

Universidade Feevale
Programa Profissional em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais

PRODUÇÃO TÉCNICA: PRODUTO

MATERIAL NÃO PATENTEÁVEIS

**DESENVOLVIMENTO (PROJETO, CONSTRUÇÃO E ENSAIOS) DE UM
MÓDULO SOLAR FOTOVOLTAICO**

Apoio:

Secretaria do Desenvolvimento Econômico Ciência e Tecnologia do Estado do Rio
Grande do Sul

Daniel Gallio Verona

Moisés de Mattos Dias

Novo Hamburgo

2017

INTRODUÇÃO

A presente produção técnica tem como objetivo registrar junto a biblioteca o produto não patenteável desenvolvido durante o Programa Profissional em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais do aluno Daniel Gallio Verona. A pesquisa foi realizada no período de 2016 a 2017. O produto desenvolvido se refere ao **DESENVOLVIMENTO (PROJETO, CONSTRUÇÃO E ENSAIOS) DE UM MÓDULO SOLAR FOTOVOLTAICO.**

Módulos fotovoltaicos são equipamentos que transformam a luz solar em energia elétrica através das células fotovoltaicas. A crescente demanda global por energia e grandes unidades geradoras hídricas, eólicas, térmicas e nucleares, longe dos grandes centros consumidores, geram custos elevados, perdas e dificuldades na transmissão devido a grande extensão territorial do Brasil. A produção de energia descentralizada, renovável, foi o propulsor para o estudo deste trabalho com o desenvolvimento de um módulo fotovoltaico a partir de componentes comerciais. O estudo do processo físico na transformação da energia contida na radiação solar em energia elétrica, através do efeito fotovoltaico, com processos para obtenção das células fotovoltaicas de primeira geração, a partir do silício monocristalino e policristalino e a adição de elementos dopantes, como o fósforo (F) e boro (B), ao substrato base de silício. A partir de células fotovoltaicas comerciais de silício, elaborou-se o projeto elétrico e mecânico do módulo fotovoltaico. A compreensão das técnicas dos processos, desde a soldagem dos condutores elétricos entre as células, encapsulamento, laminação com pressão, tempo e temperatura controlada, formando o seguinte conjunto: Vidro; EVA (Etileno Vinil Acetato) que resiste à radiação UV; célula fotovoltaica; EVA; e, TPT (Tedlar Polyester Tedlar). Em seguida, com a soldagem da caixa de junção elétrica, vedante e moldura de alumínio, esta necessária para manter a rigidez mecânica e proteção de todo o conjunto. O resultado esperado a partir desse trabalho deverá ser a obtenção de um módulo fotovoltaico com potência aproximada de 97,2 Watts..

Para o cadastro da presente produção técnica foi utilizado o Relatório de Produção Técnica da CAPES, o qual apresenta metodologias de avaliação da produção Técnica e Tecnológica, com 21 diferentes produtos. O presente produto desenvolvido refere-se a um: Processo / Tecnologia e Produto / Material não patenteáveis (CAPES, 2019).

PRODUTO / MATERIAL NÃO PATENTEÁVEIS

Definição: Módulo Solar Fotovoltaico para geração de energia a partir de irradiação solar.

Descrição do produto e de sua finalidade: Módulo Solar Fotovoltaico construído a partir de 36 células solar fotovoltaicas importadas de 2,5 W cada, ligadas em configuração série/paralelo capaz de gerar potência entre 90 a 100 W, dependendo das condições ambientais.

Avanços tecnológicos/grau de novidade:

- Produção com alto teor inovativo: Desenvolvimento com base em conhecimento inédito;
- Produção com médio teor inovativo: Combinação de conhecimentos pré-estabelecidos;
- Produção com baixo teor inovativo: Adaptação de conhecimento existente;
- Produção sem inovação aparente: Produção técnica.

Para o desenvolvimento deste produto, se objetivou atender a uma necessidade da indústria, utilizando conhecimentos teóricos e práticos no desenvolvimento de módulos solar. Assim, foram adquiridas (importadas) células solar fotovoltaicas e a partir de dados diversos e dispersos da literatura, uma vez que não existe um registro de uma metodologia, foram desenvolvidos (projetados, montados e testados) quatro módulos, os quais resultaram em potências entre 90 a 100 Watts. Cita-se que este trabalho, conforme comentários de pesquisadores atuantes na área como o Prof. Dr. Wilson Gruber da USC, é uma espécie de manual para a montagem de módulos solar funcional, robusto e com possibilidade concreta de implantação para geração de energia elétrica.

