

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Escola de Engenharia

Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais

PPGE3M

ESTUDO DA CAPTAÇÃO DE ENERGIA COM CÉLULA FOTOVOLTAICA EM
TELHA DE ZINCO

Ricardo Alexandre Vargas Barbosa

Dissertação para obtenção do Título de Mestre em Engenharia

Porto Alegre
2016

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Escola de Engenharia

Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais

PPGE3M

ESTUDO DA CAPTAÇÃO DE ENERGIA COM CÉLULA FOTOVOLTAICA EM
TELHA DE ZINCO

RICARDO ALEXANDRE VARGAS BARBOSA
Bacharel em Ciências da Computação

Trabalho realizado no Centro de Tecnologia da Escola de Engenharia da UFRGS, dentro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGEM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração: Processos de Fabricação

Porto Alegre
2016

Esta tese foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia, área de concentração em Ciência dos Materiais, e aprovada em sua forma final, pelo orientador e pela Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação.

Orientador: Prof. Dr. Ing Lirio Schaeffer

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Vilson Gruber, UFSC

Prof. Dr. Roderval Marcelino, UFSC

Prof. Dr. Alexandre Polozine, UFRGS

AGRADECIMENTOS

A minha esposa Camile Melo que sempre está ao meu lado, me incentivando e passando tranquilidade nas horas mais complicadas deste projeto.

Aos meus filhos por entenderem, ou não, a falta de paciência invocada algumas vezes da sobrecarga de trabalho, mestrado e vida particular.

Ao prof. Dr. Lírio Schaeffer pela oportunidade de orientar-me neste projeto.

Ao prof. Dr. Wilson Gruber Coordenador do Labtel-UFSC, que motiva, ajuda, está sempre disponível para soluções dos problemas mais diversos, de forma espetacular e junto com o prof. Dr. Lírio Schaeffer promoveram a realização deste projeto.

A instituição SATC que me auxiliaram nos mais diversos assuntos técnicos e educacionais, e também com seu corpo Docente.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE ABREVIATURAS	XII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
RESUMO.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivo Geral	15
1.2 Objetivos Específicos.....	15
1.3 Problema.....	16
1.4 Justificativa e Relevância	16
1.5 Visão geral do trabalho	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 Energia Solar.....	20
2.2 Sistema fotovoltaico	22
2.2.1 Tipos de Células fotovoltaicas.....	23
2.2.2 Módulos Fotovoltaicos	26
2.2.3 Componentes de um sistema fotovoltaico	30
2.2.4 Inversores	33
2.2.5 Controlador de Carga das Baterias.....	34
2.2.6 Estrutura de suporte para painel fotovoltaico	34
2.2.7 Módulos fotovoltaicos integrados a telhados.....	35
3 MATERIAIS E MÉTODOS	39
4 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	43
4.1 Protótipo experimental.....	43
4.2 Montagem do Experimento.....	44
4.3 Medições Realizadas.....	52

5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	70
6	CONCLUSÕES	76
7	SUGESTOES PARA TRABALHOS FUTUROS	77
8	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma das etapas de estudo do projeto.....	17
Figura 2: Diagrama criação do protótipo de gerção de energia empregado no estudo	18
Figura 3: Barras cilíndricas de silício monocristalino.....	23
Figura 4: Wafers de silicio policristalino- processo de fabricação	24
Figura 5: Painéis Fotovoltaicos	28
Figura 6: Módulos Fotovoltaicos Conectados em série	29
Figura 7: Módulos Fotovoltaicos Conectados em Paralelo	30
Figura 8: Diagrama de sistemas Fotovoltaicos em função da carga utilizada	31
Figura 9: Sistemas Fotovoltaicos Híbridos	32
Figura 10: Sistemas Fotovoltaicos Conectados à rede.....	33
Figura 11 : Vista da construção experimental em escala real com módulos fotovoltaicos, Campo Sul (Ancona, Itália).....	36
Figura 12 : Posição dos telhados e módulos fotovoltaicos. Estratigrafias dos telhados: à esquerda os telhados ventilados (A, B) e à direita do telhado não ventilado (C).	36
Figura 13 : Telha de cerâmica com célula fotovoltaica acoplada.....	37
Figura 14 : Telha com célula fotovoltaica acoplada curva.....	38
Figura 15 : Modelos diversos de telhas com célula fotovoltaica acoplada.	38
Figura 16: Vista Lateral da telha de Zinco.....	39
Figura 17: Diagrama de funcionamento fotovoltaico	40
Figura 18: Diagrama de funcionamento fotovoltaico	41
Figura 19: União das Células Fotovoltaicas com Fio de Cobre.....	42
Figura 20: Equipamentos e produtos Útilizados (Estanho e Ferro de Solda)	42

Figura 21: Diagrama de funcionamento fotovoltaico	43
Figura 22 : Estrutura de aço com telha de Zinco.....	44
Figura 23 : divisoria para suportar equipamentos	44
Figura 24 : Furos de regulagem de angulação para radiação solar.....	45
Figura 25 : Estrutura de Alumínio que acomoda as células fotovoltaicas.....	45
Figura 26 : Telhado com calhas fotovoltaicas inseridas e.....	45
Figura 27 : Estrutura calha fotovoltaica.....	45
Figura 28 : Vão de encaixe da calha.....	45
Figura 29 : Forma de medição da tensão da calha fotovoltaica	46
Figura 30 : Diagrama de conexão em serie de 10 células fotovoltaicas	46
Figura 31 : Conector de ligação da calhas fotovoltaicas.....	47
Figura 32 : Célula fotovoltaica menor e célula fotovoltaica maior	47
Figura 33 : Quebra de células no agrupamento para colocação na calha fotovoltaica	48
Figura 34 : Calha fotovoltaica com o isolamento de EVA.....	48
Figura 35 : Junção de 1 calha com células 1º lote e 3 calhas no lote novo.....	49
Figura 36 : Fiação na parte interna da calha Fotovoltaica.....	49
Figura 37 : Utilização do fios de cobre para soldagem dos polos positivo e negativo	50
Figura 38 : Molde ligação fotovoltaico dos polos positivo e negativo	50
Figura 39 : Vão da telha para colocação da calha fotovoltaica	50
Figura 40 : Quebra da célula fotovoltaica ao soldar o fio de cobre	50
Figura 41 : Células que vieram quebradas na compra do lote	51
Figura 42 : Medição da tensão em cada célula fotovoltaica	52
Figura 43 : EVA para isolamento do alumínio e o célula Fotovoltaica.....	53

Figura 44 : Vidro de proteção da célula fotovoltaica.....	53
Figura 45 : Medição das calhas fotovoltaicas em série	53
Figura 46 : Medição com junção das 3 calhas células layout novo com 1 do layout antigo	54
Figura 47 : Medição da calha fotovoltaica do 1º layout.....	54
Figura 48 : Medição da junção de 3 calhas fotovoltaicas do layout novo	55
Figura 49 : Medição do layout com 4 calhas 2º lote	55
Figura 50 : Carga de Led gerada das calhas fotovoltaicas	56
Figura 51 : Calha Fotovoltaica na Chuva	56
Figura 52 : Gráfico do comportamento da tensão de saída 2ª quinzena de Janeiro 2015	58
Figura 53 : Gráfico de tensão e horário de medido no mês de Fevereiro 2015.....	59
Figura 54 : Gráfico de temperatura de medido diária no mês de Fevereiro 2015	59
Figura 55 : Gráfico de tensão e horário de medição 1ª quinzena de Março 2015.....	60
Figura 56 : Gráfico de tensão e horário de medição 2ª quinzena de Março 2015.....	61
Figura 57 : Gráfico de tensão e horário de medição 1ª quinzena de Abril 2015.....	62
Figura 58 : Gráfico de tensão e horário de medição 2ª quinzena de Abril 2015.....	63
Figura 59 : Gráfico de tensão e horário de medição 1ª quinzena de Maio 2015.....	64
Figura 60 : Gráfico de tensão, horário e dia de medição de Julho 2015.....	66
Figura 61 : Gráfico de tensão, horário e dia de medição de Agosto 2015.....	67
Figura 62 : Gráfico de tensão, horário e dia de medição de Setembro 2015.....	67
Figura 63 : Gráfico de tensão, horário e dia de medição de Outubro 2015.....	68
Figura 64 : Gráfico de tensão, horário e dia de medição de Novembro 2015.....	68
Figura 65 : Gráfico de tensão e horário de medição de Dezembro 2015	69
Figura 66 : Espaços (vão)a altura do formato Trapézio	70

Figura 67 : Gráfico de tensão e horário de medição 2 ^a quinzena de janeiro.....	72
Figura 68 : Gráfico de tensão e horário de medição mês de fevereiro.....	73

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 - Tensão medida em dia nublado e com chuva.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabela 2 - Tensão, hora e temperatura da 2ª quinzena de Janeiro 2015.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 3 - Tensão, hora e temperatura da 1ª quinzena de Março 2015.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabela 4 - Tensão, hora e temperatura da 2ª quinzena de Março 2015.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 5 - Tensão, hora e temperatura da 1ª quinzena de Abril 2015.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabela 6 - Tensão, hora e temperatura da 2ª quinzena de Abril 2015.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabela 7 - Tensão, hora e temperatura da 1ª quinzena de Maio</i>	<i>64</i>
<i>Tabela 8 - Tensão, hora e temperatura da mês de Junho.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 9 - Tensão, hora e temperatura de Julho 2015.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabela 10 - Tensão, hora e temperatura da 2ª quinzena de Janeiro 2015.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabela 11 - Tensão, hora e temperatura de abril 2015.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabela 12 - Tensão, hora e temperatura de julho 2015</i>	<i>75</i>
<i>Tabela 13 - Tensão, hora e temperatura de novembro 2015.....</i>	<i>75</i>

LISTA DE ABREVIATURAS

tipo P	portadores de carga livres (neste caso positivas, lacunas)
tipo N	portadores de carga livres (neste caso negativos, elétrons livres)
PV	Photovoltaic (termo em inglês que significa Fotovoltaico)
CEO	Diretor Executivo (Chief Executive Officer)
EDP	Energias de Portugal
OQSP	Olimpíada de Química de São Paulo
EVA	acetato-vinilo de etileno (Ethylene Vinyl Acetate)
HIT	Heterojunção com Filmes Finos Intrínsecos
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
IEI	International Energy Initiative
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
W	watts
Mm	milímetro
m ²	metro quadrado
V	volts
°C	Graus Celsius de temperatura
h	Horas
µm	micrômetro
AM	Massa de Ar
STC	Condições de Testes Padrão (Standard Test Conditions)
NOCT	Temperatura Nominal de Operação da célula (Nominal Operation Cell temperature)

LISTA DE SÍMBOLOS

I_{total}	corrente total	[A]
I_1	corrente 1	[A]
I_2	corrente 2	[A]
I_n	corrente n	[A]
V_{total}	tensão total	[V]
V_1	tensão 1	[V]
V_2	tensão 2	[V]
V_n	tensão n(Somatório da tensões)	[V]
CA	Corrente Alternada	[A]
CC	Corrente Continua	[A]
t	Tempo	[h]
A	Amperes	[A]
Voc	Tensão de circuito aberto	[V]
Isc	Corrente de curto-circuito	[A]

RESUMO

Este estudo apresenta uma proposta de captação de energia solar através de células fotovoltaicas sobre telhas de zinco. Na maioria dos projetos existentes de sistemas fotovoltaicos, a implementação de módulos fotovoltaicos necessitam da adequação dos telhados e da estrutura para acomodá-los. Neste estudo a fixação será diretamente na telha, sem a necessidade de estruturas que alterem o telhado. Foi analisado a forma mais adequada de inserção das células fotovoltaicas sobre a telha, avaliando aspectos de layout, robustez, facilidade de implantação e de melhor captação de energia. Um protótipo no telhado foi construído com a captação direta de dados do mesmo. Foram produzidas estruturas, chamadas de calhas fotovoltaicas. Estas podem se encaixar na maior parte dos telhados existentes de zinco, sem a necessidade de inserção de estruturas para sua fixação. As calhas fotovoltaicas são módulos bem menores que os convencionais, podendo ser construídos de acordo com a potência desejada, com altura e largura necessários. Com as calhas fotovoltaicas produzidas, foram analisados sua performance através de coleta dos dados de tensão. Os resultados foram analisados relacionando-os com as quatro estações do ano, sendo obtidos resultados do tempo de produção de energia, o horário de inicialização e término de produção fotovoltaica. A estrutura da calha fotovoltaica foi avaliada com a análises de possibilidades de alterações ao longo dos testes. As calhas fotovoltaicas podem ser construídas de acordo com a potência requerida com somente a adição de novas calhas, sem a necessidade de alteração do telhado existente. O estudo apresentou resultados satisfatórios, analisando que ao longo de um ano a estrutura da calha não sofreu alterações e as medições de tensão se mantiveram constantes, sendo estes estudo realizado nas quatro estações do ano, sujeito as mais diversas intempéries.

Palavras Chaves: Captação de Energia, Células Fotovoltaicas, Telhas de Zinco.

ABSTRACT

This study presents a proposal for collecting solar energy through photovoltaic cells on roofs of zinc. Most of the existing projects of photovoltaic systems, the implementation of PV modules require the suitability of roofs and structure to accommodate them. In this study will be directly fixing the tile without the need to change the roof structures. It was considered the most appropriate form of integration of photovoltaic cells on the tile, evaluating aspects of layout, robustness, ease of deployment and improved energy harvesting. A prototype was built on the roof with direct capture the same data. structures were produced, called photovoltaic rails. These can fit in most existing zinc roofs without requiring insertion structures for fixing. The photovoltaic modules rails are much smaller than the convencionalis, may be constructed in accordance with the desired power, with height and width needed. With photovoltaic rails produced were analyzed performance through collection voltage data. The results were analyzed relating them to the four seasons, and obtained energy production time results, the start and end time of photovoltaic production. The structure of the photovoltaic trough was assessed with the analysis of changes of possibilities in the tests. Photovoltaic rails can be built according to the power required with only the addition of new rails without the need for modification of the existing roof. The study showed satisfactory results, analyzing that over a year trough structure has not changed and voltage measurements remained constant, and these study conducted in the four seasons of the year, subject to the various weather.

Keywords : Capture Energy, Photovoltaic Cells, zinc tiles.

1 INTRODUÇÃO

O sistema elétrico no país e no mundo está sobrecarregado. A causa disto é o aumento do consumo para abastecer os mais diversos complementos tecnológicos em plena ascensão e a crescente demanda de energia. Há a preocupação de cada vez mais estudar e descobrir novas fontes de energia renováveis, que possam ser utilizadas, degradando o mínimo possível o meio ambiente.

A sociedade brasileira vive hoje um dos grandes problemas que é desperdício de energia. Esse consumo desenfreado de energia traz como consequência uma preocupação constante na produção e/ou geração de energia em grande escala, acarretando por sua vez uma crescente degradação do meio ambiente. Conscientizar a população a respeito desses problemas e buscar por fontes alternativas de energia são processos importantes, porém ocorrem de forma muito lenta. De acordo com Melo, Penereiro e Ferreira (2014) existem várias discussões sobre energias alternativas e com debates preocupantes em relação a demanda energética mundial, que esta caminha para saturação e escassez. Hoje desperta o interesse deste tipo de energia devido a diversas vantagens nela existente. Por ser disponível em muitas regiões do mundo, principalmente no Brasil, em boa parte do dia e com grande abundância, a energia solar esta sempre presente, com sua matéria prima o sol, em quase todas as partes do mundo.

Melo, Penereiro e Ferreira (2014) informam que a energia solar pode ser utilizada de muitas formas diferentes como: eletricidade, calefação, resfriamento, transporte, iluminação e potência mecânica. Sendo que estas geram poucos problemas ambientais.

No estudo de fontes alternativas de energia, a energia fotovoltaica solar é uma forma que, além de promissora, tem grande interesse público e técnico-científico. O desenvolvimento de dispositivos capazes de coletar de forma eficiente e armazenar essa energia é um dos grandes desafios da engenharia moderna.

Mesmo sendo uma fonte em abundância, uma das desvantagens é que a concentração deste tipo de energia não está fixa em local específico, está também condicionada as variações climáticas, não obtêm-se sua captação no anoitecer e nas noites, muito menos em dias de nevoeiro. Mesmo com estes obstáculos, quando

o sol se manifesta, mesmo que por poucas horas, existe a possibilidade de utilização instantânea ou acumulando esta para ser utilizada em ações futuras.

Com problemas frequentes, nos últimos anos, de crise energética no Brasil que aumenta juntamente com o crescente consumo que o país vem apresentando, decorrentes, em parte, do aumento populacional e do aumento do padrão de vida de algumas classes sociais, a criação de novas fontes de energia faz-se necessário. Para Vieira et al. (2015) se o Brasil não teve de racionar antes, foi porque utilizou no passado recente água guardada para ser consumida hoje nas usinas hidrelétricas. Ficando em 2012 um dos mais baixos níveis de armazenamento de água em suas bacias hidrográficas.

A energia fotovoltaica nas empresas ainda é pouco explorada. No período em que estão em plena atividade, a instalação de captação de energia que possa ser gerada pelo sol, faz analisar o bem que esta poderá fazer para o meio ambiente. Ar condicionado, lâmpadas, computadores, equipamentos elétricos em geral podem se utilizados com a geração de energia fotovoltaica.

A instalação de painéis menores nestes telhados podem gerar a energia necessária para os setores de baixa potência, como o do administrativo e desenvolvimento de produtos, por exemplo.

Este estudo tem como base a captação de energia solar em telha de zinco através de introdução de células fotovoltaicas embutidas em calhas sobre estrutura da telha. Os painéis que utilizam células fotovoltaicas para o aproveitamento da luz solar na geração de energia podem ser adequados com a incorporação de sua função nos próprios materiais de construção.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste dissertação é estudar a acoplação de células fotovoltaicas na captação de energia fotovoltaica para serem instaladas diretamente ao telhados de zinco das empresas.

1.2 Objetivos Específicos

- Obter a captação de energia solar sobre telhas de zinco,

- Criar um protótipo de mini painel fotovoltaico que se adeque a telha de zinco,
- Fazer um estudo de qual melhor adequação de células fotovoltaicas no mini painel fotovoltaico e a da estrutura de ligação nas telhas para formar módulos, em conformações de telhas de zinco existentes, procurando facilitar a inserção de sistemas fotovoltaicos em construções existentes,
- Fazer o arranjo dos mini painéis fotovoltaicos para da potência desejada em relação ao consumo,
- Medir a tensão de saída, a fim de analisar as variações em relações as temperaturas, sazonalidade do sol, variação da temperatura em relação as estações do ano. Analisar em gráficos estas variações.

1.3 Problema

Com a escassez da água a cada dia, degradação demasiada do meio ambiente, principalmente dos rios e seus afluentes, crise energética a qual se faz o uso de diversas fontes de energia que são extremamente caras e prejudiciais ao meio ambiente, tem-se em mãos um grande trunfo, que é o sol. A crescente populacional e industrial ocupando espaços não antes utilizados, faz-se pensar na abundância de radiação solar que temos, sem a devida utilização, invocando a necessidade de utilizar este bem renovável e gratuito nas construções existentes ou por serem edificadas, buscando constantemente a criação de formas de como serem melhor utilizadas.

1.4 Justificativa e Relevância

A necessidade de novas fontes de energia renováveis nos dias atuais e principalmente nos futuros, fazem-se indispensáveis para diminuição da sobrecarga em algumas fontes de energia. Visto que capacidade de radiação solar no país e a crescente do mercado de geração de energia por captação solar, inclusive possíveis formas de incentivo governamental para este tipo de atividade, este projeto vem ao encontro destas necessidades. O mercado está em crescente expansão de pavilhões industriais com a cobertura de telhas de zinco, com este foco a acoplação de células fotovoltaicas neste tipo de telhas soluciona ambas necessidades.

1.5 Visão geral do trabalho

Este projeto será dividido em 4 etapas, mostrado na Figura 1. Na Primeira etapa, será dedicada a conceituação e argumentação dos elementos que fazem a energia fotovoltaica funcionar. Nesta fundamentação teórica estará embasando todo o projeto, bem como argumentação de outros experimentos realizados.

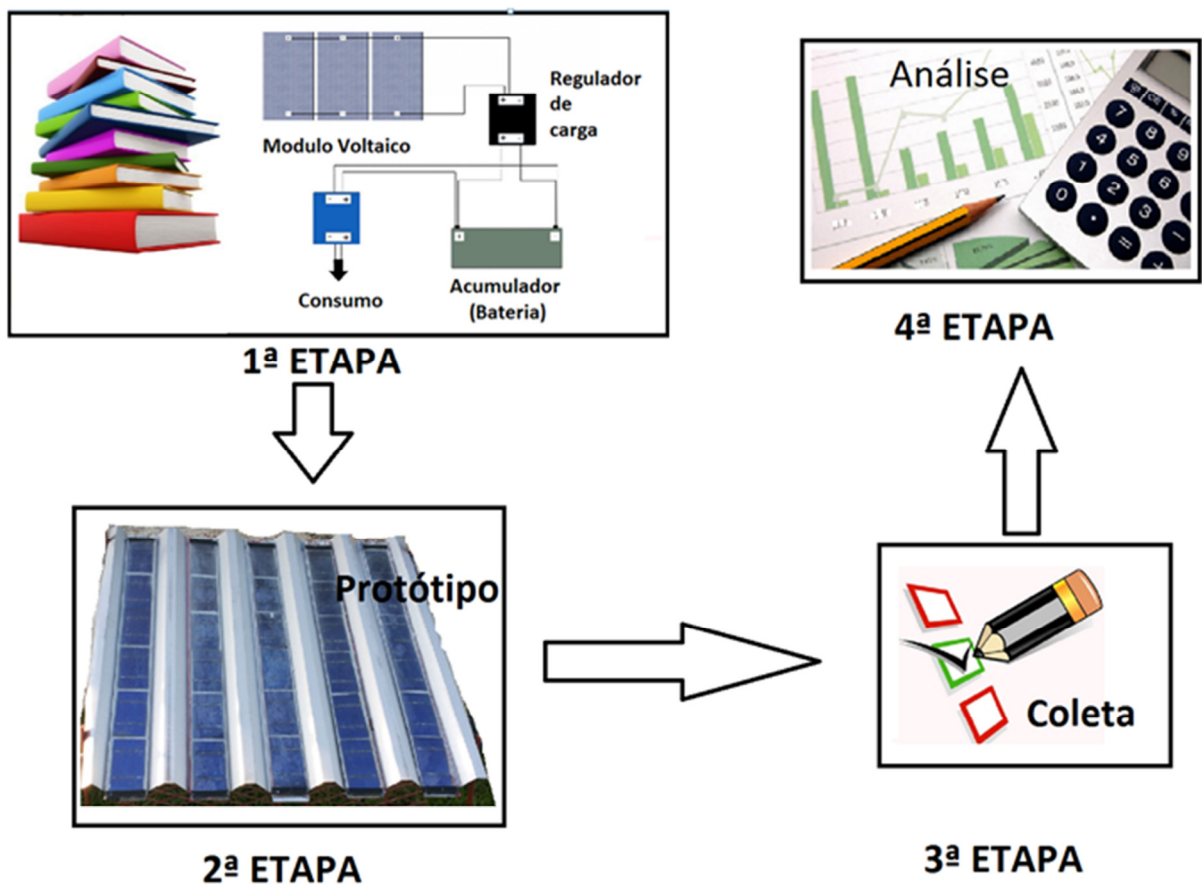


Figura 1: Fluxograma das etapas de estudo do projeto

A segunda etapa será dedicada criação de um protótipo (Figura 2 (A)), uma estrutura de ferro com uma telha de zinco fixada (Figura 2 (C)), que acomodará os módulos pequenos, com no máximo 10 células fotovoltaicas cada. Para captação de energia (Figura 2 (G)), identificado neste estudo como calha fotovoltaica, que será montado em de 1 m² de telha de zinco (Figura 2 (B)), foram acomodados e ajustados os elementos como células fotovoltaicas (Figura 2 (D)), a calha de acomodação das células (Figura 2 (E)), vidro de proteção (Figura 2 (G)), entre os

elementos necessários para construção desta, detalhados no capítulo 4. Estará sendo evidenciado como se produz a calha fotovoltaica e detalhes de inserção das células, proteção das mesmas e ligações elétricas.

