

ESTUDO DA CONFIGURAÇÃO ÓTIMA DE UM ARRANJO FOTOVOLTAICO PARA EMBARCAÇÃO SOLAR

Fernanda Helena Amaro Verneque – fernandahelena1997@gmail.com
Camila Barreto Fernandes - camila.fernandes@gmailcefet-rj.br
Cintia de Faria Ferreira Carraro - cintia.carraro@cefet-rj.br
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca-RJ
Rua do Areal, 522 - Parque Perequê, Angra dos Reis - RJ
23953-030 - Angra dos Reis – RJ

Resumo: *O presente trabalho apresenta os resultados de um estudo realizado usando um modelo de simulação de um arranjo fotovoltaico constituído por painéis de diferentes características. A necessidade de uma equipe de competição em utilizar um arranjo com painéis diferentes e a modelagem realizada na disciplina de Fontes de Energia Renováveis levou a este trabalho. É utilizado um modelo de circuito equivalente para descrever o comportamento de uma única célula solar fotovoltaica que é aplicado a um conjunto qualquer de inúmeras células, constituindo um arranjo solar. Neste trabalho são descritos o comportamento de dois painéis diferentes e é então mostrado que há uma perda na potência fornecida pelo conjunto devido às limitações de tensão e corrente que os painéis se impõem. Educacionalmente, este trabalho vem mostrar a integração entre ensino e extensão no curso de engenharia.*

Palavras-chave: *Energia Solar Fotovoltaica. Modelagem e Simulação. Ensino e Extensão Universitária.*

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo mostrar a integração entre ensino, pesquisa e extensão como motivação discente e aperfeiçoamento docente no Campus Angra dos Reis do CEFET/RJ. A busca pela resolução de um problema apresentado em um projeto de extensão e o desenvolvimento de uma atividade proposta em uma disciplina do curso de graduação resulta na possibilidade de desenvolvimento de um projeto de pesquisa.

1.1 Motivação

O curso de Engenharia Elétrica no CEFET-RJ campus Angra dos Reis conta com uma disciplina intitulada Fontes Renováveis de Energia. O objetivo desta disciplina é desenvolver a habilidade de pesquisa bibliográfica e científica aos discentes. Com o objetivo de aplicar as metodologias ativas no ensino e tornar o aluno o foco da disciplina. No semestre corrente foi proposto um modelo implementado em (M. M. CASARO E D. C. MARTINS). Foi realizado um estudo sobre energia fotovoltaica e sobre programação/simulação. O modelo foi implementado e foi solicitado aos alunos que fosse realizada alguma inovação no modelo

construído. Nesse escopo, notou-se a interação da disciplina com o projeto de extensão intitulado Barco Solar - Equipe Reis do Sol.

A equipe Reis do Sol é um time que participa do Desafio Solar Brasil (DSB) desde 2017. O DSB é uma competição anual de embarcações movidas a energia solar que visa estimular o desenvolvimento de tecnologias para fontes limpas e alternativas de energia.

O projeto multidisciplinar de uma embarcação do tipo catamarã é desenvolvido por diversos alunos dos cursos de graduação em engenharia e este trabalho mostra o estudo feito para constituir o arranjo solar adequado às regras da competição e aos recursos disponíveis.

A equipe é recente e não possui um grande patrocinador, dispõe de quatro painéis solares para geração de energia, sendo dois com 200Wp e outros dois com 330 Wp de potência. As regras da competição não limitam o número de painéis a serem utilizados, mas a potência do arranjo, que não deve ser superior a 1040 Wp, sendo a configuração ideal: 4 módulos de 260Wp.

A partir do estudo da modelagem de painéis fotovoltaicos, foi desenvolvida uma simulação do comportamento do sistema de geração de energia da embarcação usando os dados dos módulos reais da equipe e realizando testes para determinar a melhor configuração. Observa-se inicialmente que as diferentes associações possíveis entre os módulos disponíveis resultam em perda da potência pela limitação que um impõe ao outro em tensão ou corrente.