Modalidade:

- Processos/produtos industriais não patenteáveis
- Técnica na área de saúde
- Material de referência
- Cepas não patenteadas
- Produtos naturais
- Outro: _____

Titular: Daniel Gállo Verona

Co-titulares: Moisés de Mattos Dias

Há licenciamento: () sim

(x) não

O produto não foi licenciado, entretanto, durante o período da pesquisa, foram realizados testes de geração de energia elétrica, comparativamente à módulos comerciais, e os módulos desenvolvidos mostraram-se praticamente com o mesmo desempenho dos módulos produzidos nacionalmente ou importados. Os ensaios foram realizados nas instalações dos laboratórios de Engenharia Elétrica e Eletrônica da Universidade Feevale. Cita-se que duas limitações foram observadas com relação ao desempenho dos módulos, os quais foram causa de pequenas perdas na geração de energia a saber: O vidro utilizado para proteção do módulo, o qual deveria ter alta transmitância, mas tais vidros deveriam ser importados e em grande quantidade, portanto, utilizou-se um vidro temperado de alta transmitância, contudo, não sendo o ideal. O segundo aspecto negativo na construção destes módulos residiu no fato de que a solda entre as células fotovoltaicas foi realizada por uma profissional da área de micro solda, contudo, mesmo com toda a experiência da profissional em micro solda, em módulos comerciais esta solda é realizada mecanicamente através de robôs. Cita-se também que o Me Daniel Verona, aluno do mestrado que realizou sua dissertação desenvolvendo estes módulos, é empresário do setor de energia, e já demonstrou a intenção, em futuramente, montar uma planta para a produção industrial de módulos solar fotovoltaicos, contudo, a conjuntura econômica no Brasil, não é propícia a grandes investimentos, pelo menos no presente momento.

Inventores/autores:

Docentes Autores: Daniel Gállo Verona

Discentes Autores: Moisés de Mattos Dias

Conexão com a Pesquisa

Projeto de Pesquisa vinculado à produção: Mestrado Profissional em Tecnologia dos Materiais e Processos Industriais

Linha de Pesquisa vinculada à produção: Desenvolvimento e Caracterização de Materiais.

Recursos e vínculos da Produção Tecnológica

Data início:01/03/2016 Data término: 10/12/2017

Total investido: material para confecção do amostrador (R\$ 4.000,00)

Fonte do Financiamento: SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

- Demandante:** () Demanda externa
() Edital
(X) Demanda interna

Há um esforço do governo federal e de certa forma global, no sentido de descentralizar a produção de energia das grandes usinas hidráulicas bem como parques eólico e solar, e neste sentido, o governo vem incentivando a produção local de energia, no caso, a partir de pequenos painéis solar e aerogeradores. Além do mais, a produção de energias renováveis reduz a emissão de poluentes na atmosfera no caso da geração a partir de usinas termoelétricas. Por este motivo foi proposto este projeto da área de energias renováveis, o qual, além da implantação de um Sistema Híbrido para Geração de Energia a partir de Fontes Renováveis, também foi desenvolvido quatro módulos solar a partir de celular fotovoltaicas importadas.

Situação atual da Produção:

- () Piloto/Protótipo
() Em teste
(x) Finalizado/implantado

Aplicabilidade da Produção Tecnológica:

Descrição da Abrangência realizada: Aplicação da técnica para identificar e relacionar todas as etapas para a construção e testes de módulos solar fotovoltaico a partir de células fotovoltaicas importadas.

Descrição da Abrangência potencial: Replicar essa técnica de desenvolvimento e construção de módulos solar fotovoltaicos, sem em escala industrial possibilitando assim, a fabricação destes módulos, ou mesmo em pequena escala para quem tem interesse na montagem e uso destes módulos.

Descrição da Replicabilidade: Dispositivo relativamente fácil de replicar, sem dificuldade operacional para produzir, desde que seja possível a importação das células fotovoltaicas.