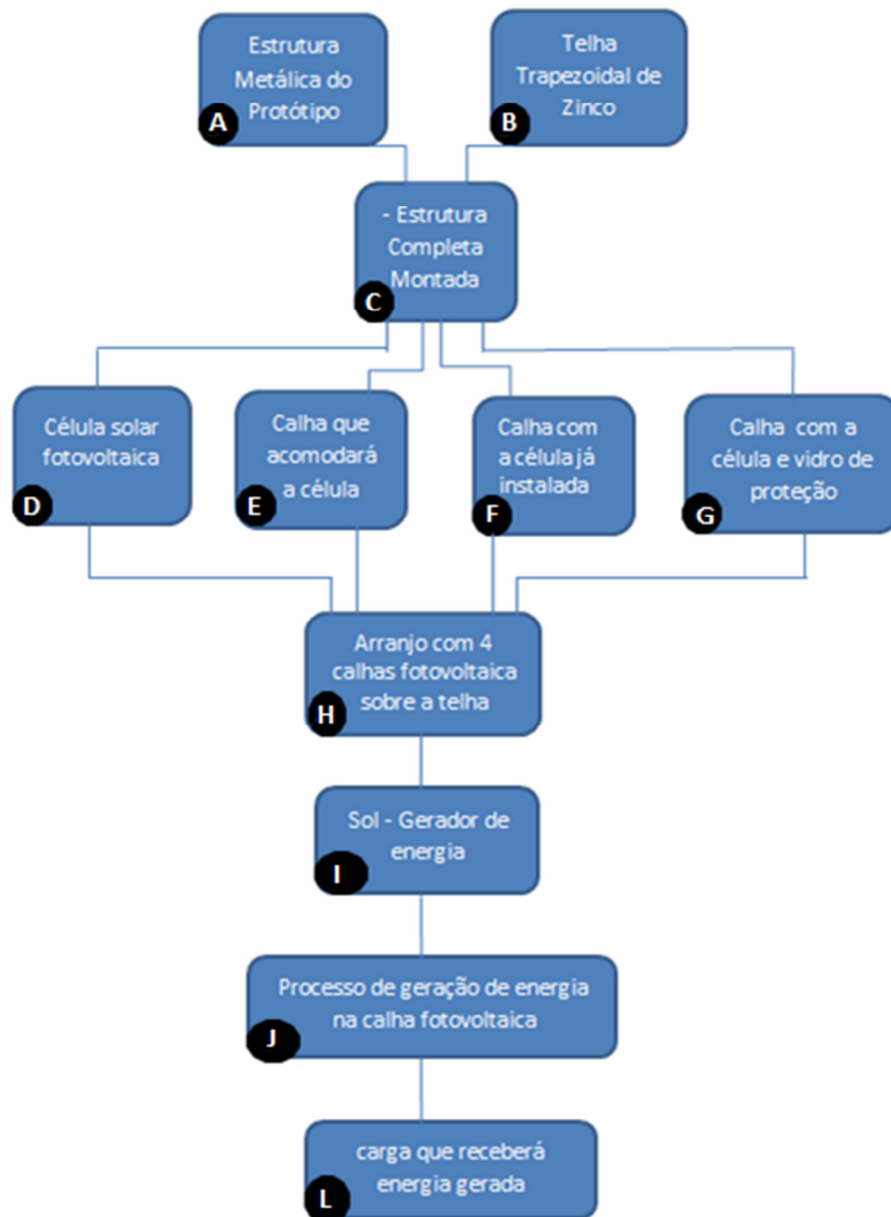


Figura 2: Diagrama criação do protótipo de geração de energia empregado no estudo

Na terceira etapa será feita a coleta das tensões e temperaturas medidas em horários aleatórios, principalmente a autonomia de utilização diária nas estações diferentes do ano que temos. Sendo inseridos os dados nas planilhas para análise posterior.

Na quarta e última etapa, será feita a análise da experimentação num todo, analisando a calha fotovoltaica em relação a sua estrutura, se sofreu avaria, principalmente em relação as condições expostas durante as estações deste ano. Análise dos dados coletados e os resultados obtidos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Energia Solar

Das principais fontes alternativas de energia, a energia solar fotovoltaica fica em evidência por ser uma das fontes primárias que menos agride o meio ambiente, há menos poluentes, se destaca por ser uma fonte silenciosa, modular, necessitar de pouca manutenção, podendo ser integrada às construções e gerar eletricidade.

Os custos dos módulos fotovoltaicos sempre foram o principal problema desta tecnologia. Segundo Seguel (2009, p.2 citado por Martins, 2000, p.67) até a década de 70 sua utilização era restrita a aplicações bem específicas, como as espaciais, onde altos orçamentos eram empregados. Devido à crise gerada pelo petróleo na década de 70 a energia fotovoltaica começou a receber importantes investimentos, tanto do setor público, por meio de programas de incentivos governamentais, como de empresas privadas que vislumbraram na energia solar fotovoltaica uma boa oportunidade para investimentos.

Entretanto, a geração de energia geralmente é centralizada em grandes usinas, que ficam localizadas distante dos centros consumidores, necessitando a geração de grandes linhas de transmissão para chegar até o consumidor, não sendo viável a sua distribuição em comunidades isoladas (ZILLES et al., 2012). Visto isto, é uma alternativa interessante no ponto de vista econômico, podendo chegar a estas comunidades.

Dadas as condições atuais de competitividade da energia fotovoltaica, vai se tornando cada vez mais clara a oportunidade de se explorar a energia fotovoltaica no Brasil, não apenas por causa da maior irradiação solar, que é sem dúvida um fator relevante, mas também pela firme trajetória de aumento de eficiência e queda dos custos de implantação de módulos e sistemas fotovoltaicos em nível internacional (ABINEE,2012), que mesmo com as quedas dos custo ainda é uma energia cara para ser implementada, no que diz respeito ao aspecto doméstico e comercial, como na criação de grandes usinas.

A energia renovável está a cada dia obtendo mais destaque no cenário mundial, não só por uma questão de consciência ecológica, mas também por ser necessária a condição de preservação do meio ambiente. Em especial a energia

fotovoltaica, começa a ter um direcionamento para uma posição melhor nos meios de energia renováveis, devido ao seu custo estar ficando mais acessível, promete estar ocupando melhor os telhados residenciais e comerciais, e principalmente a fachadas dos prédios comerciais nos próximos anos. De acordo com Blum (2015), a Agência Internacional de Energia, que era conservadora em relação às perspectivas para a energia solar, agora acredita que até 2050 ela já será a maior fonte de energia do mundo. Vários países estão se movendo para que a energia solar passe a ser a primeira opção quando se falar em energia. Países como Portugal, Estados Unidos, Itália, Alemanha, China possuem uma projeção de crescimento da instalação deste tipo de energia em proporções bem elevadas, “António Mexia, CEO da EDP, lembrou que se espera que “as [energias] renováveis representem, entre 2015 e 2020, cerca de 50% da capacidade instalada nos EUA (LOPES, 2015). O Japão tem uma projeção de 12,7 gigawatts (GW) de energia solar durante o ano de 2015, o valor mais elevado logo a seguir ao da China, que deverá chegar aos 17,8 GW em 2015. Nos Estados Unidos ditaram-se novas regras para a queda da emissão do carbono em pelo menos 15%, direcionando melhor o foco para energias renováveis, com uma previsão de produção de 55 gigawatts em 2015. Wessendorf (2016) informa que também em 2015 os investimentos em energia renovável de EUA e China chegaram próximos de US\$150 bilhões e o maior crescimento veio de usinas fotovoltaicas no Chile, com 521 MWp, com a América Central contribuindo com 495MWp, sendo México e Brasil, ficaram praticamente inativos em 2015, com o 36MWp instalados no Brasil e 100MWp no México. Em Portugal há uma tendência que seja instalado 700 megawatts de potência solar até 2020. Índia e África do Sul também estão investindo neste tipo de energia limpa, a necessidade de implementá-las são peça chave para redução dos custos, pois esta tecnologia fica mais barata que alimentar os geradores com diesel. Este crescimento da energia PV está expandindo para outros mercados não tradicionais como Canadá, Austrália, Chile, Tailândia, América de Sul e Central, entre outros, sendo que estes países fazem a média de crescimento desta tecnologia se manter (LOPES, 2015).

No Brasil a utilização da energia fotovoltaica ainda é muito pequena e pouco explorada, conforme ABINEE (2012, p. 93) “dadas as magnitudes quase desprezíveis da demanda e das instalações fotovoltaicas atualmente no Brasil, salta

à vista a necessidade de ações que permitam despertar os atores nacionais e globais para o elevado potencial de assimilação de tecnologia e geração de valor adicionado na produção local dos diversos elos desta cadeia”. Mesmo com um potencial enorme para propagação deste tipo de energia limpa, com a irradiação solar com média maior que 4 kWh/m² por dia, a implementação não é incentivada e o custo de aquisição e implementação são altos, mesmo que literaturas atuais mostrem que em menos de 8 anos obtenha-se o retorno do investimento, e que terá uma vida útil em média de 25 anos.

2.2 Sistema fotovoltaico

Uma das mais promissoras tecnologias renováveis de geração de energia elétrica é a energia fotovoltaica, que gera eletricidade de forma distribuída, característica que se diferencia da forma como se constitui o setor elétrico brasileiro.

Vários programas para o desenvolvimento desta tecnologia estão em andamento visando o melhoramento no custo e de sua aplicação (GOLDEMBERG; LUCON, 2012).

O mercado fotovoltaico vem crescendo a cada dia, e cada vez mais os sistemas vêm se adequando de forma integrar com a edificação. Uma profunda variedade de sistemas fotovoltaicos integrados à edificação encontra-se disponível no mercado. Nos sistemas de fachada estão incluídos elementos de revestimentos de parede, painéis para vãos e vidros. Sistemas de coberturas incluem telhados, ao qual o presente trabalho será explorado, e iluminações naturais nas coberturas. Portanto, é uma tecnologia de instalação de energia renovável que apresenta grande vantagem, principalmente visto a grande capacidade de irradiação solar existente no mundo, principalmente no Brasil.

Os sistemas fotovoltaicos apresentam duas configurações distintas: isolados ou autônomos e conectados à rede elétrica. A diferença entre eles destaca-se pela existência ou não de um sistema acumulador de energia

Nos sistemas autônomos há a necessidade de acumuladores de energia (baterias), a energia gerada pelos painéis solares podem ser utilizadas diretamente nos dispositivos consumidores, ou armazenada para ser distribuída aos pontos de consumo. Sistemas autônomos são normalmente utilizados quando o custo de para

rede elétrica pública chegar até o local é muito alto, tornando-se inviável, ou quando o local for de difícil acesso (MUNIZ; GARCIA, 2006). Os sistemas interligados à rede elétrica, não necessitam o uso de acumuladores de energia, pois em conjunto com a geradores de energias públicas e privadas funcionam como gerador de energia. Podendo estar integrados as construções ou até mesmo em substituição a elementos decorativos na construção (RÜTHER; SALAMONI, 2011).

Nos sistemas ligados à rede pública de distribuição de eletricidade a legislação tem que estar compatível com este sistema para que a energia não absorvida possa ser vendida ou creditada para uso futuro, minimizando o fornecimento de energia pela distribuidora, principalmente no verão, quando ocorre um acúmulo do consumo por ar condicionado.

2.2.1 Tipos de Células fotovoltaicas

2.2.1.1 Silício Monocristalino

As células de silício monocristalino, obtêm-se a partir de barras cilíndricas de Silício monocristalino produzidas em fornos especiais, das quais são cortadas fatias com cerca de 0,4 a 0,5 mm de espessura (Mendes,2011), visualizado na Figura 3. Este tipo de material possui grande abundância no mundo, sua eficiência chega próxima de 16% em laboratório, sendo comercialmente uns dos mais utilizados, devido a sua robustez e confiabilidade.

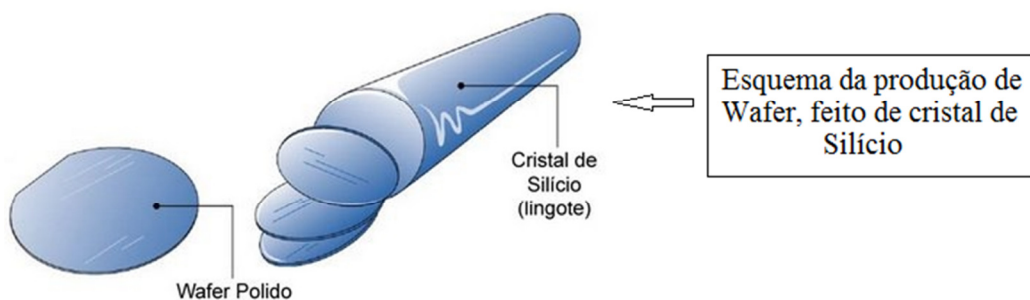


Figura 3: Barras cilíndricas de silício monocristalino

Fonte: ISL/Infotônica, processo Czochralski, disponível em < <https://sites.google.com/site/humberto-honda/isl-2009> > acesso em 21 de outubro de 2014

A fabricação da célula de silício feita através da extração do cristal de dióxido de silício, que é desoxidado em grandes fornos, purificado e solidificado atingindo um grau de pureza entre 98 e 99% (JUCÁ; CARVALHO, 2013) . Este silício para funcionar como células fotovoltaicas necessita de outros dispositivos

semicondutores, como Fosforo e Boro, respectivamente utilizados para obter o silício do tipo N e o silício do tipo P.

Jucá e Carvalho (2013) já informavam que o silício utilizado na eletrônica deve ter uma alto grau de pureza e baixa densidade de defeitos na sua estrutura. O processo mais utilizado para se chegar as qualificações desejadas é chamado "processo Czochralski", quando o silício é fundido juntamente com uma pequena quantidade de dopante, normalmente o boro que é do tipo P. Com o controle da temperatura e a orientação do cristal, do material fundido tem-se um cilindro de silício monocristalino, que é cortado em fatia de 300mm. Após este processo é feita a limpeza das impurezas e inserido silício do tipo P, colocando-as em vapor de fosforo próximo de 1000°C.

2.2.1.2 Silício Policristalino

As células de silício policristalino são mais baratas que as de silício monocristalino por terem um processo de fabricação menos rigoroso, devido ao fato de serem formados por blocos de pequenos cristais e não de um único grande cristal (JUCÁ; CARVALHO, 2013), como mostra a Figura 4. Já sua eficiência fica uma pouco menor em relação ao silício monocristalino

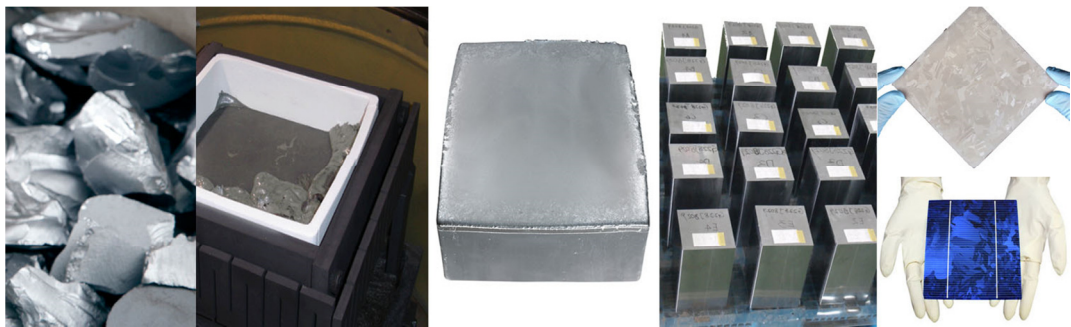


Figura 4: Wafers de silicio policristalino- processo de fabricação
 Fonte:portalsolar, célula fotovoltaica, disponível em < [http://www.portalsolar.com.br/celula-fotovoltaica .html](http://www.portalsolar.com.br/celula-fotovoltaica.html)> acesso em 30 de novembro de 2015

As técnicas de fabricação do silício policristalino são similares ao do silício monocristalino, permitindo um nível de eficiência compatível, porém com controles destes processos menos rigorosos.

As células de silício policristalino são menos eficientes, já que a perfeição cristalina é menor que no caso do silício monocristalino. Os wafers de silício policristalino são tratados quimicamente à espessuras de 200 e 400 μm sendo cobertos por uma grade metálica em ambas as faces para formar o contato elétrico, o material fundido no processo é o mesmo usado no processo de fabricação do silício monocristalino (CAMERA, 2011), resultando grande quantidade de grãos deste cristal, e sendo que os defeitos agrupam-se no contorno do mesmo fazendo com que este se torne menos eficiente que o monocristalino.

Para Camera (2011,p.24) “o silício policristalino é a tecnologia fotovoltaica mais tradicional, mas o fato de fazer uso de “wafers” representa uma maior limitação em termos de redução de custos de produção, tendo em vista a quantidade de material utilizado na fabricação das células”. Cada técnica produz cristais com características específicas. Ao longo dos anos, o processo de fabricação tem alcançado eficiência máxima de 12,5% em escalas industriais. Segundo Aneel (2003) “a eficiência de conversão das células solares é medida pela proporção da radiação solar incidente sobre a superfície da célula que é convertida em energia elétrica”.

2.2.1.3 Silício Amorfo

Mendes (2011, p.243) afirma este tipo de célula é obtida “por meio da deposição de camadas muito finas de Silício sobre superfícies de vidro ou metal, possuem menor rendimento elétrico, ficando entre 8% a 10% e em laboratório podem atingir 13%”.

O que difere as células de silício amorfo das demais são as desordem da estrutura dos átomos (BRITO, 2008). Apresenta vantagens nas propriedades elétrica e no processo de fabricação. Outra vantagem interessante é que este tipo de célula pode ser produzida em espessuras bem finas, o que faz a utilização em construções um fator mais atraente no ponto de vista de adequação e designer das mesmas.

O baixo custo de produção, proveniente da capacidade de ser produzido mediante a destituição de diversos tipos de substrato, o que faz ter uma preço competitivo. Decorrente a estes fatores possui uma baixa eficiência de conversão

fotovoltaica, comparado as monocristalinas e policristalina. Estas células sofrem um processo de degradação nos primeiros meses de operação, que acabam reduzindo a eficiência (JUCÁ; CARVALHO, 2013).

2.2.1.4 Células de Filmes finos

As células de filmes finos são normalmente obtidas a partir do silício amorfo, sendo uma tecnologia fotovoltaica para as películas muito finas como o próprio nome indica. Nas células de filme fino pode ser utilizado qualquer semicondutor devido à pequena quantidade de material utilizado.

Estas células combinam silício cristalino na forma de *wafer* e filme fino de silício amorfo hidrogenado na mesma estrutura (CÂMARA,2011). A alta absorção na camada de silício amorfo reduz a densidade de corrente de curto circuito das células HIT, então a camada de silício amorfo tem que ser finas para reduzir perdas na absorção. Há ainda uma camada de filme fino de um óxido transparente condutor que pode atuar como camada anti-refletora ou contato transparente (CÂMARA,2011).

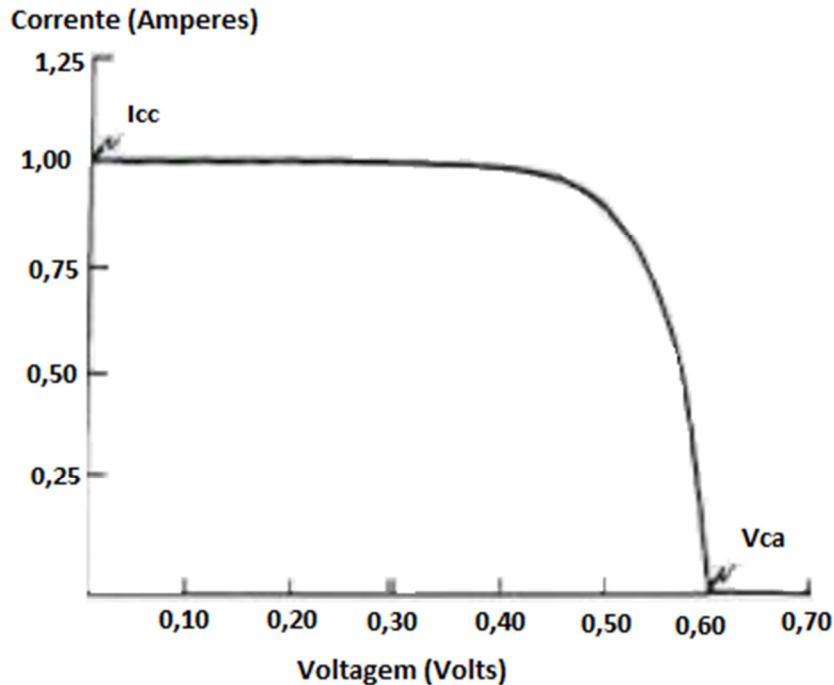
2.2.2 Módulos Fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos, conforme Figura 5, são compostos por células fotovoltaicas, convertendo a radiação solar em energia elétrica através de um semicondutor conhecido como célula solar ou célula fotovoltaica (VARELLA; GOMES, 2009).

As células fotovoltaicas na sua conversão produzem baixa tensão e corrente, quando vistas de forma unitária. Para obter a potencia ideal para utilizar os equipamentos de nosso dia a dia é necessário fazer a associação destas para que possam suprir as necessidades.

Beltrão (2008) informa que a curva característica de corrente tensão de uma célula fotovoltaica é definida pela norma internacional E-1036, obedecendo a condição padrão para se obter esta curva definida para radiação uma de 1000W/m² (radiação recebida na superfície da Terra em dia claro, ao meio dia), e a temperatura de 25°C na célula (a eficiência da célula é reduzida com o aumento da

temperatura) e a distribuição espectral de AM 1,5. Para complementar as informações dos módulos, alguns fabricantes informam as condições de testes padrão (STC) e a temperatura nominal de operação da célula fotovoltaica (NOCT).



Observa-se na figura XX que com a tensão baixa, a corrente de saída mantém-se constante, assim pode-se considerar como uma fonte de corrente constante. Pinho e Galdino (2014) ressaltam que partir da curva I-V, outros fatores importantes que devem ser analisados são:

- Tensão de circuito aberto (V_{oc}): é a tensão entre os terminais de uma célula fotovoltaica quando não há corrente elétrica circulando, sendo a máxima tensão que uma célula fotovoltaica pode produzir. Esta tensão pode ser analisada fazendo a medição com um multímetro diretamente nos terminais positivo e negativo da célula
- Corrente de curto-circuito (I_{sc}): é a medição máxima de corrente na célula fotovoltaica quando a tensão elétrica em seus terminais é igual a zero. Esta medição é obtida com um amperímetro curto-circuitando os terminais do módulo. A corrente de curto circuito depende de alguns fatores como a área da célula fotovoltaica, a irradiância solar e de sua distribuição espectral, as propriedades ópticas e a probabilidade de coleta dos pares elétron-lacuna formados.

Para que este arranjo seja possível de ser utilizável, é imprescindível fazer a associação dos módulos fotovoltaicos em arranjos série ou paralelos. Ao conectar as células em paralelo, soma-se as correntes de cada módulo e a tensão do módulo

é exatamente a tensão da célula. Mas também há outra opção de conexão que seria em série, quando o agrupamento do número módulos soma-se a tensão destes e a corrente permanece constante.



Figura 5: Painéis Fotovoltaicos

Fonte:portalsolar, célula fotovoltaica, disponível em<
<http://www.ffsolar.com/index.php?lang=PT&page=produtos&content=model&field=1&category=1&family=115>> acesso em 30 de novembro de 2015

Um módulo fotovoltaico típico possui entre 36 ou 72 células encapsuladas na estrutura que a compoem. A célula que irá impor a razão da corrente do módulo e a corrente da célula, resultado do número de células ligadas em paralelo, e a razão entre a tensão do módulo e a tensão da célula resulta do número de células ligadas em série (REMELGADO, 2011).

