https://blog.bluesol.com.br/autoconsumo-remoto/ Acesso em: 15 nov. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). GERAÇÃO: Brasil alcança 170 mil megawatts de capacidade instalada em 2019. Brasília: Aneel, 2020.

EMPREGOS CLICK MACAÉ (Rio de Janeiro). **Energia:** conheça as principais fontes de energia no Brasil. Disponível em:https://clickmacae.com.br/empregos/petroleo-e-gas/15966/energia-conheca-as-principais-fontes-de-energia-no-brasil. Acesso em: 20 nov. 2020.

CICLOVIVO (São Paulo). **Suíços criam painel solar com 29% de eficiência e bate recorde.** Disponível em: https://ciclovivo.com.br/planeta/energia/suico-recorde-painel-solar-eficiencia/ Acesso em: 27 nov. 2020.

BLUESOL EENRGIA SOLAR (Ceará). O **Guia Mais Absurdamente Completo da Energia Solar Fotovoltaica.** Disponível em: https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-fotovoltaica-guia-supremo/ Acesso em: 27 nov. 2020.

VEJA (São Paulo). **Grafeno pode aumentar eficiência de painéis solares.** Disponível em: https://veja.abril.com.br/ciencia/grafeno-pode-aumentar-eficiencia-de-paineis-solares/ Acesso em: 5 nov. 2020.

EPOWERBAY (São Paulo). **Mercado de Projetos - 2019 Outorgas**, DROs e Operação Comercial, Empreendimentos Solares Fotovoltaicos. Disponível em: https://www.epowerbay.com/single-post/2019/01/15/mercado-de-projetos-2018-outorgas-dros-e-opera%C3%A7%C3%A3o-comercial. Acesso em: 5 nov. 2020.

PISCO DE LUZ (Brasília). **energia fotovoltaica,** perguntas e respostas. Disponível em: https://www.piscodeluz.org/energia-fotovoltaica?gclid=Cj0KCQiAhs79BRD0ARIsAC6XpaVHAt0OAK33v2yXo6DCfk4MmkhyRtJk3cjzBW6XxHgDdLsRvFPfcLwaAnvFEALw_wcB. Acesso em: 27 nov. 2020.

W. S. BASTOS, **Estudo de Caso de um Projeto Fotovoltaico Integrado à Edificação**, Trabalho de Conclusão de Curso, Depart. de Eng. Elétrica, Escola de Eng. De Paraíba - PB Out – 2018 disponível em: https://www.solarize.com.br/site-content/11-blog/114-sombreamento-parcial-em-arranjos-fotovoltaicos. Acessado em: 27 nov. 2020.

SOLARIZE (Rio de Janeiro). **Sombreamento parcial em arranjos fotovoltaicos**, Disponível em: https://www.solarize.com.br/site-content/11-blog/114-sombreamento-parcial-em-arranjos-fotovoltaicos**.** Acessado em: 27 nov. 2020.

PET Engenharia Civil UEM (Rio de Janeiro). **Filmes Fotovoltaicos Orgânicos**, Disponível em: https://petciviluem.com/2021/04/12/filmes-fotovoltaicos-organicos/. Acessado em 04 out. 2021.

VEJA (Rio de Janeiro). **Grafeno pode aumentar eficiência de painéis solares,** Disponível em: https://veja.abril.com.br/ciencia/grafeno-pode-aumentar-eficiencia-de-paineis-solares/. Acessado em 17 out. 2021.

ENERGISA. **Micro e Minigeração Distribuída,** Disponível em: https://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/outras-informacoes/micro-geracao-ess.aspx. Acessado em 17 out. 2021.

LAIBERSOLAR SOLAR PROJETOS FOTOVOLTAICOS (Rio de Janeiro). **Taxa de degradação: o que é, suas causas e seu impacto (Afinal, preciso me preocupar com esse fator?)** Disponível em: https://laibersolar.com/blog-do-laiber/vida-util-do-painel-solar. Acessado em 1 nov. 2021.

Gov.br Governo Federal (Brasília). **Norma Regulamentadora No. 10 (NR-10),** Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-10-nr-10. Acessado em 02 nov. 2021.

Agência Senado (Brasil), 2020. **Aos 26 anos, o real enfrenta mais um desafio, com pandemia, recessão e endividamento,** Disponível em: https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2020/06/aos-26-anos-o-real-enfrenta-mais-um-desafio-com-pandemia-recessao-e-endividamento acessado em 17 out. 2021.

Petronotíca 2019, **A sunew avança em sua tecnologia e vai fazer a maior instalação de energia solar de próxima geração do mundo**, Disponível em: https://petronoticias.com.br/a-sunew-avanca-em-sua-tecnologia-e-vai-fazer-a-maior-instalacao-de-energia-solar-de-proxima-geracao-do-mundo/ acessado em 1 nov. 2021.