A produção necessita estar no repositório? Sim

Classificar e justificar as produções e subtipos em técnico ou tecnológico:

Este produto é tecnológico, pois, como já mencionado pode ser utilizado para gerar energia a partir de módulo solar fotovoltaico. Além disso pode ser reproduzido com facilidade.

Documentos Anexados (em PDF)

- (x) Declaração emitida pela organização cliente
- (x) Relatório completo em PDF

REFERÊNCIAS

EM ANEXO

RELATÓRIO DETALHADO

1. CÉLULA, MÓDULO E PAINEL SOLAR

Uma célula fotovoltaica monojunção de silício (Si) cristalino, que é o material semiconductor mais usado na fabricação de células fotovoltaicas, as átomos de Si são tetravalentes, ou seja, caracterizam-se por possuírem 4 elétrons de valência que formam ligações covalentes com os átomos vizinhos, resultando em 8 elétrons compartilhados por cada átomo, constituindo uma rede cristalina (figura 1).

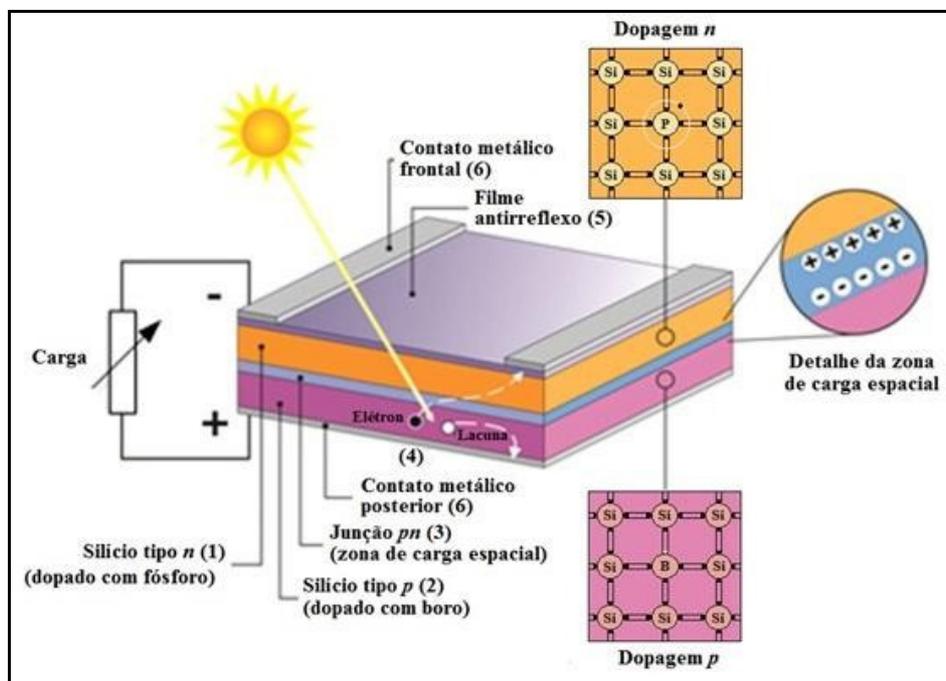


Figura 1 – Estrutura básica de uma célula fotovoltaica de silício [1]

As principais tecnologias aplicadas na produção de células fotovoltaicas são classificadas em três gerações. A primeira geração é dividida em duas cadeias produtivas: silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), que representam mais de 85% do mercado (figura 2), por ser uma tecnologia consolidada e confiável, e por possuir a melhor eficiência comercialmente disponível [2].

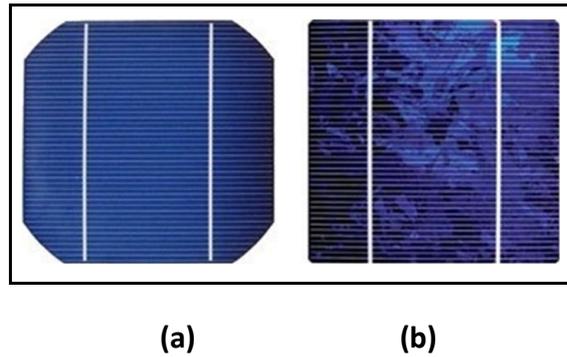


Figura 2 – (a) Célula silício monocristalino m-Si - (b) célula silício policristalino p-Si [2]