Os painéis fotovoltaicos possuem vantagens que compensam sua aquisição, pois não emitem ruído, possuem longa vida útil, sua manutenção é muito baixa, não poluem quando em funcionamento e podem ser instalados em áreas bem remotas. (ADAM, 2001)

2.2.2.1 Tipos de conexão dos módulos fotovoltaicos

De acordo com Boylestad (2004) um circuito em série consiste um número de elementos unidos por seus terminais estabelecendo uma circuito fechado por onde passa a carga.

Na ligação em série é constituída através da ligação do polo positivo de uma com o negativo do outro e unindo desta forma a quantidade necessária para a potência a ser constituída, visto que a corrente permanece igual e soma-se as tensões ,vide Figura 6.

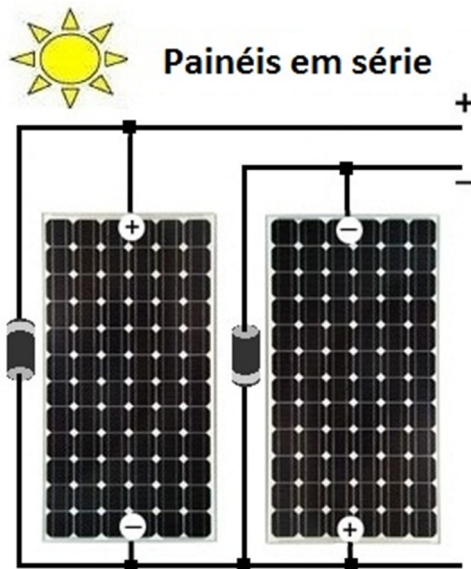


Figura 6: Módulos Fotovoltaicos Conectados em série

Fonte: MpptSolar, Ligação em série de mais painéis solares, disponível em <<http://www.mpptsolar.com/pt/painéis-solares-em-série.html>> acessado em 30 de novembro de 2015

Nesse tipo de conexão de módulos, a corrente total dos módulos é igual à corrente de um módulo, mas a tensão total é a soma da tensão de cada um dos módulos do conjunto (LISITA JUNIOR, 2005), assim:

$$I_{\text{total}} = I_1 = I_2 = I_n$$

$$V_{\text{total}} = V_1 + V_2 + V_n$$

Na ligação em paralelo é constituída através da ligação dos mesmos polos, polo positivo ao polo positivo de todos os módulos e o polo negativo ao polo negativo do outro também de todos os módulos. Fazendo a junção necessária em relação a potência requerida, verificando que a tensão permanece igual e soma-se as correntes, conforme Figura 7.

$$I_{\text{total}} = I_1 + I_2 + I_n$$

$$V_{\text{total}} = V_1 = V_2 = V_n$$

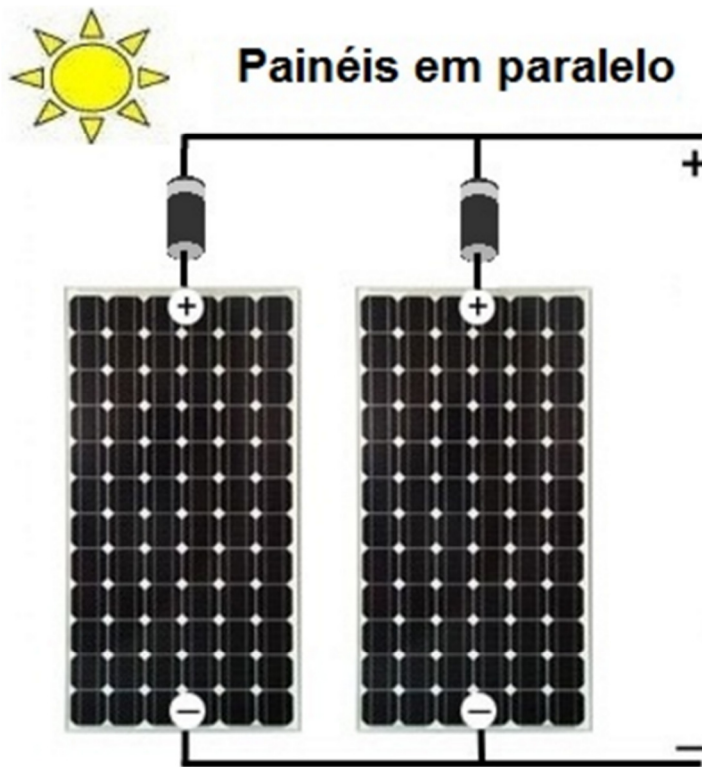


Figura 7: Módulos Fotovoltaicos Conectados em Paralelo

Fonte: MpptSolar, Ligação em série de mais painéis solares, disponível em <<http://www.mpptsolar.com/pt/painéis-solares-em-paralelo.html>> acessado em 30 de novembro de 2015
 Fonte: Laboratório Solar Fotovoltaico – UFJF

Lisita Junior (2005) informa que para alcançar a potência requerida para ao funcionamento de uma carga específica no sistema fotovoltaico é necessário aglutinar os módulos em paralelo, verificando que quanto maior o número de arranjos em paralelo maior será a potência do sistema.

2.2.3 Componentes de um sistema fotovoltaico

2.2.3.1 Sistemas Isolados

Conforme ABINEE(2012,p.128) os sistemas isolados necessitam de acumulador de energia para armazenar a energia elétrica, para utilização em períodos que não há irradiação solar ou mesmo em níveis baixos de radiação solar. Neste tipo de sistema há também a necessidade de um dispositivo controlador de carga, com a função de maximizar a vida útil da bateria, não deixando a bateria se esgotar por completo ou evitando sobrecarga.

Os aparelhos utilizados diariamente, tanto nas empresas quanto na residências, são alimentados por corrente alternada (CA), para que estes sejam utilizados nas redes dos sistemas fotovoltaicos é necessário a utilização de um inversor, como mostra a Figura 8.

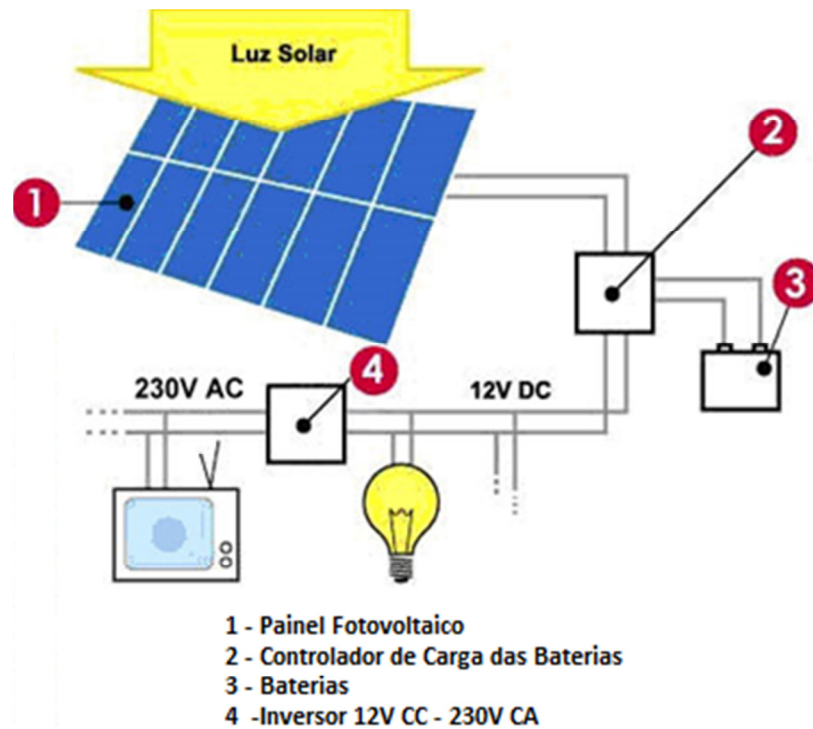


Figura 8: Diagrama de sistemas Fotovoltaicos em função da carga utilizada

Fonte: Portalenergia, Dimensionamento do controlador de carga para um sistema solar, disponível em < <http://www.portal-energia.com/dimensionamento-do-controlador-de-carga-para-um-sistema-solar/>> acesso em 29 de maio de 2014

2.2.3.2 Sistemas Híbridos

Sistemas híbridos podem ser formados de mais de duas fontes de geração energia como turbinas eólicas, geração diesel, módulos fotovoltaicos entre outras (CRESESB, 2008). Neste tipo de cenário é necessário o controle destas outras fontes de energia para que o usuário não tenha transtornos na execução de qual fonte utilizar.

O Sistemas Híbridos, conforme Figura 9, são utilizados geralmente em locais de médio a grande porte, devido aos custos de implementação e controle destes.

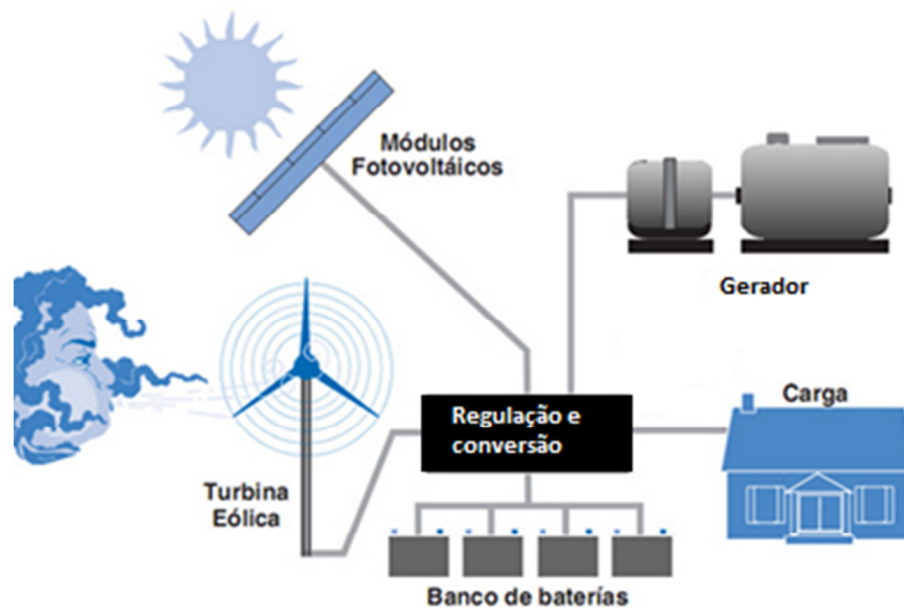


Figura 9: Sistemas Fotovoltaicos Híbridos
 Fonte: DNETN-MIEM, Microgeneración, disponível em <
<http://www.energiaeolica.gub.uy/index.php?page=generalidades/>> acesso em 27 de maio
 de 2015

2.2.3.3 Sistemas Conectados a rede

Os sistemas conectados a rede possuem um arranjo de painéis fotovoltaicos geralmente maiores para atender a carga do sistema, sendo que não há acumulador de energia, pois toda a geração é entregue diretamente na rede elétrica. Este sistema representa uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual esta conectada. Na Figura 10, o arranjo é conectado em inversores e logo em seguida guiados diretamente na rede. Nos centros urbanos, os sistemas fotovoltaicos poderão ser utilizados em construções existentes, aproveitando os telhados de residências, coberturas de estacionamentos, coberturas de edifícios, fachadas, entre outros locais, funcionando como unidades de geração distribuída (RÜTHER; SALAMONI, 2011). Conectados junto as edificações podem trabalhar junto com o sistema de distribuição, diminuindo a carga da operadores de eletrificação, principalmente por equipamentos de ar condicionado na empresas.

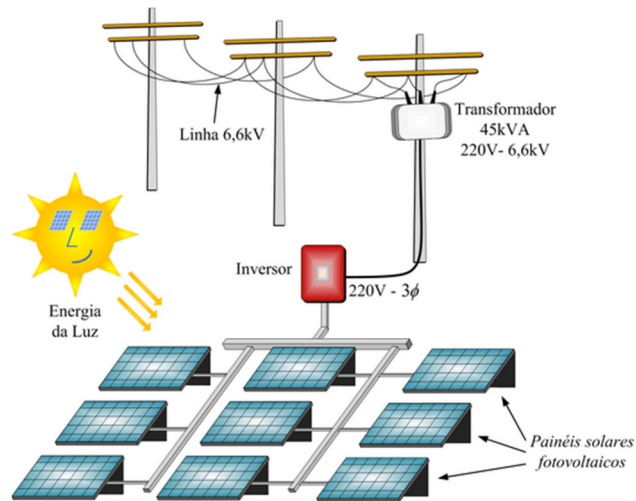


Figura 10: Sistemas Fotovoltaicos Conectados à rede
Fonte: Laboratório Solar Fotovoltaico – UFJF

2.2.4 Inversores

São dispositivos elétricos ou eletromecânicos capazes de converter um sinal elétrico CC (corrente contínua) em sinal elétrico CA (corrente alternada), gerando uma tensão bem próxima da utilizada na rede elétrica convencional, ajustando seu nível de tensão e corrente. Podendo nestes inversores a possibilidade de monitoramento de medição com envio das informações remotamente via internet (ABINEE,2012). Para Pereira e Gonçalves (2014) uma das principais funções dos inversores é desconectar o arranjo fotovoltaico da rede caso os níveis de corrente, tensão e frequência não estejam dentro da faixa aceitável dos padrões da rede elétrica ou também do lado CC.

Em relação ao funcionamento dos inversores, tem-se os inversores para ligação á rede podem dividir-se em inversores comutados pela rede (sincronizados pela rede) e em inversores auto-controlados.

Os inversores são subdivididos também em relação a sua operação que podem ser como fontes de tensão ou fontes de corrente; os inversores podem, ainda, ser comutados pela rede ou auto comutados, que independem dos parâmetros da rede (LISITA JUNIOR, 2005).

Para Lisita Junior (2005) os inversores por serem pequenos e não produzirem ruídos, podem ser instalados na parte interna da edificação e também

junto aos módulos fotovoltaicos, verificando que devem ser colocados protegidos de intempéries.

2.2.5 Controlador de Carga das Baterias

Os controladores de carga são dispositivos eletrônicos que operam a corrente contínua com a função principal de controle da carga e descarga das baterias (ABINEE, 2012).

Para Loschi(2015) o controlador de carga possui um papel importantíssimo, pois ele é inserido entre o painel fotovoltaico e a bateria. Sem o controlador de carga, pode haver a uma sobrecarga, podendo esquentar a bateria e alterar as características do material. Outra função é a não deixar a bateria se esgotar.

O tipo de baterias mais utilizadas no sistemas fotovoltaicos, são as chumbo-ácido, necessitando uma controle bem eficaz de sua carga e descarga, para que aumente sua vida útil. Nestas durante o processo de carga o controlador deve adequar o fluxo de energia entregue a bateria, conseguindo fazer o carregamento completo, sem exceder os limites de tensão, de corrente e de temperatura da bateria. No processo de descarga da bateria o controlador deve evitar que a bateria seja descarregada além da sua capacidade de fornecimento de energia (SEGUEL, 2009).

2.2.6 Estrutura de suporte para painel fotovoltaico

As Estruturas para montagem dos painéis fototovoltaicos devem ter como parâmetro essencial para sua montagem, fácil instalação e manutenção, tendo como prioridade a adequação no projeto arquitetônico, não alterando a estética da construção (LISITA JUNIOR, 2005).

Em alguns projetos fotovoltaicos pode-se adicionar dispositivos que acompanhe o movimento do sol, colocando-se eixos móveis para esta ação. O ganho econômico decorrente do aumento na produção de energia deve superar o investimento (ABINEE, 2012).

Segundo Lisita Junior(2005) as estruturas para suporte dos painéis fotovoltaicos devem seguir algumas exigências:

- Suportar ventos de até 150 km/h.
- Posicionar os módulos a uma altura de no mínimo 1 (um) metro do solo.
- Ser com materiais não corrosivos, como o ferro galvanizado e o alumínio.
- Estar aterrada eletricamente, de acordo com as normas vigentes.
- Ter uma agregação perfeita com a estética da edificação

2.2.7 Módulos fotovoltaicos integrados a telhados

A instalação de painéis fotovoltaicos nas construções estão cada vez mais sendo incorporados aos mais deferentes designers. A Instalação destes painéis muitas vezes de forma inapropriada, diminuía a eficiência dos módulos fotovoltaicos. Para melhorar a eficiência dos módulos fotovoltaicos é necessário a análise de alguns fatores como a altura da abertura, a distância entre o módulo e telhado, transferência de calor dentro do intervalo de ar e, em seguida, afeta grandemente o desempenho do módulo, mas o fator primordial para o módulo fotovoltaico sob condição de bom funcionamento é influenciado principalmente por dois fatores: a irradiação solar sobre o módulo e a temperatura da célula.

Influência da temperatura das células fotovoltaica faz-se necessário a análise da ventilação entre o módulo voltaico causa uma melhora na eficiência das células fotovoltaicas. De acordo com D'orazio, Perna e Giuseppe (2013) expõem os resultados de sua experimentações onde foram instalados em um telhado três blocos, identificados na Figura 11 e Figura 12, com diferentes sistemas com células de silício monocristalino (156x156 mm) que diferenciam uns dos outros pelo nível de integração:

- Tipo A (no telhado A): módulo PV totalmente integrado instalado no mesmo nível da cobertura do telhado com intervalo de ar de 0,04m (entre o painel e isolamento);
- Tipo B (no telhado B): módulo PV parcialmente integrado instalado sobre o telhado com caixa de ar de 0,2m
- Tipo C (no telhado C): módulo PV totalmente integrado montado diretamente com o isolamento do telhado

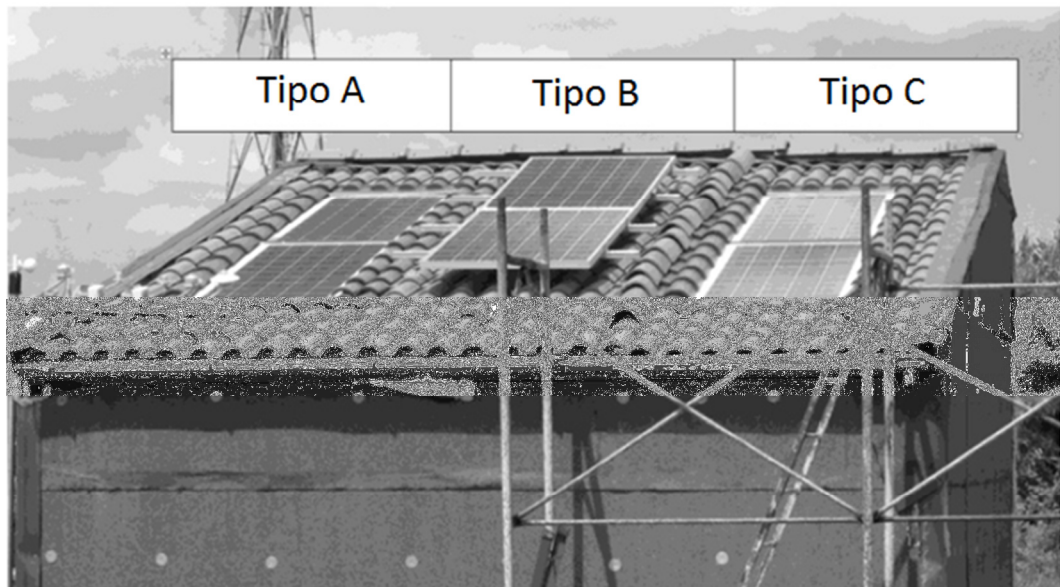


Figura 11 : Vista da construção experimental em escala real com módulos fotovoltaicos, Campo Sul (Ancona, Itália)

Fonte: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610213017207> em 20 de abril de 2014

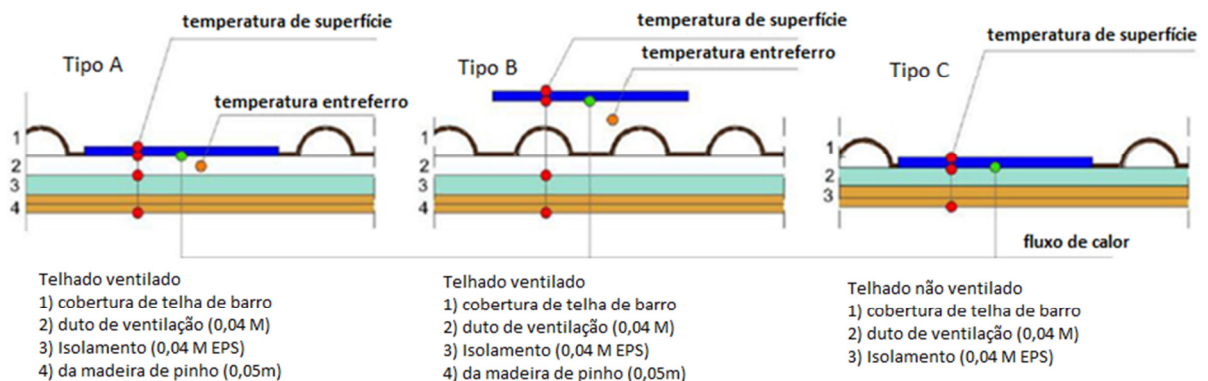


Figura 12 : Posição dos telhados e módulos fotovoltaicos. Estratigrafias dos telhados: à esquerda os telhados ventilados (A, B) e à direita do telhado não ventilado (C).

Fonte: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610213017207> em 20 de abril de 2014

Nos estudos realizados, D'orazio, Perna e Giuseppe (2013) comprovam que a temperatura do módulo fotovoltaico afeta fortemente o desempenho energético. Em um dia ensolarado e sem vento o do módulo fotovoltaico B atingiu um pico de temperatura de $65,46^{\circ}\text{C}$ em comparação com $77,27^{\circ}\text{C}$ do módulo A e $78,80^{\circ}\text{C}$ de módulo fotovoltaico C. Nos testes efetuados o módulo fotovoltaico B que possuía uma abertura de ar maior manteve a temperatura menor que as dos módulos fotovoltaicos C e A. Sendo a eficiência energética muito maior que os outros módulos, enquanto a módulo fotovoltaico C sofreu um superaquecimento causado

pelo fluxo de calor atrás do painel, e no módulo fotovoltaico A a produção foi um pouco melhor que a do módulo fotovoltaico C, por ter uma abertura muito menor que o módulo fotovoltaico B. Todos os módulos fotovoltaicos estavam nas mesmas condições, até porque estavam na mesma localização física.

Nos módulos fotovoltaicos que foram ventilados na parte de trás (A e B), houve uma substancial redução (temperaturas menores do que 40 ° C no módulo fotovoltaico A e inferior a 30 ° C no módulo fotovoltaico B), enquanto que no módulo fotovoltaico C, o ar mantido a uma temperatura próxima da temperatura na parte de trás do painel (60,9 ° C).

Os resultados experimentais de D'orazio, Perna e Giuseppe (2013) demonstram que, mesmo com um espaço ventilado módulo fotovoltaico B que possuía uma maior produção de energia, a diferença com os módulos fotovoltaicos A e C é inferior a 4%.

Na utilização de energia fotovoltaica já existe a telhas fotovoltaicas, como são chamadas as telhas que já possuem acopladas a sua construção física células fotovoltaicas (Figura 13).



Figura 13 : Telha de cerâmica com célula fotovoltaica acoplada.

Fonte: <http://pplware.sapo.pt/informacao/empresas-desenvolvem-telhas-que-sao-tambem-placas-solares/> em 01 de novembro de 2015

Neste tipo de telhado a uma facilidade na reposição e manutenção de telhas, visto que a implantação destas e de encaixe como a das telhas convencionais de barro. Segundo Pannellisolari (2015) as telhas feitas pelo Venetian REM SPA Noventa di Piave (Veneza) são de fácil instalação, são instaladas nos telhados, como telhas tijolos normais (figura 14).