Segundo a norma NBR10899, o módulo é o menor conjunto ambientalmente protegido de células solares interligadas, com o objetivo de gerar energia elétrica em corrente contínua. Um painel, é um ou mais módulos montados de modo a formar uma única estrutura, é uma característica física de montagem. Arranjo é qualquer numero de módulos, interligados eletricamente, de tal modo a prover uma única saída de corrente elétrica contínua, é uma característica elétrica. Sistema fotovoltaico é o conjunto de elementos necessários ao aproveitamento da energia radiante solar para uma dada aplicação, através da conversão fotovoltaica, além do arranjo fotovoltaico, podem ser necessários os elementos para controle supervisão, proteção, armazenamento de energia elétrica, fundação e suporte de estrutura (ABNT-NBR10899).

A figura 3-a mostra um tracker (rastreador solar) o qual possui movimentos que acompanham o percurso do sol ao longo do dia. A figura 3-b mostra um parque fotovoltaico.

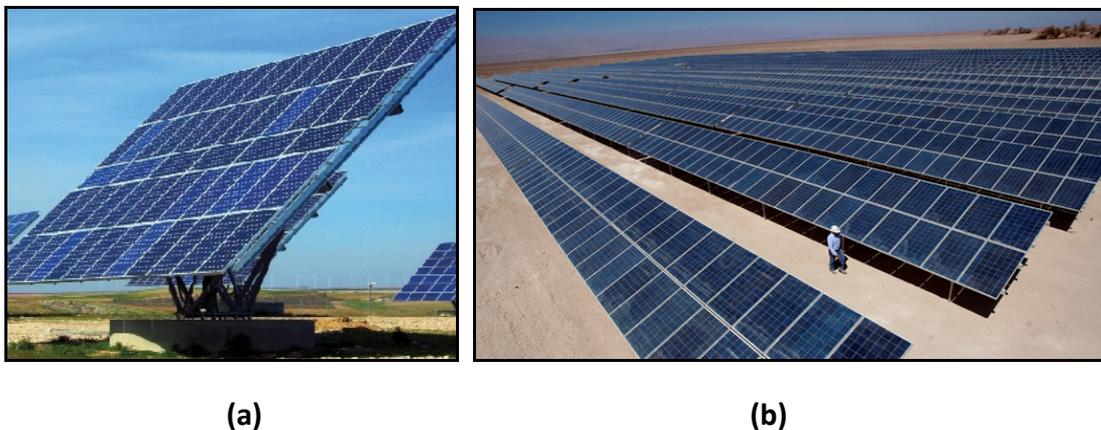


Figura 3 – Sistemas Solar – (a) Tracker [2] – (b) Parque Fotovoltaico [3]

2. MÓDULO SOLAR DESENVOLVIDO NA FEEVALE

A Universidade Feevale com o apoio da Secretaria do Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia do Estado do RS, desenvolveu um Módulo Solar Fotovoltaico com 36 células monocristalinas de 90 W. A montagem do módulo fotovoltaico foi efetuada conforme a sequência apresentada na figura 4 mostra um desenho esquemático das diversas camadas que compõe o módulo.

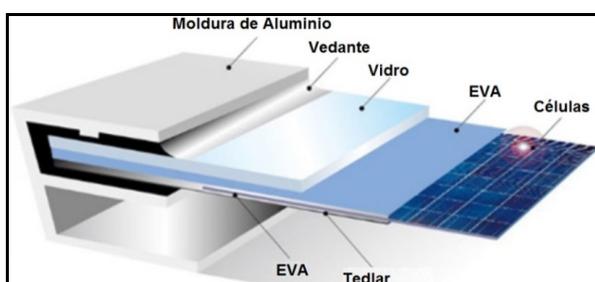


Figura 4 – **Desenho esquemático com as diversas camadas que compõe o Módulo Fotovoltaico [1]**

A figura 5-a mostra o desenho dimensional do projeto do módulo com as 36 células fotovoltaicas monocristalinas importadas (vista posterior), e a figura 5-b mostra a parte posterior.