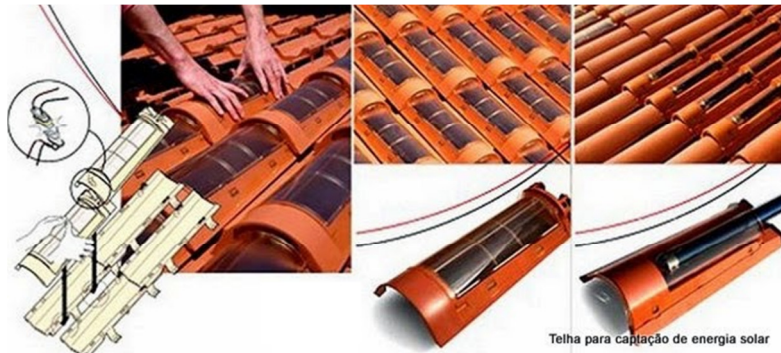


Figura 14 : Telha com célula fotovoltaica acoplada curva.

Fonte: <http://vivagreen.com.br/10mais/telha-ceramica-fotovoltaica/> em 01 de novembro de 2015

Para Albe (2015) tanto na construção de telhados de edifícios novos e na forma de construções existentes, estas telhas permitem manter o nível estético, sem sacrificar a capacidade de utilização da energia solar. Existem alguns modelos diferentes em relação ao layout de telhas fotovoltaicas que permitem a geração de energia e adaptação aos mais diferentes telhados, mantendo a originalidade e muitas vezes deixando mais moderna a arquitetura, como mostra a figura 15



Figura 15 : Modelos diversos de telhas com célula fotovoltaica acoplada.

Fonte: <http://www.greenme.it/abitare/risparmio-energetico/9247-tegole-solari-fotovoltaiche-trasparenti/> em 01 de novembro de 2015

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para execução do estudo em questão foi necessário a aquisição de equipamentos e produtos. Na montagem do experimento foi feita a aquisição de uma telha de zinco de 1m², sendo este o local que será colocado o prototipo e feito coleta e análise dos dados obtidos. A aquisição das células fotovoltaicas foi um processo bem mais complexo, visto que a comercialização deste tipo de produto individualmente, não é encontrado no Brasil, este fato comprovou-se através da tentativa de compra através de contatos telefônicos e via emails. Mesmo com a informação que a compra era para um estudo acadêmico científico, não foi obtido resposta positiva. Através de várias pesquisas por mídias digitais e até mesmo os contatos de tentativas de compra, já requisitando auxílio, caso as empresas pudessem colaborar, de como alcançar este objetivo de compra, teve-se a informação de poder verificar empresa especializadas em importação. Por contato telefônico, as informações para este tipo de atividade davam conta que para fazer a aquisição destes produtos, células fotovoltaicas, haveria a necessidade de volumes bem mais altos que os necessários para um estudo acadêmico. Outra opção encontrada foi a aquisição através de digitais, como no site de compras eletrônicas mercado livre e sites de compra direta da China como www.alibaba.com e www.aliexpress.com, por exemplo. Através destas mídias foi encontrado êxito, sendo adquirido o primeiro lote de células fotovoltaicas, para executar o início dos estudos.

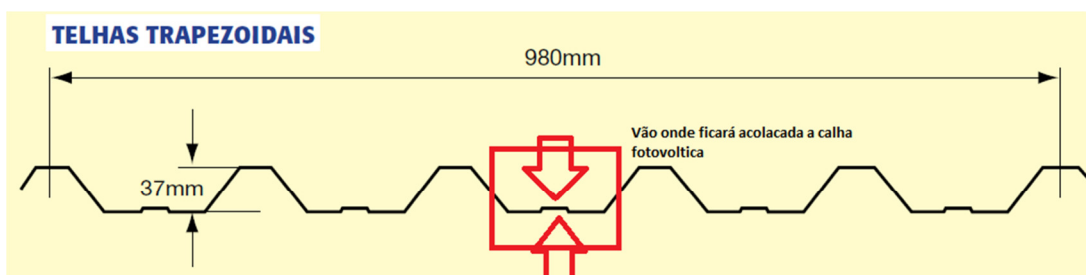


Figura 16: Vista Lateral da telha de Zinco

Fonte: ABCEM-Associação Brasileira da Construção Metálica (Sao Paulo). Manual Técnico Telhas de Aço. 2009. Disponível em:

<www.abcem.org.br/upfiles/arquivos/publicacoes/manual-de-telhas.pdf>. Acesso em:

12 maio 2015

Foi adquirido na primeira vez um kit de 40 células fotovoltaicas policristalinas de 52mm x 76mm, sendo cada célula gerava 0,5V, com corrente máxima de 1,25A, com potência máxima de 0,63 W. Este lote de células fotovoltaicas tinham em um tamanho ótimo, tanto de largura em relação ao vão da telha (Figura 16) onde foi encaixada a calha fotovoltaica, quanto ao número de células por calha (Figura 17).

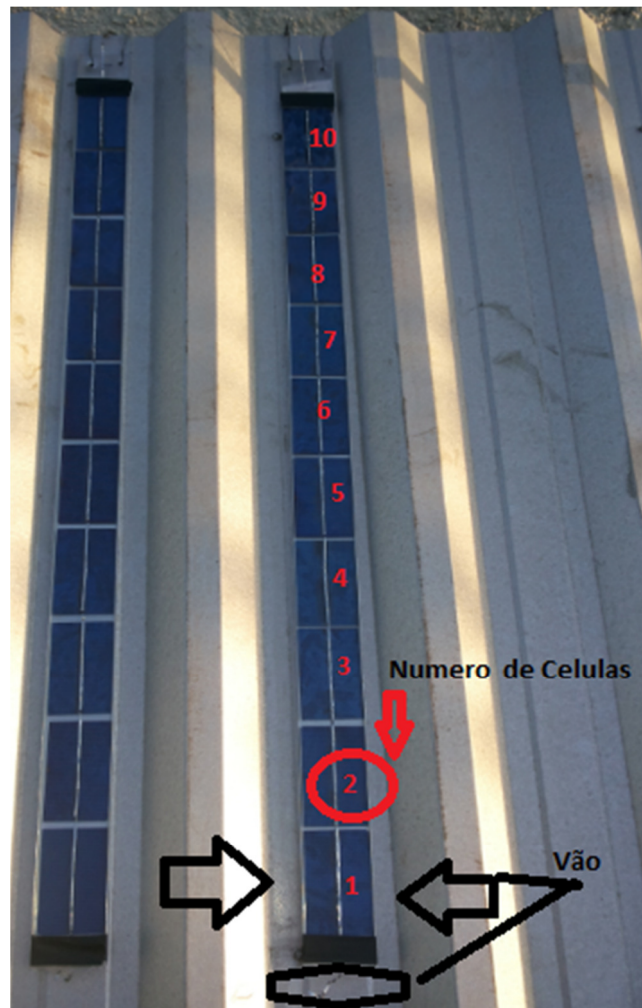


Figura 17: Diagrama de funcionamento fotovoltaico

Na confecção da calha fotovoltaica, devido a falta de prática ao manuseio das células fotovoltaicas, ocorreram quebras significativas relativas às quantidades necessárias para a potência e tensão desejada do projeto, visto que na Figura 14 pode-se observar que há 2 calhas com 10 células fotovoltaicas cada, não alcançando a tensão necessária que era de 12V. Foi necessária a aquisição de mais células. Nesta etapa houve uma adversidade, visto que não foi mais encontrado as mesmas dimensões da primeira aquisição. Fez-se a necessidade de

comprar células com outras dimensões para continuação das experimentações, estas especificações foram bem diferentes das compradas anteriormente, pois o tamanho das células foram de 80mm x 150mm policristalinas. Necessitando alterar o tamanho da calha fotovoltaica e fabricação de um novo molde (Figura 18). Neste lote cada célula possuía a potência média de 1,8W, a corrente média de 3,6A e a tensão média 0,5V.

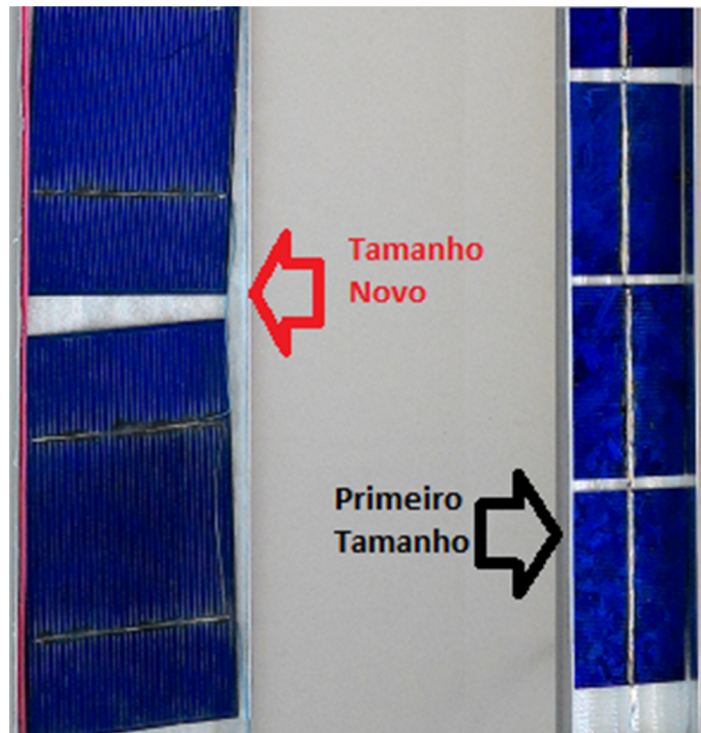


Figura 18: Diagrama de funcionamento fotovoltaico

Para inserir as células sobre a telha, foi criado um protótipo para colocação das células fotovoltaicas, chamada de calhas fotovoltaicas, conforme Figura 15, módulos fotovoltaicos muito menores de os convencionais, já citados neste estudo, detalhado no capítulo seguinte. Para criar esta calha foi moldado o layout da estrutura da calha, sendo a medida da altura e largura de acordo com a espessura da célula, do vidro para a cobertura e proteção das células e a fiação para ligação das células fotovoltaicas que ficam dentro da calha fotovoltaica. A junção das células necessitou de fio de cobre para conexão das células em cada calha fotovoltaica, conforme Figura 19, executadas através de soldagem com estanho e ferro de solda de 40 W de ponta fina para melhor aderência do cabo a célula, vide Figura 20.

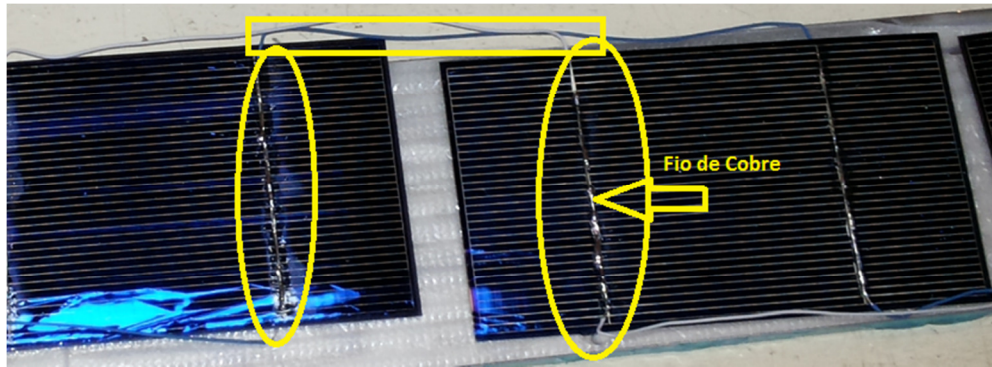


Figura 19: União das Células Fotovoltaicas com Fio de Cobre



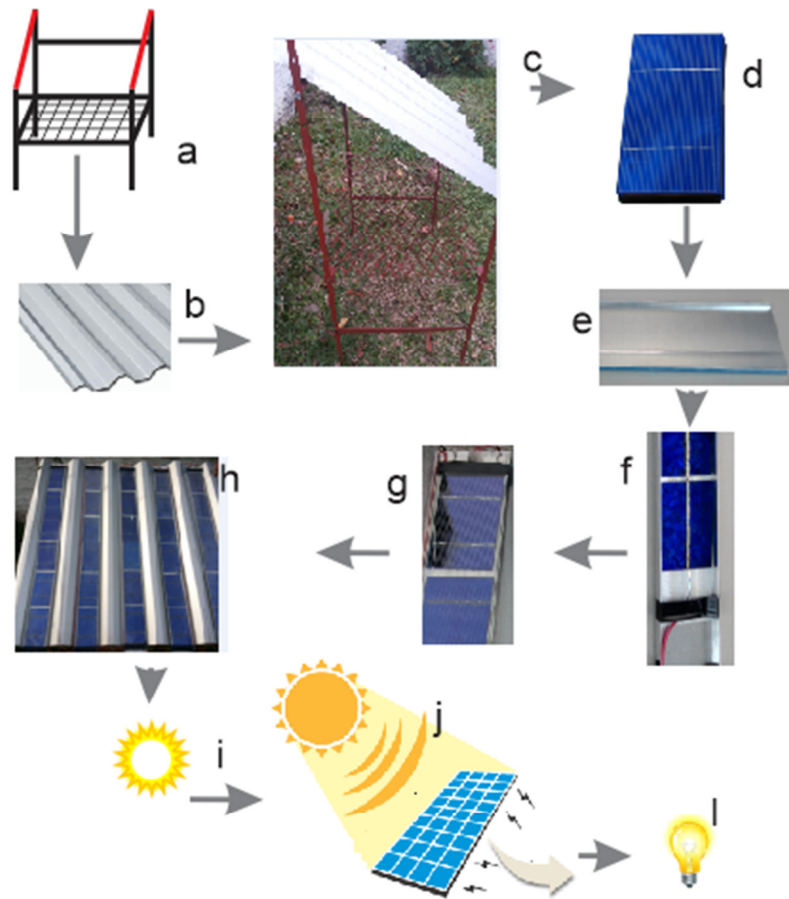
Figura 20: Equipamentos e produtos Utilizados (Estanho e Ferro de Solda)

Foram utilizados também alicate de corte e de bico pequenos, para o manuseio e alinhamento dos fios de cobre nas calhas fotovoltaicas. Para ligação entre as calhas para formar a potência desejada, em cada calha foi inserido um conector sindal na parte superior com um borne para o contato positivo e o outro para o contato negativo. Para o isolamento entre as células fotovoltaicas e a calha de alumínio foi colocado um material de EVA adquirido em uma loja de aviamentos. O vidro que faz a proteção das células entre a calha foi moldado um vidro temperado com as mesmas dimensões da calha para fixar de forma perfeita a calha. Para evitar a entrada de sujeira ou água, foi vedado a calha ao vidro com silicone transparente. Para ligação das calhas a utilização de fio flexível 1mm. Para análise de variações de tensão e corrente foi utilizado um multímetro digital.

4 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

4.1 Protótipo experimental

O protótipo do experimento, ilustrado na Figura 21, funciona através da criação de uma estrutura metálica (Figura 21(a)) para adequar a telha de zinco (Figura 21 (b)) ao qual as células fotovoltaicas (Figura 21 (d)) foram inseridas em um compartimento específico, identificado como calha fotovoltaica (Figura 21 (e)), inseridas no seu interior da calha (Figura 21(f,g)), e posicionadas nos vãos (Figura 21(h)) da telhas, e ao receber a irradiação solar (Figura 21(j)) produzirá energia para consumo específico (Figura 21(l)).



Legenda:

a-Estrutura metálica do protótipo

b -Telha trapezoidal de Zinco

c - Estrutura completa montada

d - Célula solar fotovoltaica

e - Calha que acomodará a célula fotovoltaica

f - Calha com a célula

g - Calha com a célula e vidro de proteção

h - Arranjo com 4 calhas fotovoltaicas sobre a telha

i - Sol - Gerador de energia

j - Processo de geração de energia

l - carga que receberá energia (Lâmpada)

Figura 21: Diagrama de funcionamento fotovoltaico

4.2 Montagem do Experimento

Para análise experimental foi montado uma estrutura de ferro que acomoda a telha, e na telha são colocadas as células fotovoltaicas que estão dentro de um mini painel chamado de calha fotovoltaica. A estrutura da telha foi construída de ferro chato, com uma divisória de chapa grade, conforme a Figura 23 e a telha de zinco que receberá as calhas fotovoltaicas. O protótipo do projeto já com a telha é composto da estrutura de ferro com uma telha de zinco fixada nele e em cima da telha a fixação das calhas fotovoltaicas, conforme Figura 22. Nela há uma furação na extremidades de fixação, que possibilita a regulagem de ângulo da telha para testes de radiação, ilustrado na Figura 24, esta regulagem é importante para teste que necessite da mudança de local e reposicionamento da angulação para captação da radiação solar. Uma divisória de chapa na estrutura com uma grade, como mostrada na Figura 23, foi projetada para alocar equipamentos que sejam necessários para implementação do conjunto fotovoltaico (Ex.: inversor). Contem em suas extremidades inferiores furos para fixação ao solo. Já na Figura 22 há uma telha de zinco trapezoidal, modelo comercial.



Figura 22 : Estrutura de aço com telha de Zinco

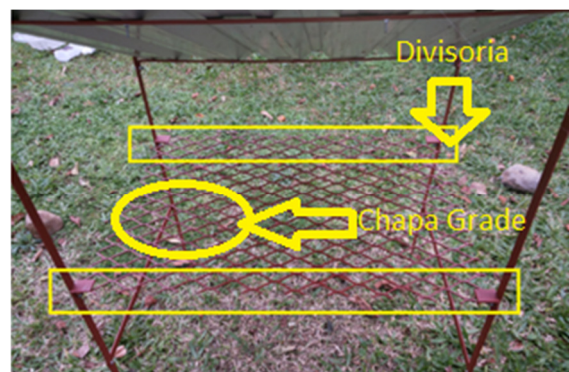


Figura 23 : divisoria para suportar equipamentos



Figura 24 : Furos de regulagem de angulação para radiação solar

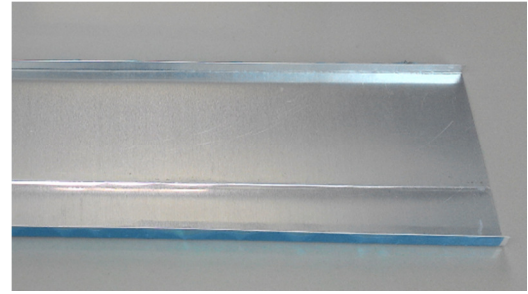


Figura 25 : Estrutura de Alumínio que acomoda as células fotovoltaicas

Para análise do experimento foi projetado uma estrutura de alumínio, como mostra a Figura 25, sendo inseridas as células fotovoltaicas, estas são alocadas no encaixe das lacunas da telha, a Figura 26 mostra que a abertura desta é essencial para este encaixe, visto que desta forma pode-se inserir em qualquer parte do telhado, sendo a fixação deverá ser feita na parte superior da telha.

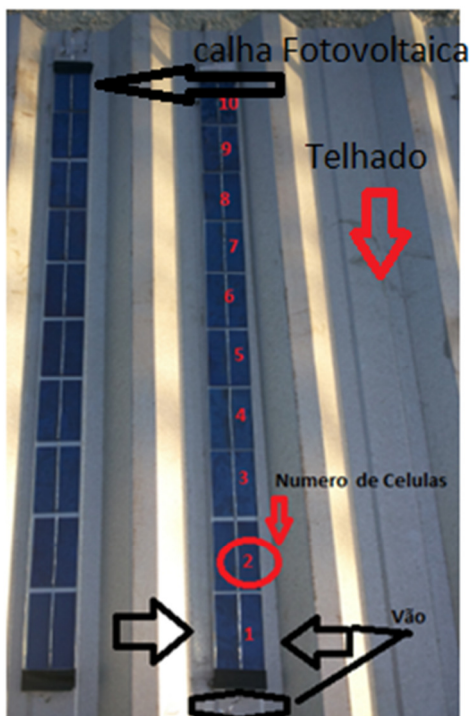


Figura 26 : Telhado com calhas fotovoltaicas inseridas e

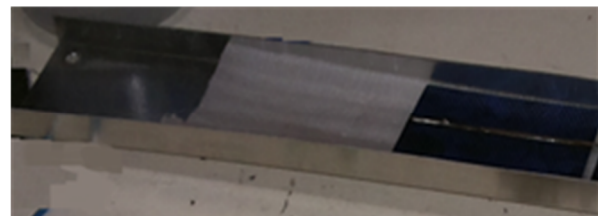


Figura 27 : Estrutura calha fotovoltaica

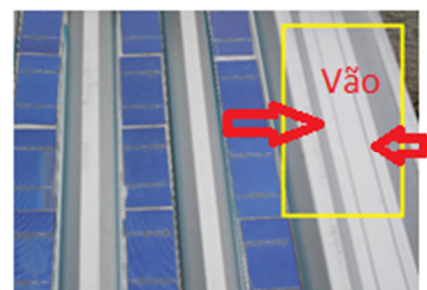


Figura 28 : Vão de encaixe da calha



Figura 29 : Forma de medição da tensão da calha fotovoltaica

Fonte de conexão

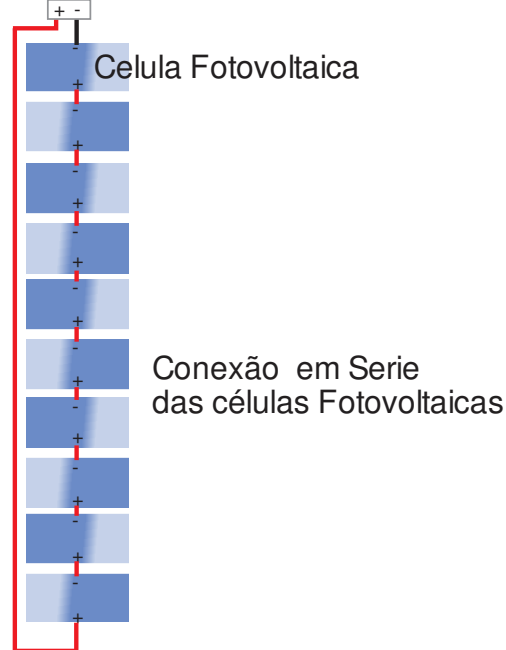


Figura 30 : Diagrama de conexão em serie de 10 células fotovoltaicas

Para as calhas fotovoltaicas projetou-se um molde de 90 cm de comprimento por 5,5cm de largura, acomodando 10 células(figura30) em serie por calha, como mostra a Figura 26 e Figura 27, somando as células na calha resultará em aproximadamente 5V, ilustrado na Figura 29, em cada uma delas. Para a construção das calhas fotovoltaicas primeiro foi criado molde de papelão para verificar a adequação e acomodação das células, e após testes, foi fabricado em alumínio.

A calha foi projetada exatamente para o tamanho das células, não havendo espaço para colocar o cabo que fará a comunicação de um dos polos por dentro da calha, esta situação fez-se necessário a conexão com dupla-face na parte externa da calha e um conector sindal na parte superior para as conexões de energia dos polos positivo e negativo, mostrado na Figura 31.

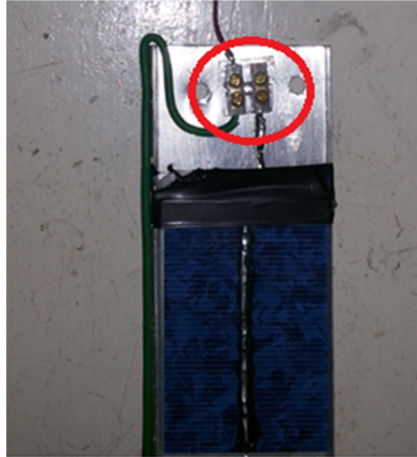


Figura 31 : Conector de ligação da calhas fotovoltaicas

Ocorreu uma situação problema na montagem da calha fotovoltaica, como as células são finas e muito frágeis, a falta de habilidade ocasionou a quebra de várias células, ocasionando falta destas para a tensão desejada que era de 12V. Este fato criou uma dificuldade para continuidade do projeto, principalmente em relação a aquisição de novas células fotovoltaicas com as mesmas dimensões, conforme Figura 32 que tivessem as mesmas características e tamanho ao molde construído com as dimensões de 52mm x 76mm.

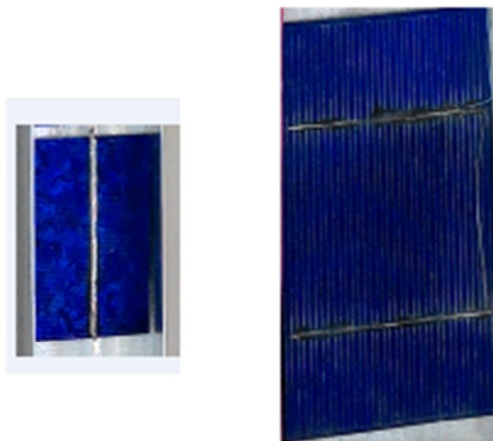


Figura 32 : Célula fotovoltaica menor e célula fotovoltaica maior

Com as dimensões das primeiras calhas, não foi possível a aquisição de novas células, por não encontra-las nos canais de mídia digital a qual foi efetuado a primeira aquisição. Com a localização de um novo um formato de célula compatível com a do projeto, com dimensões de 150mm x 80mm e células policristalina. Com estas dimensões foram refeitos todos os moldes das calhas fotovoltaicas e acomodação de fios e acessórios, bem como a confecção de um novo vidro de proteção. Mesmo com melhor prática de montagem, ainda houveram problemas com quebra de células fotovoltaicas, tanto na soldagem individual, como na solda agrupada, sendo este último, mais problemático, visto que várias vezes a quebra era no meio do arranjo das calhas fotovoltaicas. Com uma pequena fração de envergadura nas células fotovoltaicas, já ocasionava quebra como ilustrado na Figura 33. Desta vez alguns problemas como isolamento foram solucionados, adicionando um isolante, conforme a Figura 34, na parte interna da calha de suporte.



Figura 33 : Quebra de células no agrupamento para colocação na calha fotovoltaica



Figura 34 : Calha fotovoltaica com o isolamento de EVA

Foram produzidas 3 calhas fotovoltaicas já com a novo layout, o necessário para totalização de 12V somando-se a calha do layout antigo, ilustrado na Figura 35.



Figura 35 : Junção de 1 calha com células 1ºlote e 3 calhas no lote novo

Cada calha do layout novo possui a dimensão de 1 metro de comprimento por 0,09 metros de largura e como tamanho das células são maiores a tensão obtida é de 3 V por calha fotovoltaica.

Foram efetuados alguns processos de aperfeiçoamento na montagem das calhas fotovoltaicas, como a inserção do cabeamento de ligação do polo positivo na parte interna da calha, conforme Figura 36, para melhorar o estética e também visando menor manutenção, pois o cabo ficará melhor protegido. Feito um molde para a soldagem das células fotovoltaicas tanto na parte negativa, quanto para parte positiva, mostrado na Figura 37 e na Figura 38, com o objetivo de ter menor quebra das células e maior agilidade na montagem, e a união das células na vertical, pois a espessura do intervalo de rebaixo da telha, conforme Figura 39, é de 10cm aproximadamente.



Figura 36 : Fiação na parte interna da calha Fotovoltaica

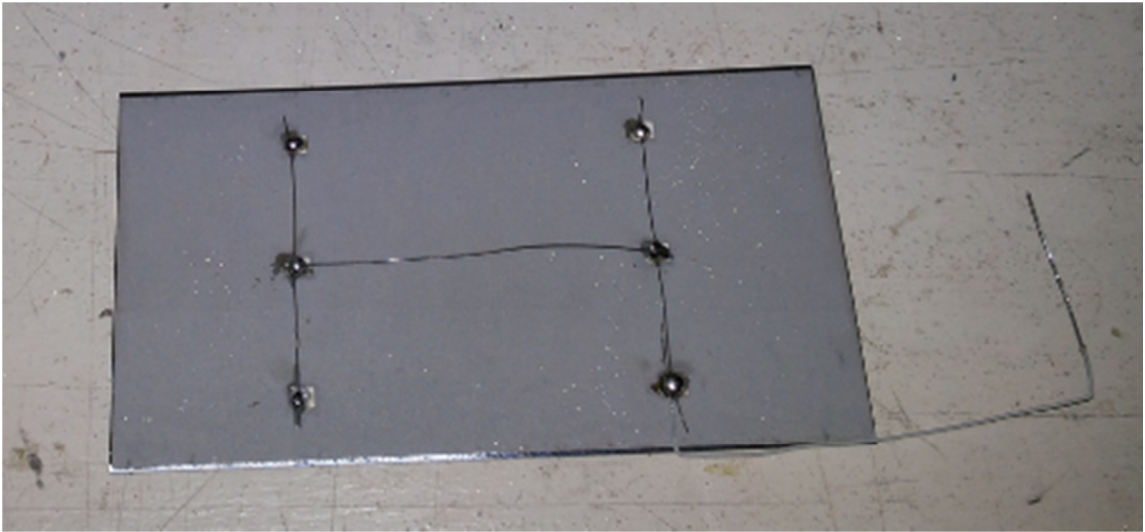


Figura 37 : Utilização dos fios de cobre para soldagem dos polos positivo e negativo

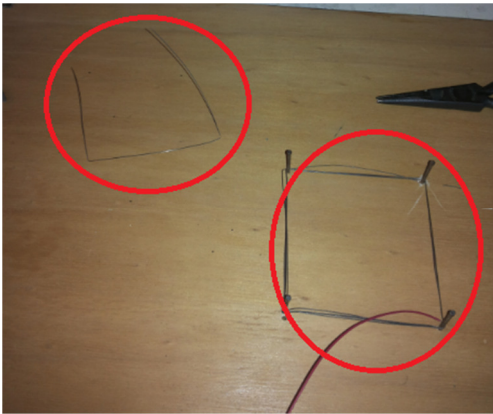


Figura 38 : Molde ligação fotovoltaico dos polos positivo e negativo

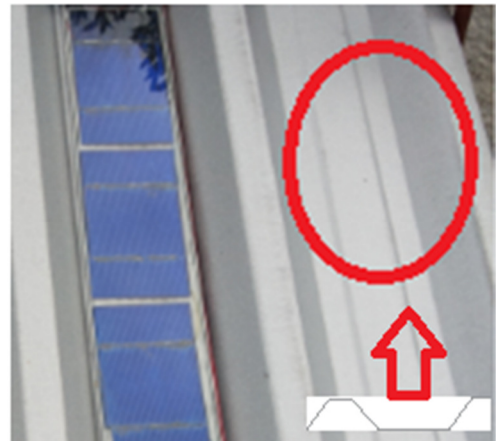


Figura 39 : Vão da telha para colocação da calha fotovoltaica

A Figura 40 mostra a perda de células por quebra, mesmo obtendo um pouco mais de prática, esta perda ainda foi um pouco elevada. Muitas células do lote adquirido vieram quebradas com mostra a Figura 41 devido a fragilidade destes componentes.

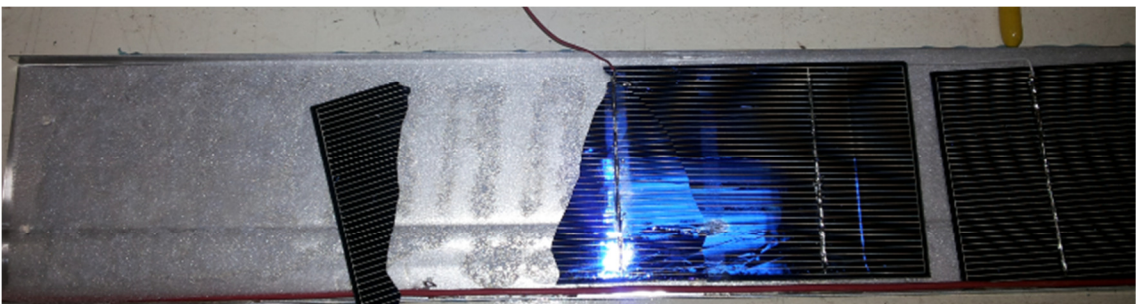


Figura 40 : Quebra da célula fotovoltaica ao soldar o fio de cobre

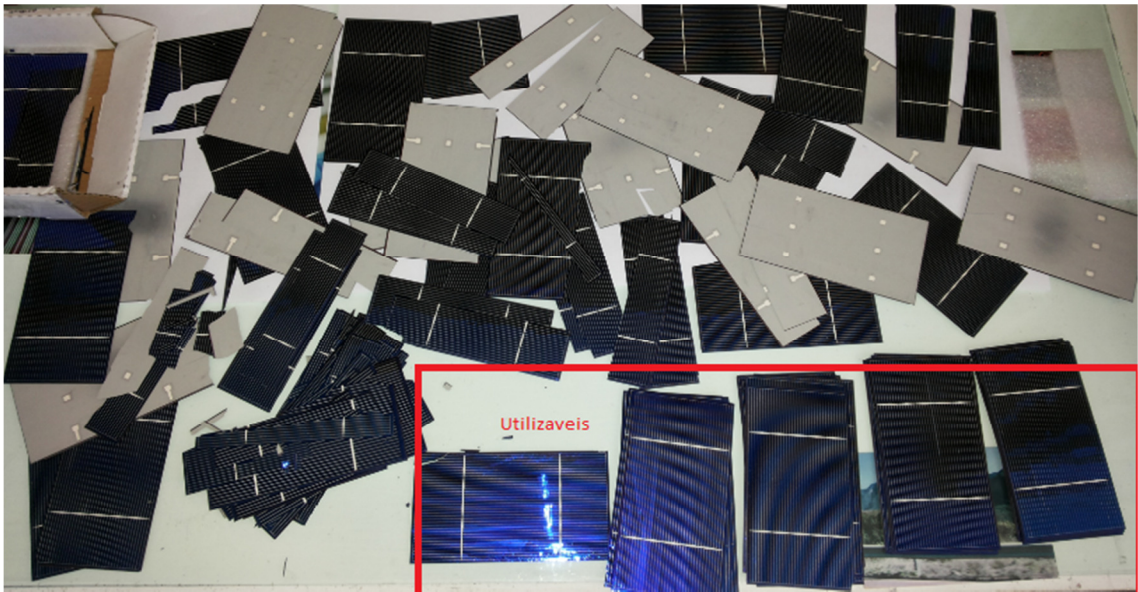


Figura 41 : Células que vieram quebradas na compra do lote

4.3 Medições Realizadas

Com a calha produzida, iniciou-se testes. O testes consistiram na análise das tensões de saída no arranjo das calhas fotovoltaicas, analisadas em relação a temperatura incidente nas células nas diferentes estações do ano.

Na primeira medição analisou-se que a tensão final por calha fotovoltaica, que deveria informar 5V, mas não superava 2 V. Com este problema teve-se que analisar o processo de geração de tensão na calha fotovoltaica no conjunto de componentes, sendo verificado os bornes do conector sindal, os cabos de ligação do conjunto de células e por fim foi removido a ligação em série do grupo de 10 células da calha fotovoltaica e testando-as individualmente, conforme Figura 42.

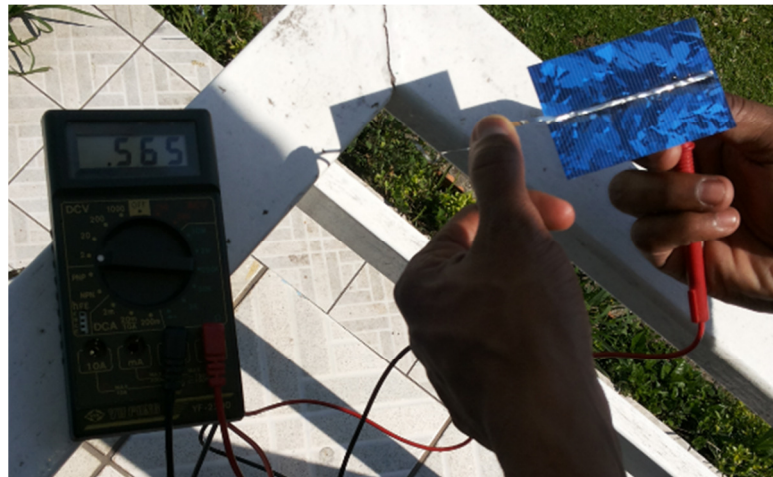


Figura 42 : Medição da tensão em cada célula fotovoltaica

Obteve-se o resultado em todas as células da tensão estimada de aproximadamente 0,5V. Reagrupado as células em série, remontado o conjunto de células na calha e coletado novamente, ficando a medição em 2,5 V. Refeito o desagrupamento das células e realizado testes em pares de células, resultando na tensão estimada correta de 1,0V, pois cada célula gera 0,5 V. A não resolução deste fato, resultou em uma análise ainda mais aprofundada e na junção de vários fatores, constatou-se que a calha de alumínio, que é um condutor de eletricidade, estava gerando ruído ou curto entre o fio de ligação das células, que une a parte positiva da célula em baixo com a parte negativa de cima, com a parte interna da calha. Adquirido um material para isolamento entre as células e a calha de alumínio, um tipo de EVA mais fino (Figura 43) que foi colocado entre as células fotovoltaicas

e a estrutura de calha de alumínio. Após esta ação a tensão final estava apresentando 5V na tensão final da calha.

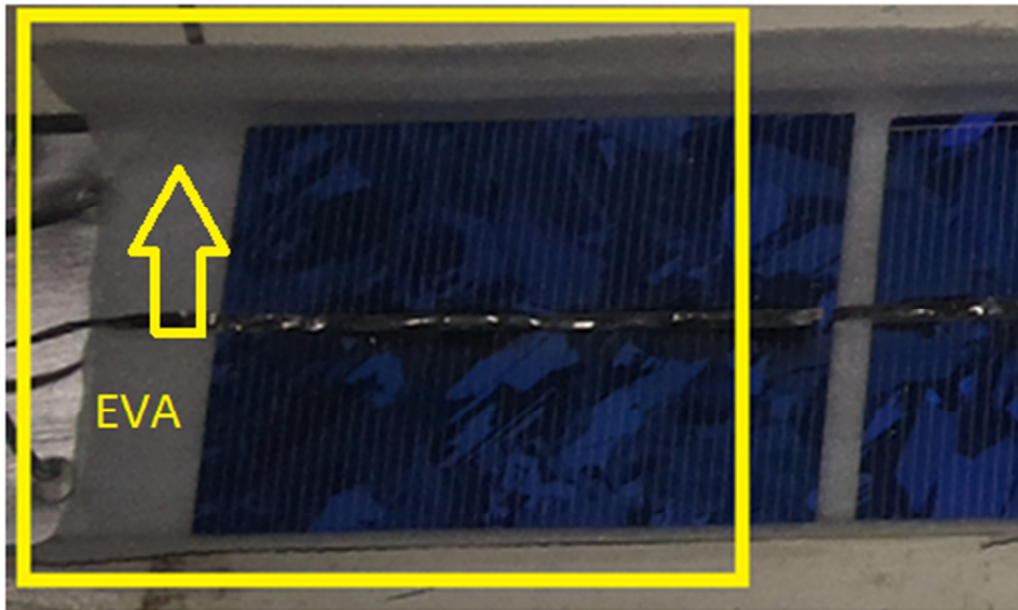


Figura 43 : EVA para isolamento do alumínio e o célula Fotovoltaica

Para proteção das células fotovoltaicas, como mostra a Figura 44, foi moldado um vidro temperado de 5mm de espessura nas mesmas dimensões de cada calha. Os testes realizados na ligação das 2 calhas fotovoltaicas relataram valores próximos 10V, com a irradiação solar boa com a temperatura de 28° em tempo aberto, como mostra o multímetro digital da Figura 45.



Figura 44 : Vidro de proteção da célula fotovoltaica



Figura 45 : Medição das calhas fotovoltaicas em série

Para os testes foram padronizados uma tensão de trabalho de 12V, nesta tensão funciona a maioria dos equipamentos para testes e os inversores também

trabalham na faixa de 12V e 24V. Como a junção das calhas resultaram em 10V, teria que ter mais uma calha com no mínimo 4 células, para resultar em 12,5V. Mas como havia ocorrido quebra de células na montagem da calha fotovoltaica, decorrente da falta de experiência e do material ser muito frágil, não foi possível montar outra calha. Necessitou a compra de outras células compatíveis visto que do modelo do primeiro lote não foi encontrada. Montado novas calhas com um novo modelo de célula fotovoltaica, que tinham como tensão de saída 3V em cada calha, pois com este modelo o arranjo ficava com 6 células. Mas ao fazer a junção das calhas novas com as existentes, uma do primeiro layout e três do layout novo, houve um problema com a tensão, conforme Figura 46, oscilando em 4V. A Figura 47 mostra que a calha das células policristalina, do primeiro layout, informava 3,62V no multímetro digital, e a conexão das 3 calhas iguais do último lote obteve-se aproximadamente 9V conforme a Figura 48. Mas a junção das 4 calhas todas ligadas em série deveria obter tensão próxima a 12V, mas isto não acontecia sendo a tensão obtida era de aproximadamente 4V, o que indicava que havia alguma célula ou junção com problema.

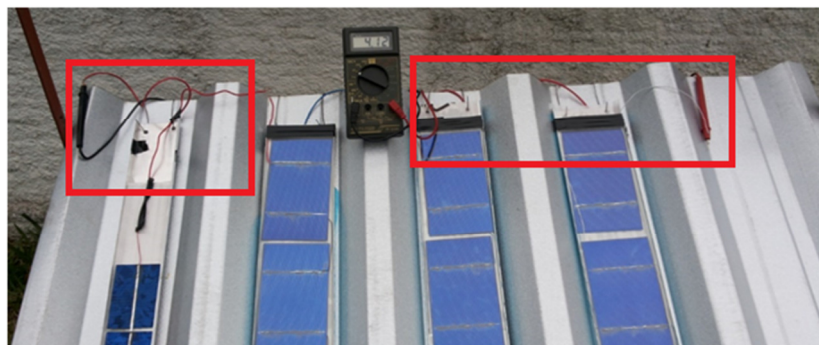


Figura 46 : Medição com junção das 3 calhas células layout novo com 1 do layout antigo

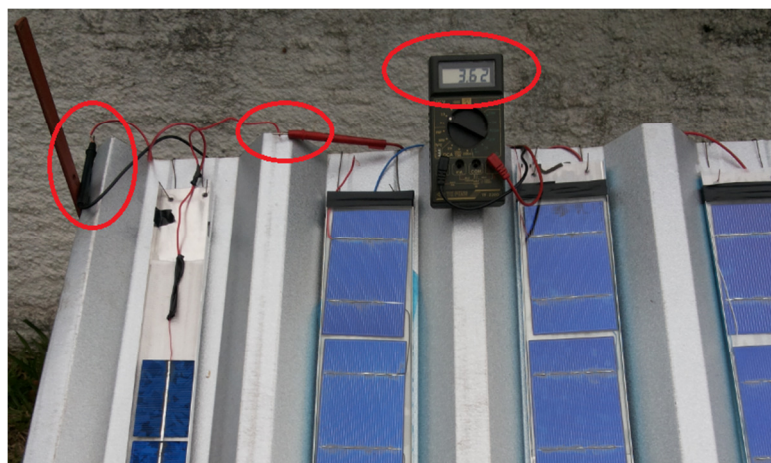


Figura 47 : Medição da calha fotovoltaica do 1º layout



Figura 48 : Medição da junção de 3 calhas fotovoltaicas do layout novo

A solução para a coleta da tensão de 12V foi a montagem de uma nova calha fotovoltaica do layout novo. Nota-se que a potência requerida depende da adição de várias calhas fotovoltaicas, visto que cada calha gera em torno de 3V e 10,8 W , e o foco do estudo é utilizar as calhas fotovoltaicas de forma a aproveitar a estrutura do telhado existente, já instalada na construção ou telhados a serem instaladas, sem estar adicionando estruturas que venham a acrescentar alteração física do telhado já existente, e sim acoplar estas calhas de forma rápida e fácil. Desta forma a colocação das calhas fotovoltaicas, não alteraria a estrutura do telhado e poderia alocar a potência desejada somente adicionando novas calhas.

Ao iniciar a verificação da tensão de saída das calhas em série, com a união de 4 calhas do 2º lote, marcava aproximadamente 10V, foi verificado individualmente cada calha e em uma delas indicava 2,5V, para solucionar este problema foi refeito a calha que esta informando tensão menor que as outras. Foi removido e colocado uma nova célula na calha fotovoltaica, refeito as conexões com as outras calhas e indicou 12V, conforme Figura 49.



Figura 49 : Medição do layout com 4 calhas 2º lote

As medições mencionadas foram efetuadas inicialmente direto na junção das calhas fotovoltaicas, com uma ponteira do multímetro digital na ponta negativa e outra na ponta positiva, lembrando que totalizaria 12V na soma das 4 calhas fotovoltaicas. Mas para uma verificação mais precisa, foi adicionado uma carga para consumo. Esta carga foi simulada através de inserção de um LED vermelho, ilustrada na Figura 50, para testar se manteria a luminosidade constante na presença de radiação solar.

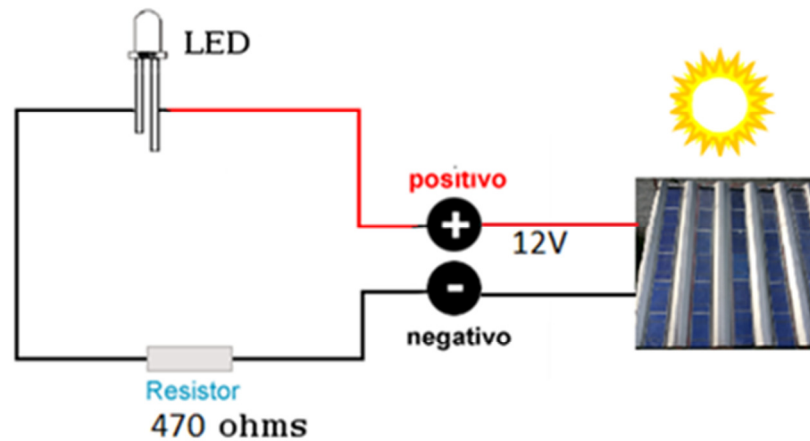


Figura 50 : Carga de Led gerada das calhas fotovoltaicas

Nas medições efetuadas e inseridas na planilha, detalhada no decorrer deste capítulo, os níveis de tensão ficaram acima de 11 V, situação que mantém a carga arranjo das calhas fotovoltaicas em plenas condições de usabilidade, verificando que irradiação solar não possui uma irradiação constante alternando durante todo o período do dia. Há de observar que a estrutura com as calhas fotovoltaicas estão diretamente instalada ao ar livre, em condições de intempéries. Este início de análises foram realizados no verão, estando sujeito a altas temperaturas e com várias inserções de chuvas conforme a Figura 51, se estendendo a outras condições climáticas e de temperatura ao longo do estudo.

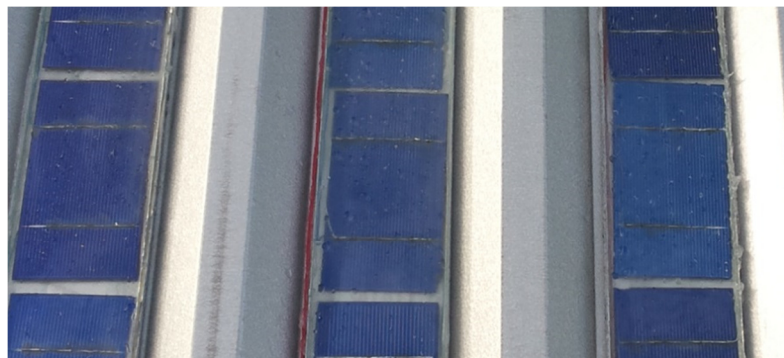


Figura 51 : Calha Fotovoltaica na Chuva

O horário de medição do início desta etapa, que foi realizada no período de horário de verão, quando há um aproveitamento melhor da irradiação solar, eram realizados entre o 8:00hs e 18:30hs dependendo das condições climáticas. Esta coleta de dados foram realizadas em vários períodos do dia aleatoriamente de forma manual, coletando os dados diretamente entre o polo positivo e o polo negativo do arranjo fotovoltaico. As medições se realizavam no início do dia, a partir 8:00hs, lembrando o horário de verão, as condições de tensão não foram favoráveis, somente após as 8:30 que havia condições de carga para o circuito .