As figuras 6-(a) até 6-(f) mostram a sequência para soldagem das células fotovoltaicas para construção do Módulo Solar. As figuras 7-(a) até 7-(c) mostram a fixação do vidro e do EVA, bem como a montagem do conjunto junto às células fotovoltaicas. As figuras 8-(a) até 8-(c) mostram a sequência de passos para laminação, etapa na qual o conjunto células EVA e vidro, são colocadas em um dispositivo capaz de aquecer, bem como gerar um vácuo para recobrimento do Módulo. As figuras 9-(a) e 9-(b) mostram o Módulo após a laminação. A figura 10-a mostra o módulo já com a moldura de alumínio e a figura 10-b mostra o detalhe da moldura de alumínio.

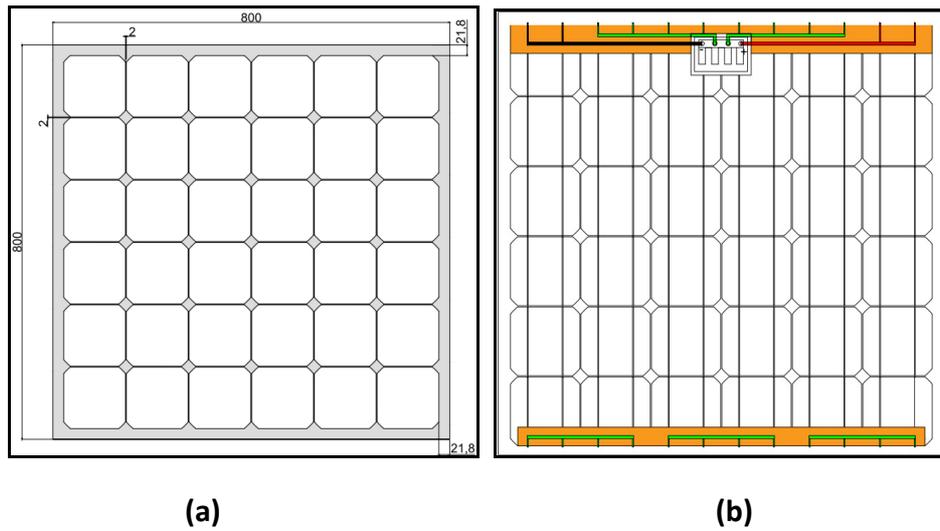


Figura 5 – Projeto do Módulo Solar com 36 células fotovoltaicas – (a) Vista Anterior –
(b) Vista Posterior

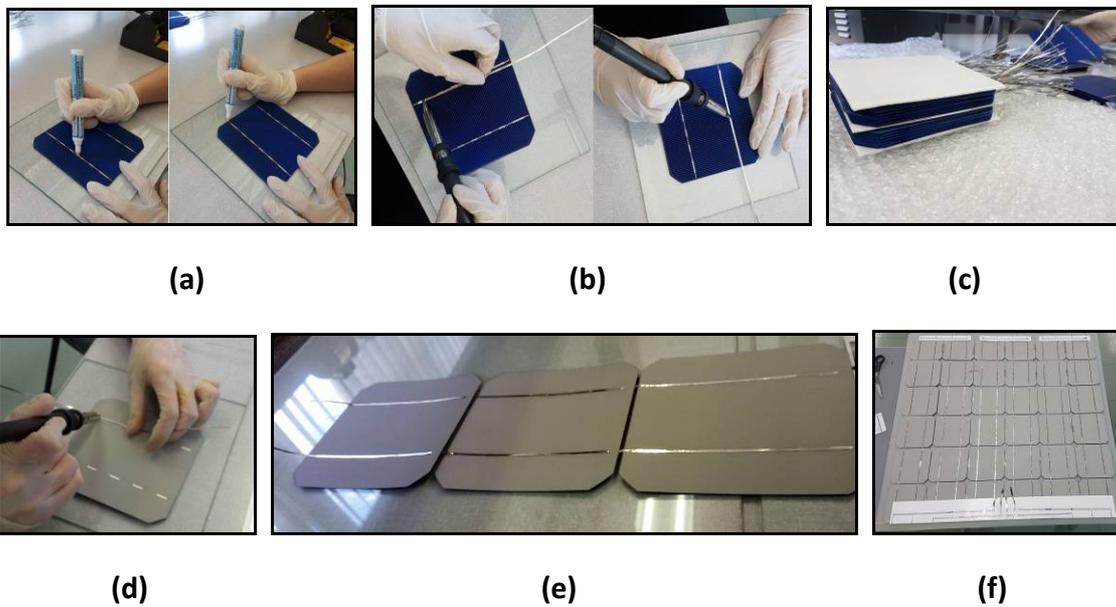


Figura 6 – (a) ... (f) Sequência para soldagem das células fotovoltaicas para
construção do Módulo Solar