Mesmo em temperaturas acima de 30 graus houve perda máxima de 5% da tensão, verificado através das tabelas, que serão detalhadas durante este capítulo. Outro fator interessante é que em situações de dias nublado sem chuva, e em algumas situações de chuva mais com o tempo claro, a tensão se manteve acima de 11V, como registrado no dia 18/01/15, no qual estava nublado, mas não com nuvens fechadas (negras) com tensão de 12V, conforme a planilha da tabela 1.

Tabela 1 - Tensão medida em dia nublado e com chuva

Data	Tempo (h)	Tensão (V)	Temperatura (C°)	Obs
18/01/2015	12:12	12,05	27,8	nublado
18/01/2015	17:15	11,15	24,8	chuvoso

Em janeiro , iniciou-se a medições de tensão e temperaturas. As coletas realizaram-se após dia 14 de janeiro até o final deste mês. Nestas primeiras medições pode observar que em condições normais de irradiação e temperatura, que seria de um dia limpo ou na maior parte do dia sem nuvens, com temperatura entre 25°, a tensão mantém-se em nível de produção, que é próxima de 12V, que é a tensão a ser produzida do arranjo fotovoltaico. O gráfico da Figura 52 mostra que no dia 26, quando o horário das 7:30h da manhã corresponde neste período ao horário de verão, mesmo estando com ótima claridade, ainda não apresenta irradiação necessário para gerar a tensão de produção, visto que no horário normal seria 6:30h da manhã. Na tabela 2 pode-se observar que nos dias de condições normais a tensão se manteve em condições de uso para consumo, exceto em dias de chuva ou de irradiação muito baixa como nos horários anteriores a 8:30h, visto que este está em horário de verão, e acima das 19:00h.

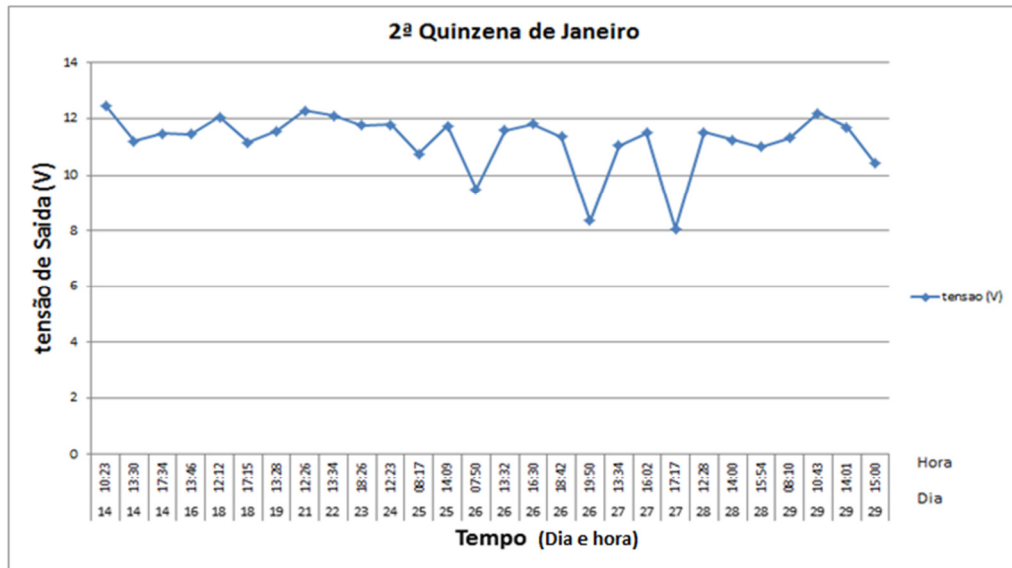


Figura 52 : Gráfico do comportamento da tensão de saída 2ª quinzena de Janeiro 2015

Tabela 2 - Tensão, hora e temperatura da 2ª quinzena de Janeiro 2015

Janeiro (Dia)	Tempo (h)	Tensão (V)	Temperatura (C°)	obs
14	10:23	12,45	30	
14	13:30	11,2	33	
14	17:34	11,47	36	
16	13:46	11,45	27	
18	12:12	12,05	27,8	nublado
18	17:15	11,15	24,8	chuvoso
19	13:28	11,56	28	
21	12:26	12,27	25	
22	13:34	12,09	25	
23	18:26	11,76	24	
24	12:23	11,78	23	
25	08:17	10,75	23	chuva fraca
25	14:09	11,75	29	sol
26	07:50	9,5	23	
26	19:50	8,35	31	
27	16:02	11,5	35	
27	17:17	8,07	28	nublado
28	12:28	11,52	31	
28	15:54	11,01	27	
29	08:10	11,32	24	nublado
29	10:43	12,19	31	
29	14:01	11,69	27	
29	15:00	10,43	24	chuva

A análise do mês de fevereiro de 2015 mostra que a tensão de saída manteve-se próxima dos 12V, como observado no gráfico da Figura 53. O mês de fevereiro teve a temperatura média próxima de 29°C, mostrado na Figura 54, enfatizando que foi uma mês quente, mas não com temperaturas muito elevadas, visto que ainda é uma temperatura boa para manter a eficiência dos painéis fotovoltaicos.

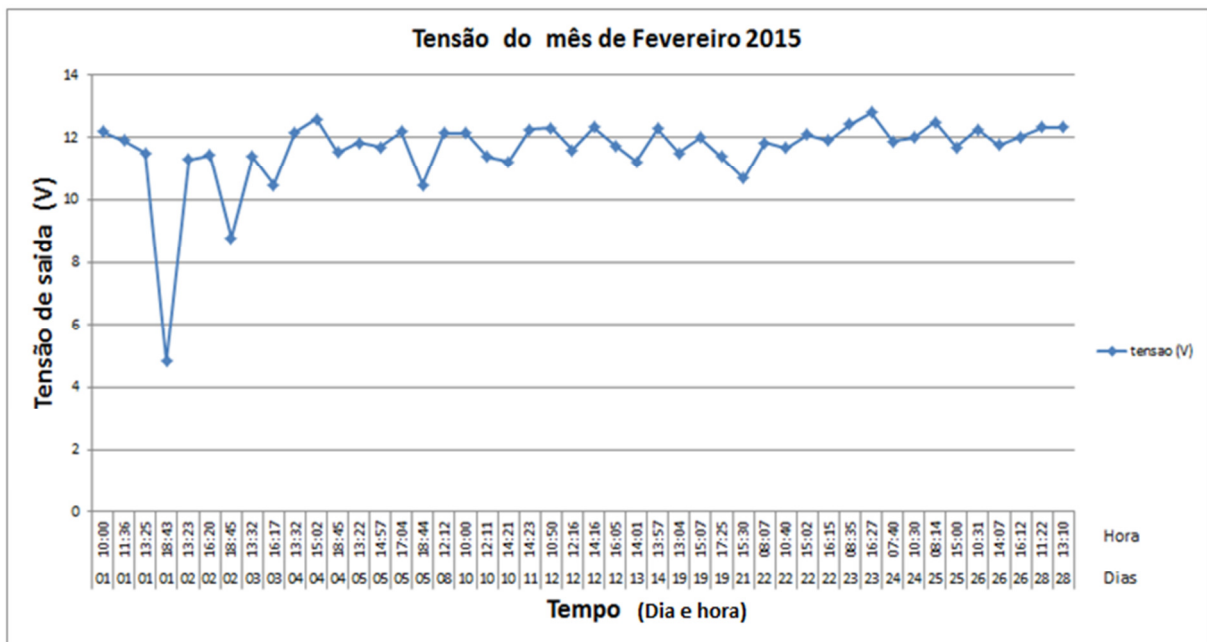


Figura 53 : Gráfico de tensão e horário de medido no mês de Fevereiro 2015

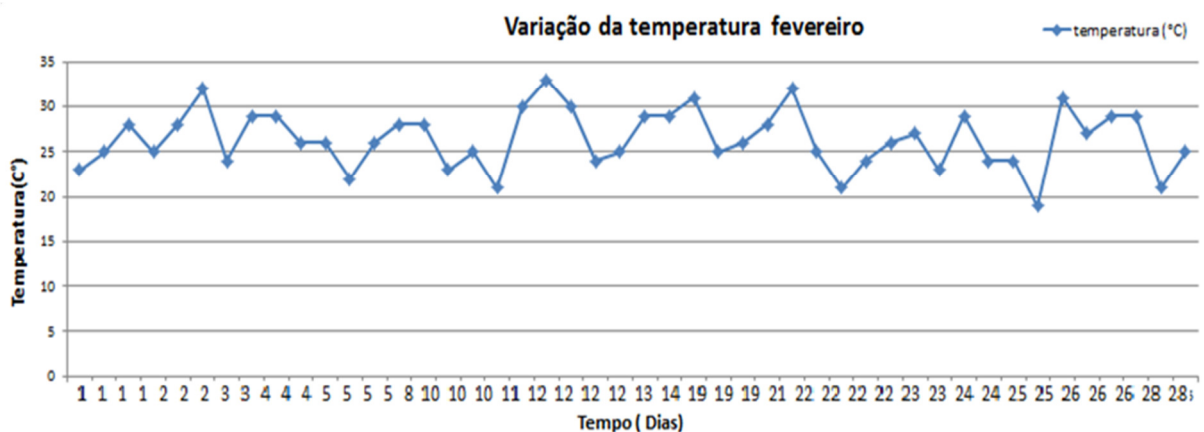


Figura 54 : Gráfico de temperatura de medido diária no mês de Fevereiro 2015

Na continuação das análises o gráfico da Tabela 3 e a Figura 55 mostra que na primeira quinzena de março há um aproveitamento da radiação solar muito bom,

ficando praticamente constante, sendo que em algumas situações o tempo estava fechado e a tensão continuou próxima da ideal, maior que 10 V.

Tabela 3 - Tensão, hora e temperatura da 1ª quinzena de Março 2015

Data	Tempo(h)	Tensão(V)	Temperatura(°C)	Obs
01/03/15	08:52	7,16	21°	sol
01/03/15	10:04	12,36	24°	sol
01/03/15	12:58	12	28°	sol
01/03/15	14:51	11,83	24°	sol
01/03/15	17:44	10,4	27°	tempo fechado
02/03/15	07:20	11	18°	sol
03/03/15	13:15	10,44	25°	nublado
04/03/15	13:20	11,28	28°	sol
07/03/15	11:20	12,02	23°	nublado
07/03/15	14:57	12,1	25°	nublado
08/03/15	09:38	12,27	21°	sol
08/03/15	11:08	12	25°	sol
08/03/15	16:07	12	28°	sol
09/03/15	08:15	12,08	27°	sol
09/03/15	13:30	11,28	24°	sol
12/03/15	08:15	12,3	19°	sol
12/03/15	10:31	11,56	28°	sol

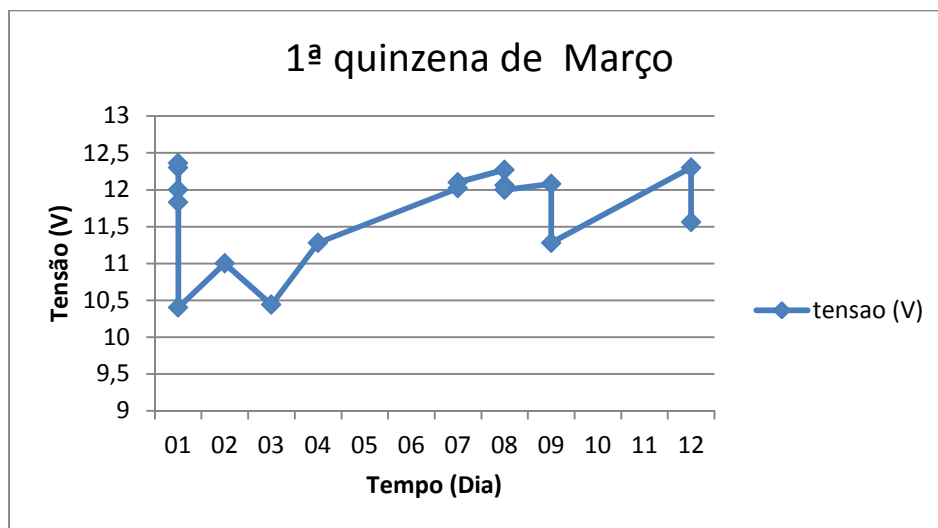


Figura 55 : Gráfico de tensão e horário de medição 1ª quinzena de Março 2015

O gráfico da segunda quinzena de março da Figura 56, primeira e segunda quinzena de abril na Figura 57 e Figura 58, nota-se também um aproveitamento da radiação solar muito bom, mas já havendo queda de radiação brusca após as 17:30hs, e também verificando que em vários dias de tempo nublado sem formação

de chuva a tensão se manteve em 12 V ou próxima de 12V, conforma tabelas 4, 5 e 6 . No gráfico da primeira quinzena de abril há dias com chuva em que a tensão se mantém próxima de 12V.

Tabela 4 - Tensão, hora e temperatura da 2ª quinzena de Março 2015

Data	Hora (h)	Tensão (V)	Temperatura(°C)	Obs
16/03/15	16:21	11,55	24°	sol
16/03/15	18:06	9,32	24°	final de tarde
17/03/15	15:30	12	25°	sol
18/03/15	16:00	12,26	25°	sol
21/03/15	09:00	11,12	22°	nublado
21/03/15	11:00	12,01	24°	nublado
21/03/15	14:17	12,4	28°	nublado
22/03/15	16:00	11,73	24°	nublado
23/03/15	07:45	10,53	25°	nublado
23/03/15	13:30	11,78	25°	nublado
24/03/15	16:45	12,01	28°	sol
25/03/15	16:00	11,76	31°	sol
26/03/15	13:34	12,23	27°	nublado
27/03/15	13:43	12,04	21°	nublado
27/03/15	15:36	11,43	21°	nublado
27/03/15	17:50	8,56	21°	nublado
30/03/15	12:25	8,15	21°	nublado
31/03/15	12:00	11,28	22°	nublado

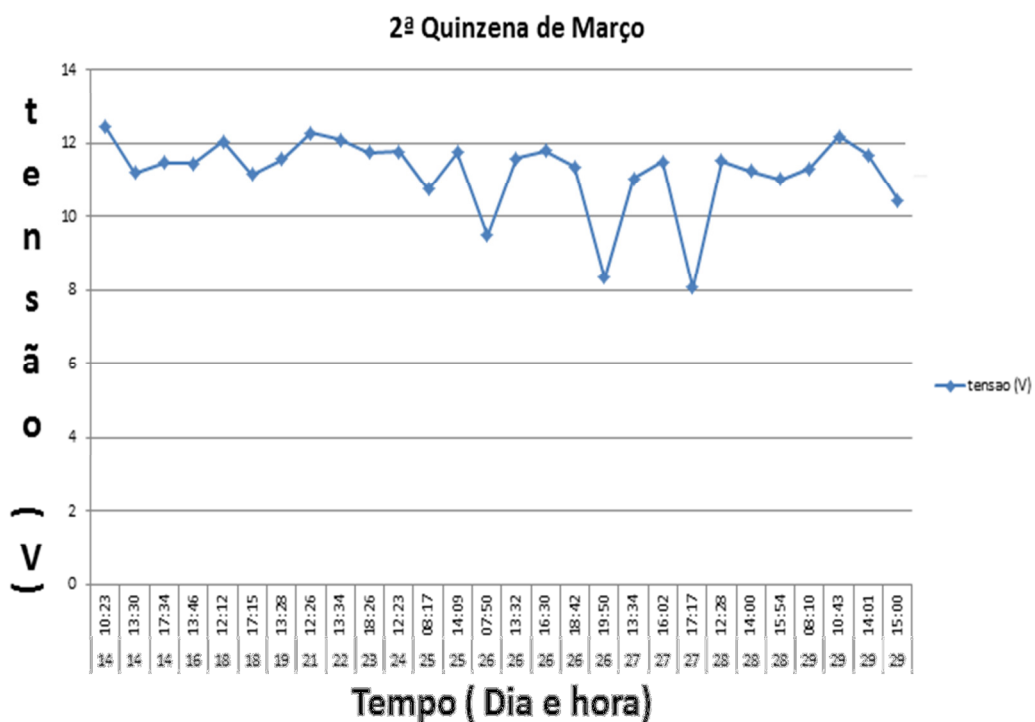


Figura 56 : Gráfico de tensão e horário de medição 2ª quinzena de Março 2015

Tabela 5 - Tensão, hora e temperatura da 1ª quinzena de Abril 2015

Data	Hora (h)	Tensão(V)	Temperatura(°C)	Obs
1/4	08:00	10,4	17°	sol
1/4	09:30	12,27	21°	sol
2/4	13:15	11,82	25°	sol
3/4	07:30	11,4	20°	sol
3/4	08:00	11,92	18°	sol
3/4	12:00	11,36	27°	sol
3/4	15:20	11,69	30°	sol
4/4	09:00	11,42	24°	sol
7/4	12:00	11,85	23°	sol
7/4	16:00	11,91	25°	sol
8/4	12:50	11,55	23°	sol
9/4	07:50	12,1	22°	sol
9/4	13:30	11,5	27°	nublado
9/4	17:07	11,58	28°	chuva
14/4	07:30	9,52	19°	chuva
15/4	14:00	11,98	24°	chuva

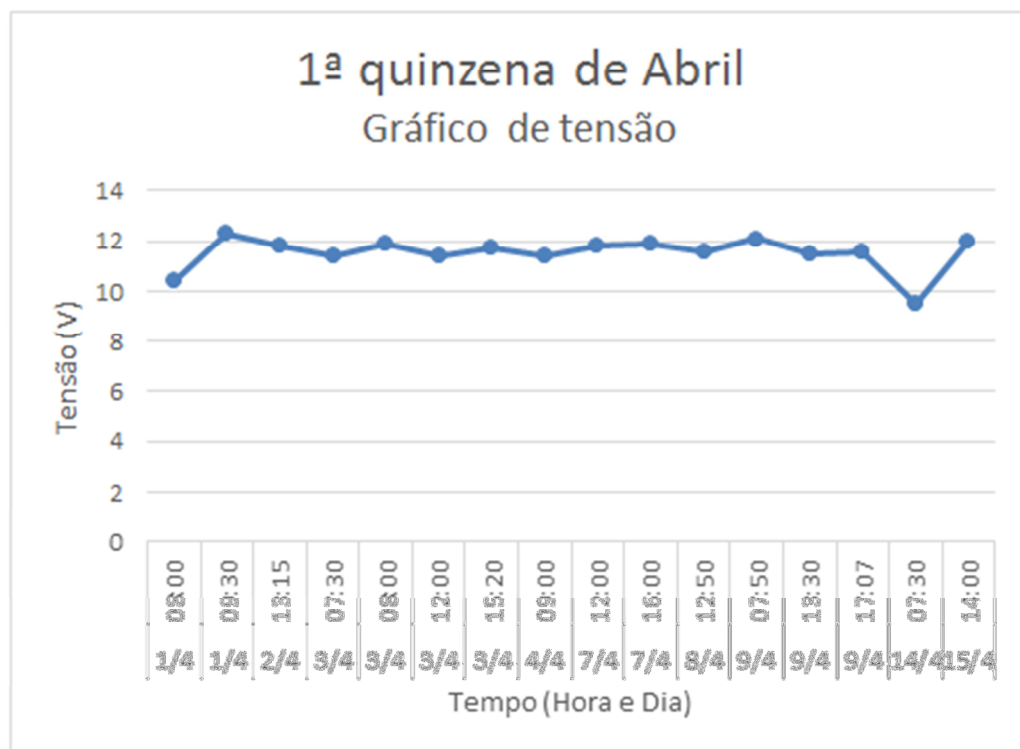


Figura 57 : Gráfico de tensão e horário de medição 1ª quinzena de Abril 2015

Tabela 6 - Tensão, hora e temperatura da 2ª quinzena de Abril 2015

Data	Hora (h)	Tensão(V)	Temperatura(°C)	Obs
18/4	13:10	12,44	26°	chuva
19/4	10:50	12,17	23°	nublado
19/4	12:30	10,1	21°	nublado
21/4	11:20	12	24°	sol
22/4	12:00	12,06	26°	chuva
26/4	09:40	12,18	15°	sol
26/4	12:00	11,8	23°	sol
26/4	16:00	12,3	25°	sol
26/4	17:30	9,42	23°	final de tarde
27/4	12:40	11,65	20°	sol
29/4	12:45	12,07	21°	nublado
29/4	15:00	11,71	22°	nublado
30/4	08:40	11,4	14°	nublado

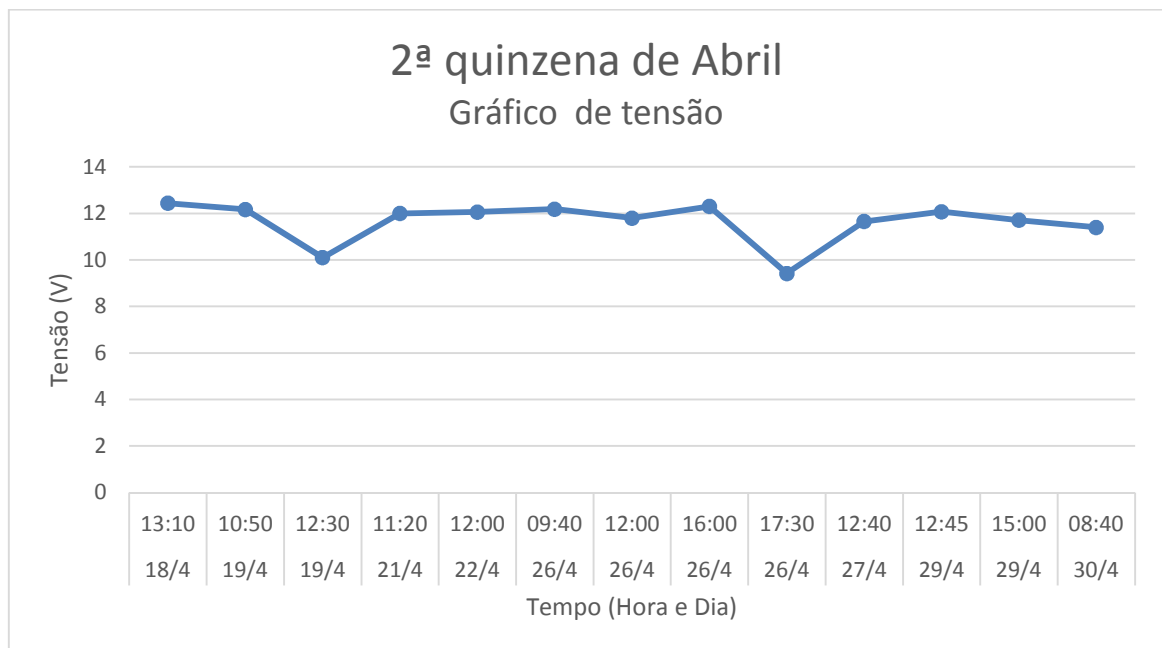


Figura 58 : Gráfico de tensão e horário de medição 2ª quinzena de Abril 2015

O gráfico da primeira quinzena de maio, mostra na Figura 59 uma queda no aproveitamento da radiação solar. Neste nota-se que a partir das 17:00hs não possui tensão de produção, abaixo de 10V conforme tabela 7, ficando o período

de utilização da energia fotovoltaica bem menor, mesmo com tempo de sol e aberto.

Tabela 7 - Tensão, hora e temperatura da 1ª quinzena de Maio

Data	Hora (h)	Tensão (V)	Temperatura(°C)	Obs
1/5	13:20	11,56	23°	sol
1/5	15:00	11,6	23°	sol
1/5	16:43	10,94	23°	nublado
1/5	17:40	2,19	18°	fim de tarde
2/5	09:30	12,45	18°	sol
2/5	13:00	12,15	18°	sol
4/5	07:45	6,57	20°	nublado
5/5	13:30	12,24	20°	nublado
5/5	14:30	12,19	21°	nublado
6/5	13:30	11,78	26°	sol
6/5	17:07	8,3	21°	fim de tarde
7/5	08:00	11,5	15°	sol
8/5	09:00	12,79	10°	aberto +- Sol
8/5	13:20	12,42	13°	aberto +- Sol
8/5	17:00	8,84	15°	fim de tarde
9/5	09:00	11,66	17°	chuva
13/5	09:00	12,25	13°	sol
13/5	11:00	12,42	18°	sol
13/5	15:38	13,11	21°	sol
14/5	13:24	12,09	23°	sol
14/5	15:14	12,53	20°	sol
14/5	17:22	4,49	18°	fim de tarde

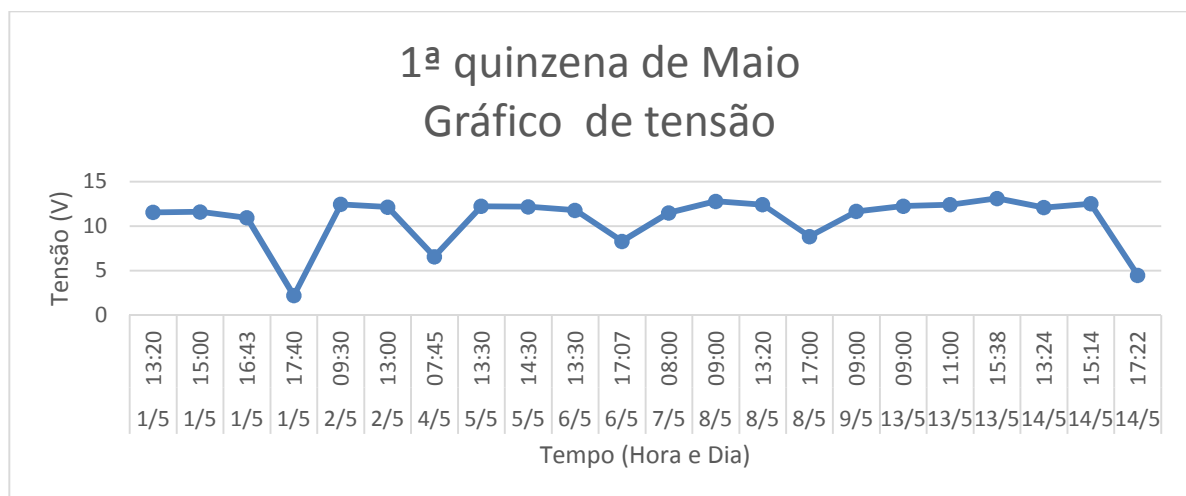


Figura 59 : Gráfico de tensão e horário de medição 1ª quinzena de Maio 2015

De acordo com a tabela 8 relativo ao mês de junho, as medições apontaram para um bom aproveitamento de geração de energia fotovoltaica, visto que neste mês a temperatura baixo e os dias estão bem menores em relação a sua duração. Observou-se que só tivemos tensão abaixo de 11V nos dias de chuva mais fechados, bem nublados, e nos finais de tarde, visto que a radiação solar começa a enfraquecer a partir das 16:30hs de acordo com as medições.

Tabela 8 - Tensão, hora e temperatura da mês de Junho

Data	Tempo (h)	tensao (V)	temperatura (°C)	obs
02/jun	13:30	11,77	19°	sol
03/jun	15:45	12,03	23°	sol
07/jun	09:40	11,93	22°	sol
08/jun	13:11	18:28	26°	sol
08/jun	15:00	12,11	27°	sol
08/jun	17:00	6,8	26°	sol
10/jun	12:30	11,59	30°	sol
15/jun	12:00	12,45	13°	sol frio
16/jun	13:20	12,13	16°	sol
17/jun	14:00	11,17	19°	nublado frio
17/jun	15:45	12,45	20°	nublado sol
17/jun	16:40	11,38	20°	sol frio
21/jun	13:56	12,41	14°	sol nublado
22/jun	14:00	11,86	24°	sol
22/jun	15:10	11,77	24°	sol/nublado
22/jun	17:25	0,47	22°	nublado
28/jun	12:00	12,42	17°	sol
28/jun	15:45	12,03	22°	sol
28/jun	17:05	8,51	23°	frio sol

No mês de julho, representado na figuras 60 e na tabela 9 teve uma incidência maior de chuva com a temperatura mais amena, ficando em torno de 19°C, considerado um mês com boa geração, analisando que obteve-se mais de 50% de dias com geração normal de energia fotovoltaica. Já no mês de agosto que é geralmente o ultimo mês com temperaturas baixas, as medições tiveram geração de energia fotovoltaica também muito boa, com tensões próximas de 12 V e poucos dias abaixo da tensão de produção abaixo de 11V, como mostra a figura 61.

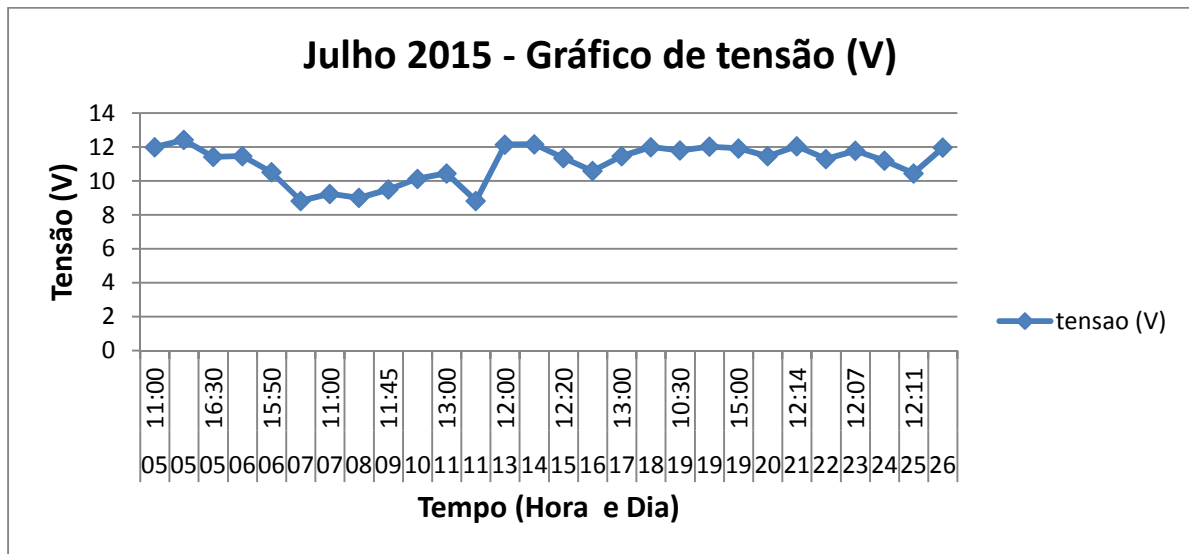


Figura 60 : Gráfico de tensão, horário e dia de medição de Julho 2015

Tabela 9 - Tensão, hora e temperatura de Julho 2015

Data	Tempo (h)	tensao (V)	temperatura (°C)	obs
05/jul	11:00	12	7	sol frio
05/jul	13:57	12,42	15	sol frio
06/jul	13:32	11,47	16	Sol
06/jul	15:50	10,52	21	Sol
07/jul	10:00	8,83	17	Nevoeiro , Chuva
07/jul	11:00	9,24	17	Nevoeiro , Chuva
08/jul	12:30	9,01	17	Nevoeiro , Chuva
09/jul	11:45	9,5	19	Nevoeiro
10/jul	13:00	10,13	20	Nevoeiro
11/jul	13:00	10,45	20	nublado
11/jul	16:43	8,83	16	nublado
13/jul	12:00	12,15	18	meio nublado e sol
14/jul	13:30	12,17	20	Chuva , Trovoada
15/jul	12:20	11,36	19	Chuva
16/jul	13:00	10,59	17	Nevoeiro
17/jul	13:00	11,47	21	Nevoeiro , Chuva
18/jul	15:45	12	16	sol
19/jul	15:00	11,92	23	
20/jul	12:11	11,46	20	Chuva
21/jul	12:14	12,05	18	
22/jul	12:05	11,3	16	Nevoeiro
23/jul	12:07	11,78	15	Nevoeiro , Chuva
24/jul	12:20	11,2	16	Chuva
25/jul	12:11	10,45	15	
26/jul	12:14	11,97	14	

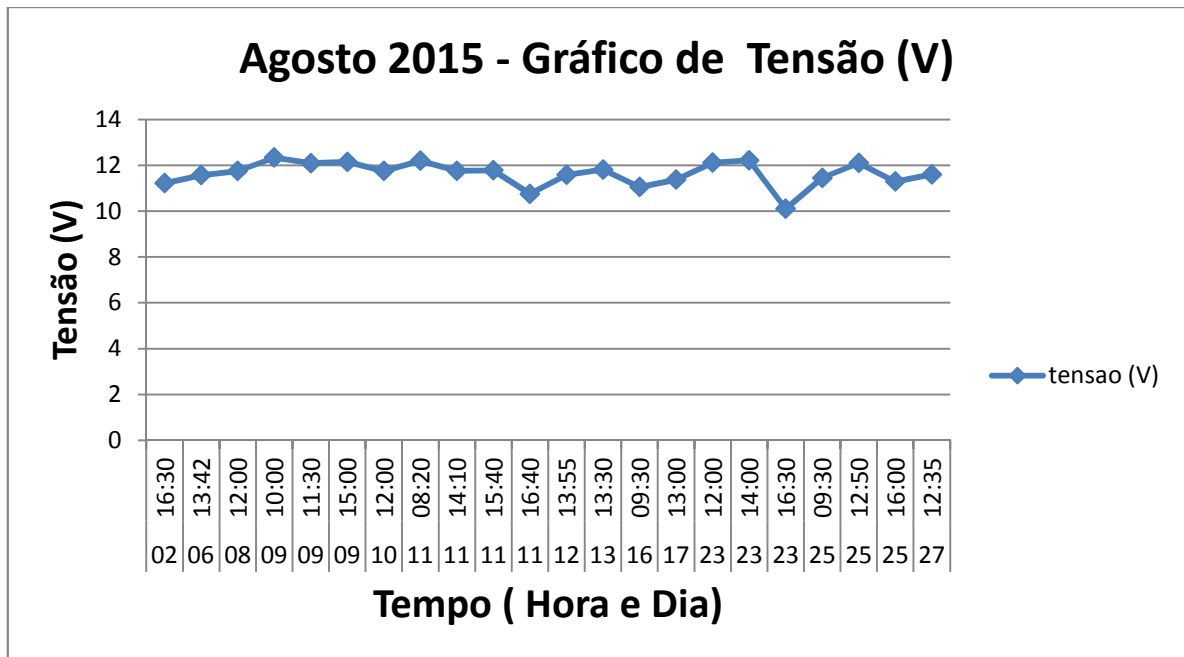


Figura 61 : Gráfico de tensão, horário e dia de medição de Agosto 2015

Nos meses de setembro e outubro, respectivamente representados na figuras 62 e 63, foram meses de ótima captação e geração fotovoltaica, visto que as tensões baixas foram nos horários que já não há boa irradiação solar

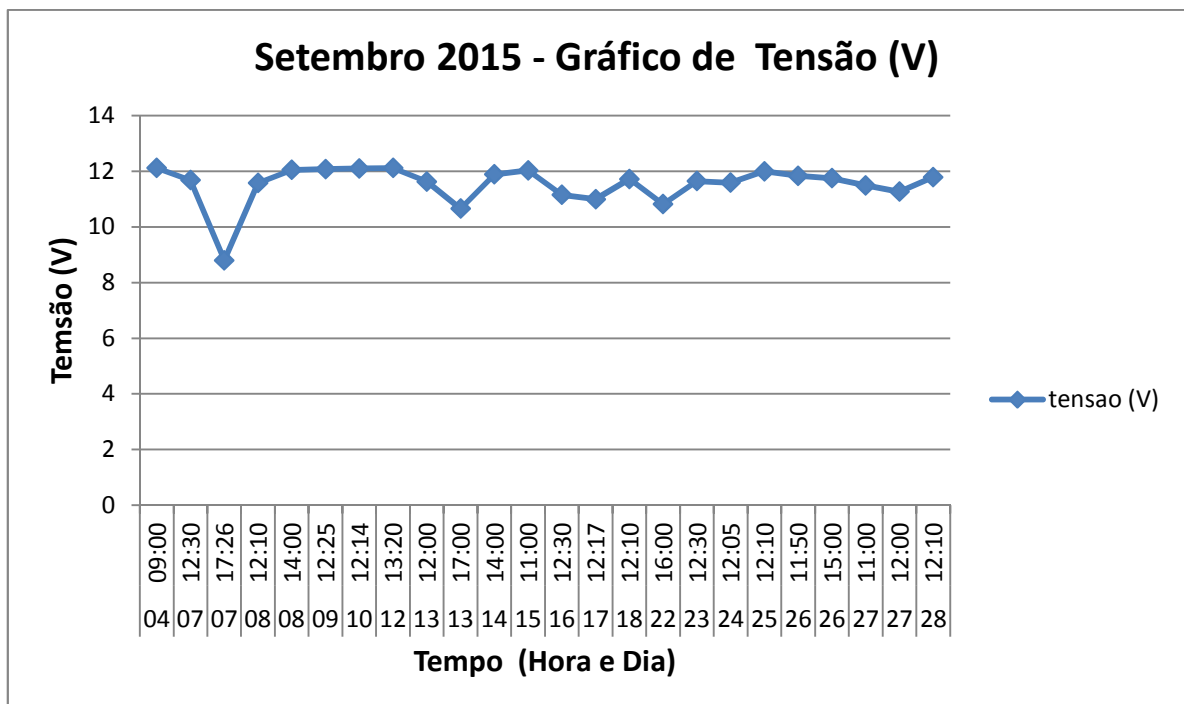


Figura 62 : Gráfico de tensão, horário e dia de medição de Setembro 2015

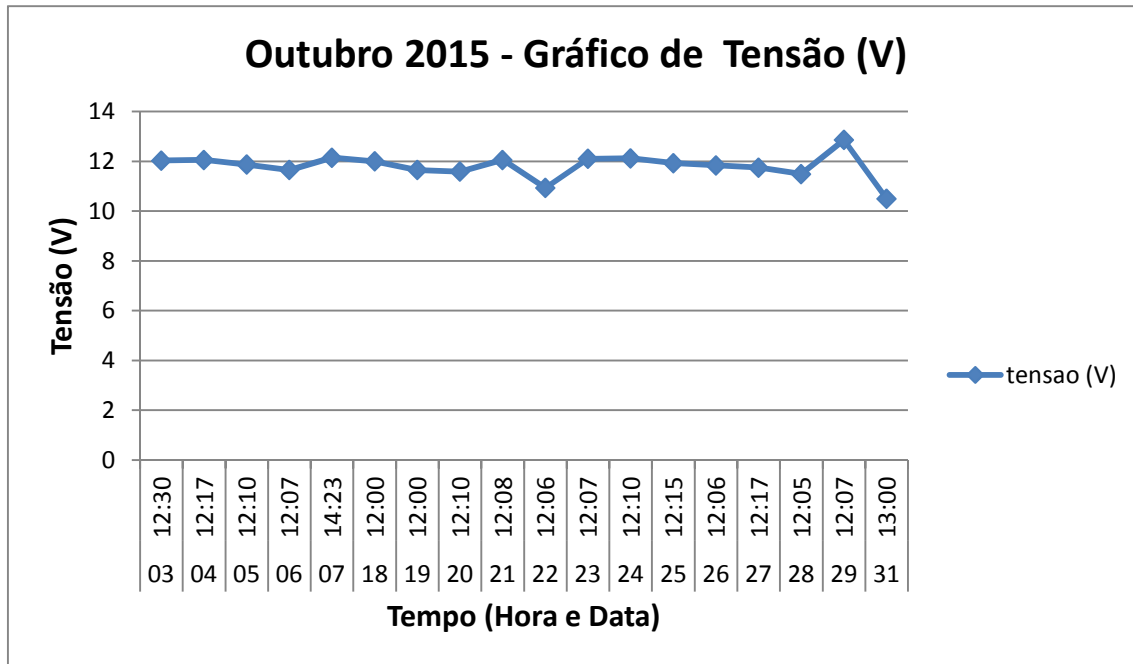


Figura 63 : Gráfico de tensão, horário e dia de medição de Outubro 2015

Nos meses de novembro e dezembro, respectivamente representados na figuras 64 e 65, temos umas das melhores medições, pois a tensão se manteve, muito próxima do 12V, tendo pouca variação e maior estabilidade da tensão. Outro fator observado é que em uma ano de medições, estando nas condições de intempéries diversas, as calhas fotovoltaicas se mantiveram estáveis, não tendo alterações por deterioração.

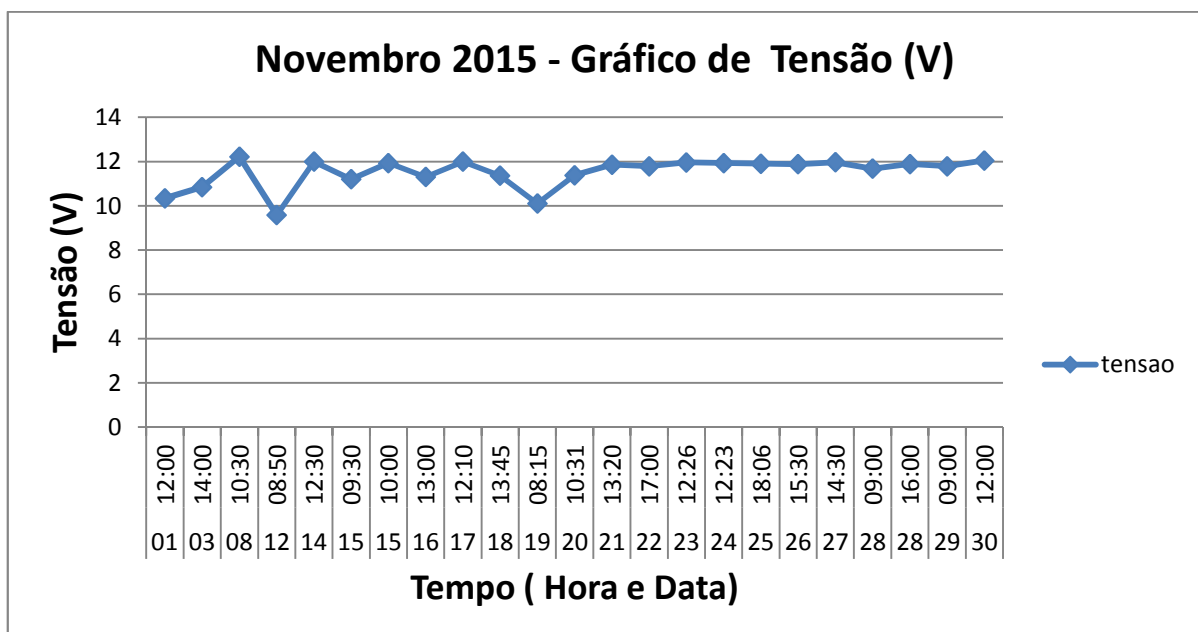


Figura 64 : Gráfico de tensão, horário e dia de medição de Novembro 2015

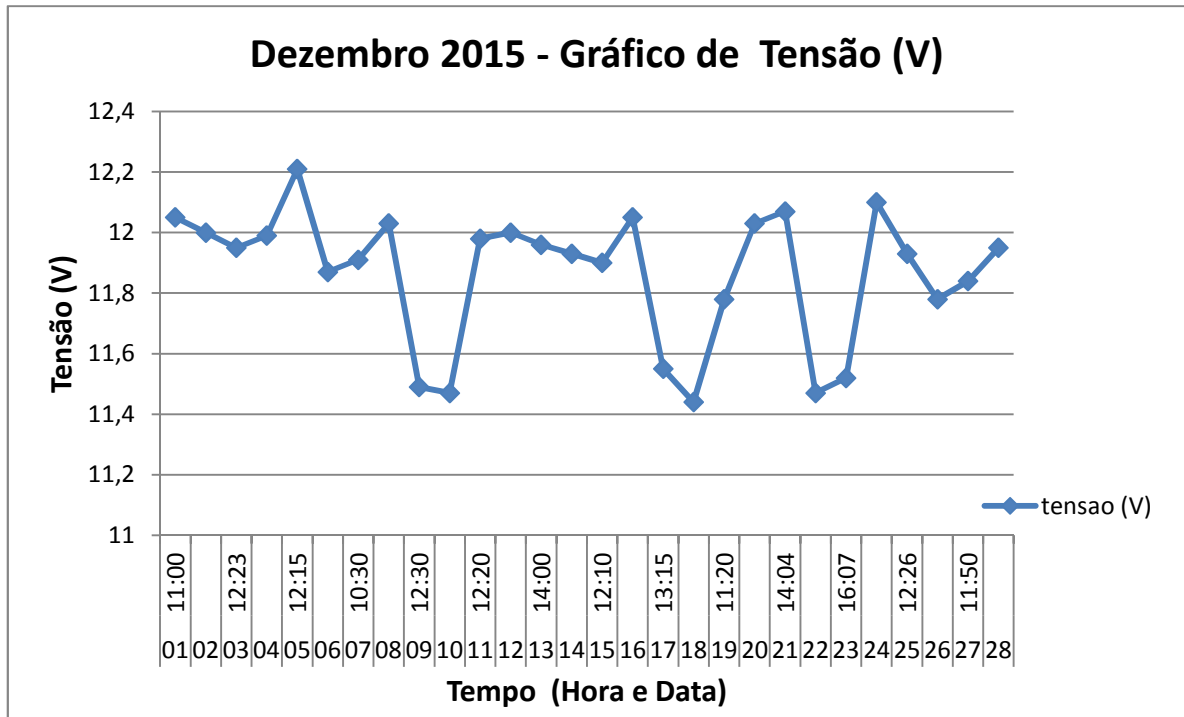


Figura 65 : Gráfico de tensão e horário de medição de Dezembro 2015

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O estudo teve como foco principal a montagem de calhas fotovoltaicas (módulos menores) que foram utilizados diretamente sobre as telhas para captação de energia solar. Foram analisados os resultados das tensões de saída da junção de 4 calhas que produzia 12V, ligado a uma carga, que neste caso era um led. Esta análise foi executada durante 1 ano, sendo verificado como se comportariam as calhas diante de situações de usabilidade real, pois estes painéis ficam em cima de telhados sujeitos a sol, chuva, calor e frio.

Uma das premissas era verificar a partir de que momento obtinha-se a tensão de produção, que neste caso é quando a tensão atingiu o valor acima de 11V, mas o ideal era a tensão de 12V. Em que horário iniciaria esta tensão de produção e até que horário não produziria esta tensão. Outro fator importante é o tempo máximo que seria utilizada a energia gerada, já que o do estudo visa também atender a projetos comerciais, onde a energia gerada seria utilizada durante o dia, não havendo armazenamento de carga.

Vale ressaltar que no período de outubro a fevereiro, há uma alteração do horário, chamado horário de verão, que é atrasado em 1 h, alterando nossas rotinas, afim de aproveitar melhor as horas de sol e economizar a utilização de energia.

Para a adequação das células sobre as telhas, foi necessário a criação de um protótipo que fosse propício instalação nos vãos (espaços a altura do formato Trapézio, Figura 66).