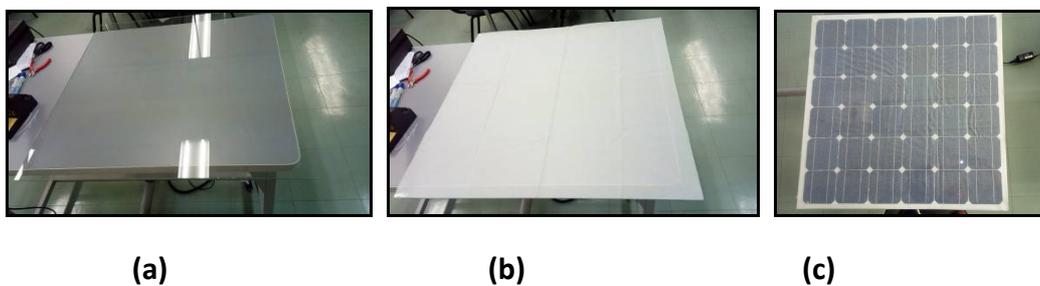


Figura 7 – Montagem do Módulo – (a) Colocação do vidro – (b) Colocação do EVA –
(c) Módulo montado

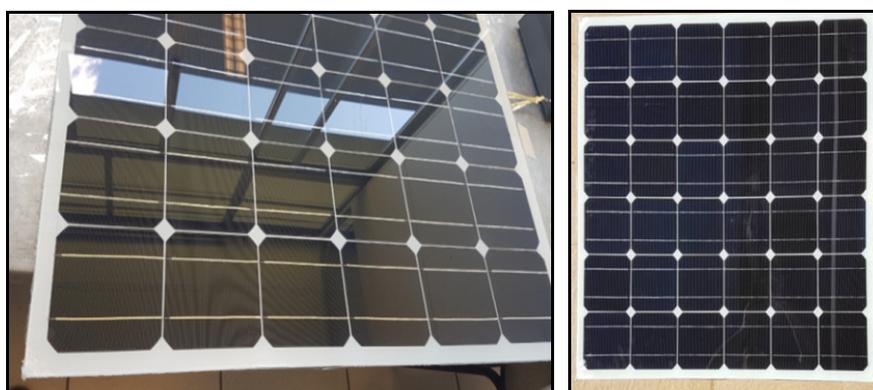


(a)

(b)

(c)

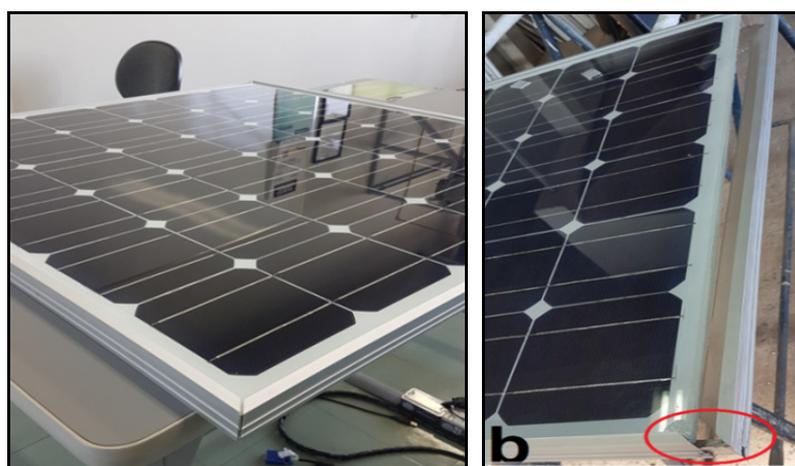
Figura 8 – Laminação do Módulo – (a) Máquina Laminadora – (b) Conjunto com as células EVA e Vidro colocados na laminadora – (c) Módulo após o aquecimento e prensagem na laminadora