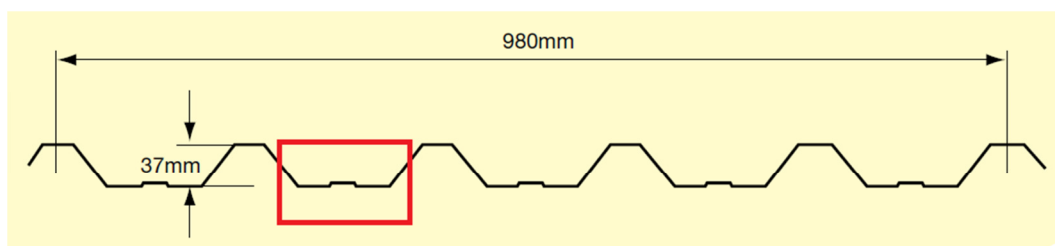


Figura 66 : Espaços (vão) a altura do formato Trapézio

A construção deste protótipo foi relativamente rápida, pois foi definido o tamanho deste em relação as células fotovoltaicas utilizadas, escolhido o material, neste caso o alumínio que tem uma durabilidade melhor em relação as intempéries, e a moldagem desta calha, foi efetuada em uma empresa de alumínio

que não teve nenhuma dificuldade por ser somente efetuado dobras nas duas laterais respeitando a largura e altura específica. Neste 1 ano de estudos a calha de alumínio não sofreu nenhuma avaria, estando no mesmo estado da compra, necessitando para ficar como no ato da compra, lavar com água e sabão, pois acumulou um pouco de poeira.

Para a proteção das células na calha foi escolhido um vidro que pudesse transpassar a luz para célula sem alteração da irradiação e que fosse resistente a chuvas de granizo moderados, sendo adquirido de forma simples, verificando que existem várias empresas de venda e manufatura de vidro. Estando exposto a várias alterações climáticas, o vidro se manteve em perfeitas condições de proteção e a refração da luz manteve-se em ótimo estado. Mas será necessário para não interferir na irradiação nas células fotovoltaicas ao longo dos anos, uma manutenção de limpeza física entre períodos anuais, pois dependendo de sua localização poderá adquirir sujeira vindas de prédios e construções vizinhas ou da própria natureza, como poeira ou até mesmo dejetos de animais, como de pássaros, sobre o vidro.

O isolante entre as células fotovoltaicas e as calhas não é encontrado com tanta facilidade, pois necessita de uma espessura bem fina. Este produto não sofreu avarias neste período de estudo.

A aquisição das células fotovoltaicas é um processo árduo, visto que as empresas que trabalham com painéis fotovoltaicos, como não manufaturam estes, conseqüentemente os compram prontos ou semi-acabados, necessitando somente a montagem de algumas peças. O contato com várias empresas do mesmo segmento de energia fotovoltaica, todas informaram a não possibilidade de comprar ou vender as células individualmente. Houve uma verificação por outro canal de comercialização, como efetuar a importação das células via empresa de importação, mas para isto necessitaria de aquisições em grande quantidade, o que inviabilizaria este projeto pela falta de patrocínio e recursos. A alternativa viável para aquisição das células fotovoltaicas foi através de sites de venda a varejo nacional, como no site do mercado livre, ou em sites internacionais de compra a varejo como aliexpress e alibaba. Algumas destas compras ficaram enviáveis devido a quantidade de peças necessárias para efetivar a compra. Há um grande empecilho para a aquisição na compra de outros lotes de células, devido a falta

de um fornecedor específico, visto que não há empresas no Brasil que comercialize células fotovoltaicas individuais, então a compra destas devem ser analisadas anteriormente a confecção das calhas, visto o fato de serem fabricadas para um tamanho específico das células. Nas circunstância de adquirir células em tamanhos diferentes mesmo que próximos podem inutilizar a colocação das células nas calhas.

As calhas já montadas e prontas para geração de energia, observa-se que estas não alteram seu comportamento de geração de energia, sua geração se manteve estável com tensões próximas de 12V, principalmente em temperaturas próximas de 25°, mostrados em tabelas anteriores neste estudo. A fixação juntamente com o tamanho e peso do protótipo calha fotovoltaica, fizeram se assentar a telha e mesmo em situações de ventos fortes, não se deslocaram, conceito ótimo, verificado que estarão expostas a este tipo de situação climática.

Do protótipo calha fotovoltaico, a falha evidente que apareceu foi uma melhor vedação entre o vidro e a calha fotovoltaica, pois as células que ficam entre o conjunto ficaram em algumas oportunidades, umedecidas levemente, mesmo que ficando secas logo após a irradiação mesmo de fraca intensidade.

As medições de tensão para verificar a quantidade de tempo diário que há a geração e qual sua relação com a temperatura, foram divididas em 4 etapas relativo aos 12 meses do ano, mas direcionadas as 4 estações do ano.

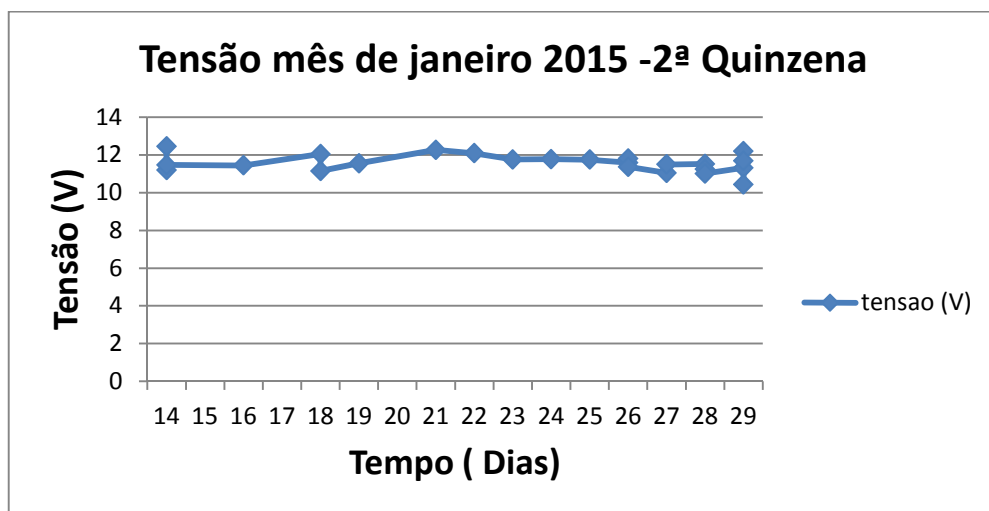


Figura 67 : Gráfico de tensão e horário de medição 2ª quinzena de janeiro

Na primeira fase dos testes ocorreu no período de verão, sendo analisado nos meses de janeiro, fevereiro, até 20 de março, quando as temperaturas podem chegar acima de 30°C. Os resultados obtidos mostram que a tensão se mantém próxima de ideal que é 12V no mês de janeiro, como mostra o gráfico da Figura 67.

Quando a temperatura chegou a 36°, como no dia 14, uma temperatura bem alta, a perda de tensão foi de aproximadamente 5%, ficando em 11,45V, verificando que nos dias que a temperatura se foi maior de 30°C, manteve-se neste patamar de perda de 5% em relação a tensão esperada que é de 12V na junção das 4 calhas fotovoltaicas, conforme a Tabela 10, ficando abaixo de 10V somente no dia em que o horário era 19:50h.

Tabela 10 - Tensão, hora e temperatura da 2ª quinzena de Janeiro 2015

Data	Tempo (h)	Tensão (V)	Temperatura (°C)	obs.
14	10:23	12,45	30	
14	13:30	11,2	33	
14	17:34	11,47	36	
26	13:32	11,59	32	
26	16:30	11,8	30	
26	19:50	8,35	31	
27	13:34	11,05	34	
27	16:02	11,5	35	
28	12:28	11,52	31	
28	14:00	11,25	31	
29	10:43	12,19	31	

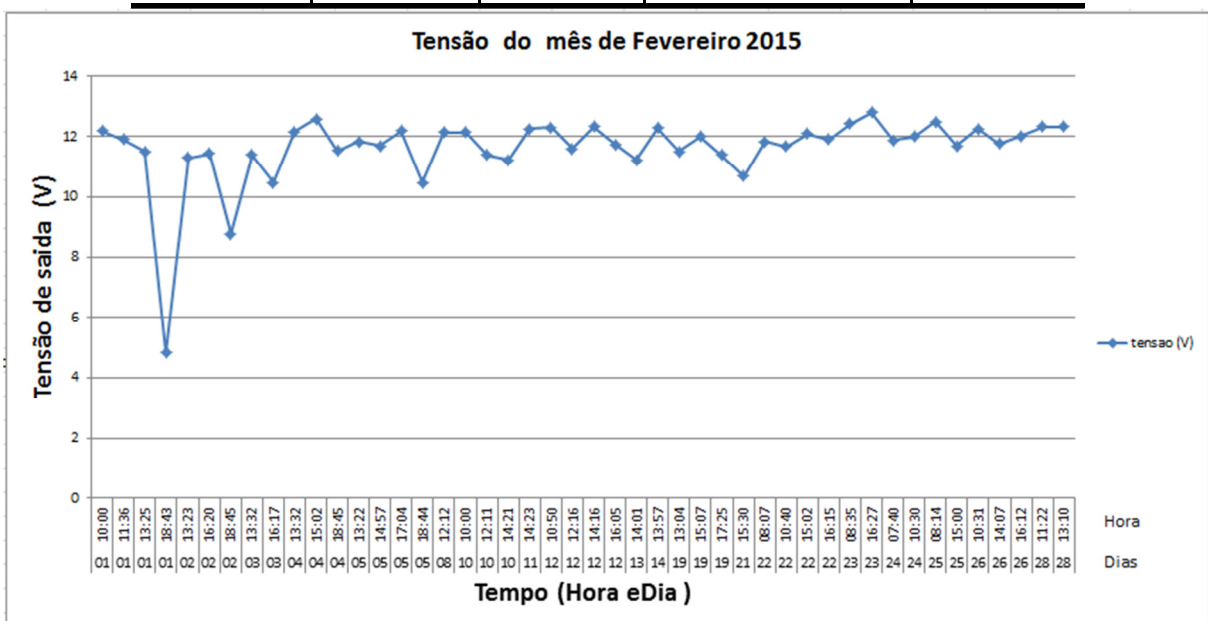


Figura 68 : Gráfico de tensão e horário de medição mês de fevereiro

Já no final fevereiro, o horário voltou a sua medição normal, acabando o horário de verão. As análises de tensão se mantiveram em torno de 12V, conforme gráfico Figura 68, sendo que a tensão não gerava energia quando o horário estava muito acima das 17:00h, onde já estava com a irradiação solar enfraquecida.

Na segunda fase dos testes ocorreu no período de outono, sendo analisado nos meses de final de março, abril, maio, até 20 de junho, quando as temperaturas podem começar e ficar mais amenas. As temperaturas do período de outono informados neste parágrafo, mantiveram-se próximo a 12V e a temperatura mais baixa em relação a fevereiro. No mês de março e abril a tensão continuou próxima de 12 V e a tensão começa a ficar abaixo de tensão de produção a partir das 17:00h como mostra a tabela 11.

Tabela 11 - Tensão, hora e temperatura de abril 2015

Data	Tempo(h)	Tensão (V)	Temperatura (°C)	obs
26/abr	12:00	11.80	23°	
26/abr	16:00	12.30	25°	
26/abr	17:30	9.42	23°	
27/abr	12:40	11.65	23°	
29/abr	12:45	12.07	21°	

Em maio a produção de energia fica mais comprometida, menor tempo de produção, por causa do enfraquecimento da radiação provocado pela chegada do inverno, neste período a produção inicia ainda próximo as 8:00h e termina próxima da 16:30h.

A terceira fase dos testes ocorreu no período de inverno, sendo analisado nos meses de junho, julho, agosto, até 20 de setembro, quando há temperaturas mais baixas, conseqüentemente há um menor período de geração de energia. Neste período a produção inicia ainda próximo as 8:00h e termina próxima da 16:00h como mostra a tabela 12. Mas mesmo com a menor geração de energia há uma utilização muito expressiva de energia, pois fica praticamente o dia inteiro com energia fotovoltaica, ficando poucas horas do dia sem a geração de energia para consumir, que neste caso é de 12V.

Tabela 12 - Tensão, hora e temperatura de julho 2015

Data	Tempo (h)	Tensão (V)	Temperatura (°C)
11/jul	16:43	8,83	16°
13/jul	12:00	12,15	18°
14/jul	13:30	12,17	20°
15/jul	12:20	11,97	19°

Na quarta fase dos testes ocorreu no período de primavera, sendo analisado nos meses de outubro, novembro, até 20 de dezembro, quando as temperaturas começam a esquentar novamente e há um aumento do tempo de utilização da irradiação solar. Tanto a temperatura como a tensão possuem uma uniformidade pois mantem-se mais próxima das condições ideais de trabalho das células fotovoltaicas, como informa a tabela 13.

Tabela 13 - Tensão, hora e temperatura de novembro 2015

Data	Tempo (h)	Tensão (V)	Temperatura (°C)
15/nov	10:00	11.93	20°
16/nov	13:00	11.30	24°
18/nov	13:45	11.36	20°
29/nov	17:00	11.79	17°

6 CONCLUSÕES

A partir das informações coletas no estudo conclui-se que a geração de energia fotovoltaica em calhas sobre telhas de zinco pode ser fabricada em tamanhos de módulos muito menores, sendo eficaz na geração de energia e melhor acomodação de telhados de zinco existentes. A fabricação de módulos menores fotovoltaicos como proposto, é até certo ponto complicada, visto que para a aquisição do material principal que são as células, não há uma garantia de compra, decorrente da falta de fornecimento das mesmas no Brasil, em proporções menores, como pequenos lotes de até cem células. A necessidade de ter que contatar empresas de importação para negociar este tipo de produto, torna a fabricação muito dispendiosa, analisando que neste tipo de negociação a quantidade deve ser expressiva para compensar a negociação.

O estudo mostra que os materiais para composição da calha fotovoltaica são de fácil acesso para sua montagem, excluído deste contexto as células fotovoltaicas, que possuem uma comercialização para serem adquiridas para uso comercial ou mesmo doméstico.

As calhas fotovoltaicas se mostram resistentes e eficientes para geração de energia e principalmente em relação as suas dimensões podem ser utilizadas e montadas, no arranjo de potência que for necessário para a produção do consumo desejado. Outro fator importantíssimo e que este estudo mostra que podemos encaixá-las nos telhados sem a necessidade de colocação de estruturas que possam alterar a estética do telhado, ficando anexada de forma a adequar aos telhados, como se já tivessem sido projetadas para o local, observando na ótica do designer.

As células montadas nas calhas não tiveram avarias ou perda de rendimento neste layout proposto, verificando que nos testes as calhas tiveram em situação de produção real, estando na rua sem nenhuma proteção, mostrando que ficaram bem fortes, não alterando suas características em ventanias, chuvas e sol, muito menos nas tempestades que acontecem na região onde foi localizado o estudo.

7 SUGESTOES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com a análise deste estudo houve uma constatação da falta de matéria prima para a construção das calhas, pois o produto em questão não tem uma comercialização facilitada. Pensando neste fator a possibilidade de estar estudando a possibilidade de fabricação de células fotovoltaicas poderia alavancar esta tecnologia no Brasil. É sabido que nosso país detém reservas de silício que podem ser exploradas para este fim. E a produção deste material no país facilitaria a comercialização e principalmente os custos, verificando que este tipo de produto é muito cara em relação a outras alternativas de energia, mesmo tendo em retorno de em média 7 anos, o custo inicial é alto. Com a produção em solo brasileiro as tarifas seriam menores, e com a produção em larga escala minimizaria mais ainda o custo.

Outra análise para estudos futuros seria a construção de calhas fotovoltaicas para outros tipo de telhados, principalmente os telhados domésticos para a geração de micro usinas fotovoltaicas, analisando também como poderia ser conectado nos telhas diversos que temos, e qual seu comportamento em relação a aquecimento, as intempéries, principalmente de vento, para não haver deslocamento destes que possam provocar avarias no conjunto de geração de energia fotovoltaica.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABINEE-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDUSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. Grupo Setorial de Sistemas Fotovoltaicos da Abinee. **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**. 2012. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2013

ABCEM-Associação Brasileira da Construção Metálica (Sao Paulo). **Manual Técnico Telhas de Aço**. 2009. Disponível em: <www.abcem.org.br/upfiles/arquivos/publicacoes/manual-de-telhas.pdf>. Acesso em: 12 maio 2015

ADAM, Roberto Sabatella. **Princípios Do Ecoedifício: Interação entre Ecologia, Consciência e Edifício**. São Paulo: Editora Aquariana, 2001. 157 p

ALBE, Marta. **5 TELHAS SOLARES, SOLARES OU TRANSPARENTES PARA PRODUZIR ENERGIA A PARTIR DO TELHADO**. Disponível em: <<http://www.greenme.it/abitare/risparmio-energetico/9247-tegole-solari-fotovoltaiche-trasparenti>>. Acesso em: 01 nov. 2015

ANEEL. **ENERGIA SOLAR**. 2003. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)>. Acesso em: 16 maio 20014.

BELTRÃO, Ricardo Esberard de Albuquerque. **Efeito Temperatura na Geração de Energia de Módulos fotovoltaicos Submetidos a Condições Climáticas Distintas. Estudo de Caso Para as Localidades de Recife e Araripina**. 2008. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologias Energéticas e Nucleares, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008

BLUM, SERGIO. Valor Econômico (Ed.). **Até 2050 a energia solar será a maior fonte de energia do mundo**. 2015. Disponível em: <<http://www.traderenergia.com.br/noticias.php?p=2&cod=212>>. Acesso em: 13 mar. 2015

BOYLESTAD, Robert L. **Introdução à Análise de Circuitos**. 10. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004. 828 p

Câmara, C.F.; **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. Disponível em <<http://www.solenerg.com.br/files/monografia-Carlos-Fernando-Camara.pdf> /> em 28 de outubro de 2013

CRESESB - Centro de Referência Para Energia Solar e Eólica Sérgio BRITO. **Tutorial de Energia Solar Fotovoltaica**. 2008. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&catid=4>. Acesso em: 28 out. 2013

Creys, J.; Stuchtey, M, **Futuro brilhante para tecnologia limpa**. Disponível em <

http://www.cliptvnews.com.br/mma/amplia.php?id_noticia=113307> em 21 de julho de 2015

D'ORAZIO, M.; PERNA, C. di; GIUSEPPE, E. di. **The Mediterranean Green Energy Forum 2013: Performance assessment of different roof integrated photovoltaic modules under Mediterranean Climate.** 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610213017207>>. Acesso em: 20 abr. 2014

GOLDEMBERG, Jose; LUCON, Oswaldo. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento.** 3. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. 400 p

JUCÁ, Sandro César Silveira; CARVALHO, Paulo Cesar Marques de. **Métodos de dimensionamento de sistema fotovoltaicos: aplicações em dessanilização.** Duque de Caxias: Espaço Científico Livre Projetos Editoriais, 2013. 81 p

LISITA JUNIOR, Orlando. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede: Estudo de caso - 3 kWp instalados no estacionamento do IEE-USP.** 2005. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Instituto de Eletrotécnica e Energia, Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, Sao Paulo, 2005

LOPES, Margarida Vaqueiro. **Produção de energia solar dispara em todo o mundo: Preço ao nível da energia fóssil e aquecimento global fazem disparar a procura da indústria de painéis solares.** 2015. Disponível em: <<http://www.ionline.pt/392657>>. Acesso em: 20 maio 2015

LOSCHI, Hermes José. **Compreendendo um Sistema Fotovoltaico.** São Paulo: Editora Baraúna, 2015. 141 p

MARTINS, Vítor Manuel Moreira. **Empresas desenvolvem telhas que são também placas solares.** 2015. Disponível em: <<http://pplware.sapo.pt/informacao/empresas-desenvolvem-telhas-que-sao-tambem-placas-solares/>>. Acesso em: 01 nov. 2015

Melo, Danilo de Freitas. **Estudo De Um Sistema Fotovoltaico Integrado À Construção E Ligado À Rede Elétrica Em Uma Edificação Comercial.** Disponível em < <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/93748/281156.pdf?sequence=1> > em 28 de outubro de 2013

MELO, Liliane Pimenta de; PENEREIRO, Júlio César; FERREIRA, Denise Helena Lombardo. **CONSTRUÇÃO DE UM AQUECEDOR SOLAR: UMA ALTERNATIVA PARA ENSINAR CONCEITOS DE TERMODINÂMICA: 62ª Reunião Anual da SBPC.** Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2009/artigos/479.doc>>. Acesso em: 16 fev. 2014

Mendes, M. C.F.; **Energia solar fotovoltaica em edifícios de Museus ou Centros**

de Cultura: Contributo para a preservação e sustentabilidade

ambiental. Disponível em < http://recil.grupolusofona.pt/jspui/bitstream/10437/3739/1/Artigo_Energias_Renov_UFRJ.pdf /> em 23 de Setembro de 2013

MUNIZ, Javier Maria Mendez; GARCIA, Rafael Cuervo. **Energia Solar Fotovoltaica**. 2. ed. Madri: Fundacion Confemetal Editorial, 2006. 255 p

PANNELISOLARI (Itália). **Tegole Fotovoltaiche (o Coppi Fotovoltaici)**. Disponível em: <<http://www.pannellisolari.name/tegole-fotovoltaiche.php>>. Acesso em: 01 nov. 2015

Pereira, E. B.; Martins, F. R.; De Abreu, S. L.; Rüter, R. **Atlas Brasileiro de Energia Solar Autores** Disponível em < http://www.ccst.inpe.br/wp-content/themes/ccst-2.0/pdf/atlas_solar-reduced.pdf > em 23 de setembro de 2014

PEREIRA, Osvaldo L. S.; GONÇALVES, Felipe F.. **Dimensionamento De Inversores Para Sistemas Fotovoltaicos Conectados À Rede Elétrica: Estudo De Caso Do Sistema De Tubarão – Sc. Revista Brasileira de Energia**, Itajubá, v. 14, n. 1, p.25-45, 14 set. 2014. Semestral

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel – Cresesb, 2014. 530 p.

REMELGADO, Paulo André Rodrigues. **Controlo da Potência Activa Injectada na Rede por um Sistema de Microgeração do Tipo Solar Fotovoltaico**. 2011. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Eletrónica e de Computadores, Engenharia, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2011. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/62087/1/000148919.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2015.

Ribeiro, A; **Preço ao nível da energia fóssil e aquecimento global fazem disparar a procura da indústria de painéis solares.** Disponível em < <http://www.enersolarbrasil.com.br/preco-ao-nivel-da-energia-fossil-e-aquecimento-global-fazem-disparar-a-procura-da-industria-de-paineis-solares/> > em 21 de julho de 2015

RÜTHER, Ricardo; SALAMONI, Isabel. **O Potencial Dos Setores Urbanos Brasileiros Para A Geração De Energia Solar Fotovoltaica De Forma Integrada Às Edificações: Mudanças climáticas e o impacto das cidades. Forum Patrimônio**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p.84-94, jul. 2011. Anual

SEGUEL, Julio Igor López. **Projeto de um sistema fotovoltaico autônomo de suprimento de energia usando técnica MPPT e controle digital**. 2009. 206 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/farias/materiais/316M.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2014.

VARELLA, Fabiana K. de O. M.; GOMES, Rodolfo Dourado Maia. **Sistemas**

Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil: Panorama da Atual**Legislação:** RELATÓRIO FINAL. 2009. Disponível em:

<http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/RELATORIO_PROJETO_2_FINAL.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2014

VIEIRA, Felipe André et al. ENERGIA E CRISE ENERGÉTICA. In: SAÚDE EM FOCO, 7., 2015, São Lourenço. **Saúde em Foco**. São Lourenço: Unisepe, 2015. p. 236 - 243

WESSENDORF, Florian. A energia solar fotovoltaica no mundo e na América Latina. **Bipv - Edifícios Com Sistemas Fv Integrados**, São Paulo, v. 3, n. 2, p.38-38, 25 mar. 2016. Mensal

ZILLES, Roberto et al. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. Sao Paulo: Oficina de Textos, 2012. 208 p.