(a)

(b)

Figura 9 – Módulo laminado



(a)

(b)

Figura 10 – Fixação da moldura em alumínio – (a) Vista geral – (b) Vista detalhada

3. ENSAIOS DO MÓDULO

A figura 11 mostra, a esquerda, o módulo desenvolvido neste projeto com 36 células fotovoltaicas, e a direita um módulo comercial com 60 células fotovoltaicas. Os teste foram conduzidos da seguinte maneira: Ambos foram colocados em uma lage ao meio dia do final do mês de novembro, sem nenhuma nebulosidade presente, ou seja, praticamente a máxima incidência de irradiação solar.

Os testes indicaram que o Módulo Solar Fotovoltaico desenvolvido neste projeto produz uma potência de 85 W, contudo, a partir da análise de um módulo comercial, este deveria produzir aproximadamente 90 W. Assim, o Módulo desenvolvido apresentou uma relação de aproximadamente 94 % quando comparado a um módulo comercial. Tal fator se deve a duas razões.

- O vidro utilizado na construção do módulo proposto, não foi exatamente o vidro adequado para a construção de um módulo solar, uma vez que, industrialmente, são utilizados vidros especiais importados, e estes não foi possível adquirir devido a problemas de fornecedor. Assim a transparência do vidro não foi a ideal e portanto, a irradiação incidente sobre as células solar também foi menor;
- As soldas feitas no módulo desenvolvido, apesar de todo o cuidado e de terem sido executadas por um técnico em eletrônico, especialista em solda, não foram as ideias, uma vez que, na produção industrial, as soldas são realizadas por robôs em uma linha de produção. Assim, algumas perdas de potência ocorreram nestas soldas.



Figura 11 – Módulo solar desenvolvido neste projeto (à esquerda) e módulo comercial (à direita) para testes comparativo de desempenho

A figura 12-a mostra o módulo concluído, a figura 12-b mostra dois módulos instalados no telhado do Prédio Verde. O Controlador é um PWM VS2048BN ViewStar da Epsolar (figura 12-c) e está instalado na sala 309 do mesmo prédio.

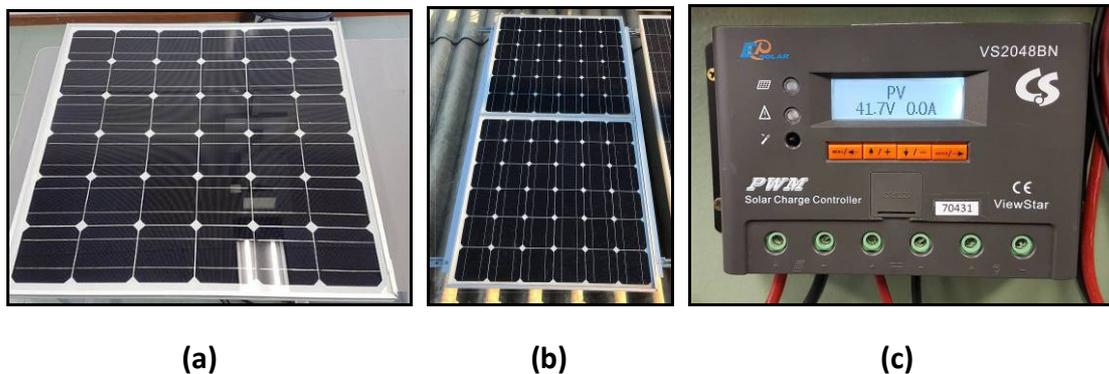


Figura 12 – Módulos desenvolvidos – (a) Montado – (b) Instalado no telhado do prédio Verde – (c) Controlador de Carga VS2048BN

REFERÊNCIAS. BIBLIOGRÁFICAS

[1]- João Tavares Pinho. Cepel – Cresesb (Org.). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 2014. 530 p.

[2]- <http://www.solarpowerworldonline.com/2013/04/how-does-a-solar-tracker-work/> - Acessados em 04/2017

[3]- <http://energiadeactivacion.blogspot.com.br/2015/05/optimizar-perdidas-en-parque-solares.html> - Acessados em 04/2017