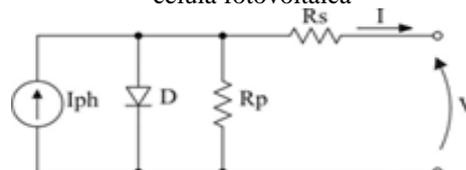
2 MODELAGEM DO SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Denomina-se módulo fotovoltaico a estrutura incluindo células fotovoltaicas de silício associadas e encapsuladas. No geral, a potência desses módulos é dada pela potência de pico, que é a potência máxima disponível nas condições padrão. Além disso, as principais características elétricas que determinam o funcionamento dos módulos são a tensão de circuito aberto (V_{oc}), a corrente de curto circuito (I_{sc}), a potência máxima (P_m), a tensão de potência máxima (V_{mp}) e a corrente de potência máxima (I_{mp}) (B. C. ROGANI) (CRESB).

A partir do modelo de circuito equivalente da célula fotovoltaica e usando um programa de simulação computacional é possível demonstrar o funcionamento de um módulo e expandir esta análise para um arranjo fotovoltaico com um número qualquer de módulos em série e em paralelo.

A modelagem de cada painel foi realizada de acordo com o circuito equivalente da figura 1, na qual a fonte de corrente I_{ph} representa a corrente gerada por uma única célula e R_s e R_p as resistências de série e paralelo, respectivamente, caracterizando as perdas dentro das células (M. M. CASARO E D. C. MARTINS). É utilizado um diodo para bloquear o fluxo de corrente reversa.

Figura 1: Circuito Equivalente para uma célula fotovoltaica



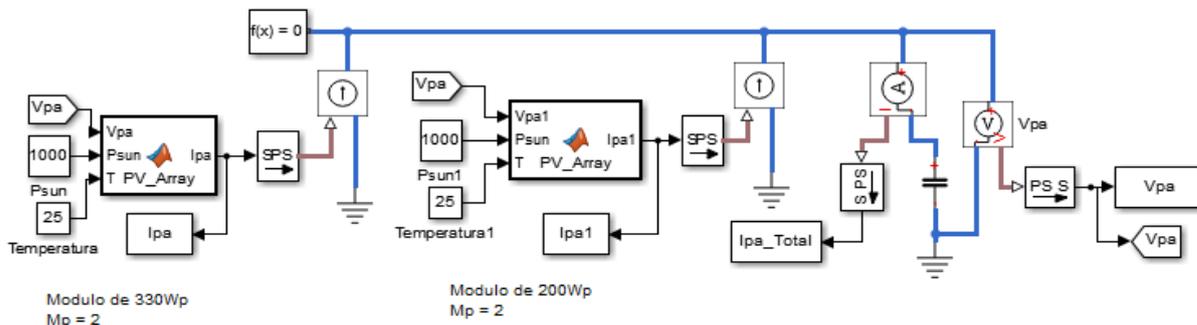
Fonte: (M. M. CASARO E D. C. MARTINS)

Seguindo os procedimentos apresentados em (M. M. CASARO E D. C. MARTINS), encontram-se as curvas características de cada painel separadamente. O modelo possibilita a

análise de uma associação com um número qualquer de módulos em série em paralelo de mesmas características.

Para modelagem de arranjo de painéis diferentes é utilizado o resultado de cada módulo e simulado no Simulink, simulador do MatLab, o circuito mostrado na figura 2, onde as saídas dos módulos são conectadas e seu comportamento é avaliado.

Figura 2: Arranjo Fotovoltaico implementado no Simulink



O código que simula cada um dos painéis encontra-se dentro do bloco MatLab Function, o código também é retirado de (M. M. CASARO E D. C. MARTINS). Os dados de cada dos catálogos dos fabricantes encontram-se na tabela 1 e são alterados dentro do código.

Tabela 1: Dados dos catálogos

	200 Wp	330 Wp
Tensão MPOP [V]	26,3	37,2
Corrente MPOP [A]	7,61	8,88
Tensão de Circuito Aberto Voc [V]	32,9	45,6
Corrente de Curto-Circuito Isc [A]	8,21	9,45
Coeficiente de temperatura de Isc [%/°C]	0,00318	0,053

Fonte: Fonte 330Wp:

<http://download.aldo.com.br/pdfprodutos/Produto34009IdArquivo4019.pdf>.

Acessado em 09/05/2019

Fonte 200Wp: <https://www.kyocerasolar.com/dealers/product-center/archives/spec-sheets/KC200GT.pdf>. Acessado em 09/05/2019

3 RESULTADOS DE SIMULAÇÃO

Os primeiros resultados adquiridos são das curvas I-V e P-V de cada um dos painéis, figuras 3 e 4.

Figura 3: Curvas características módulo de 330 Wp

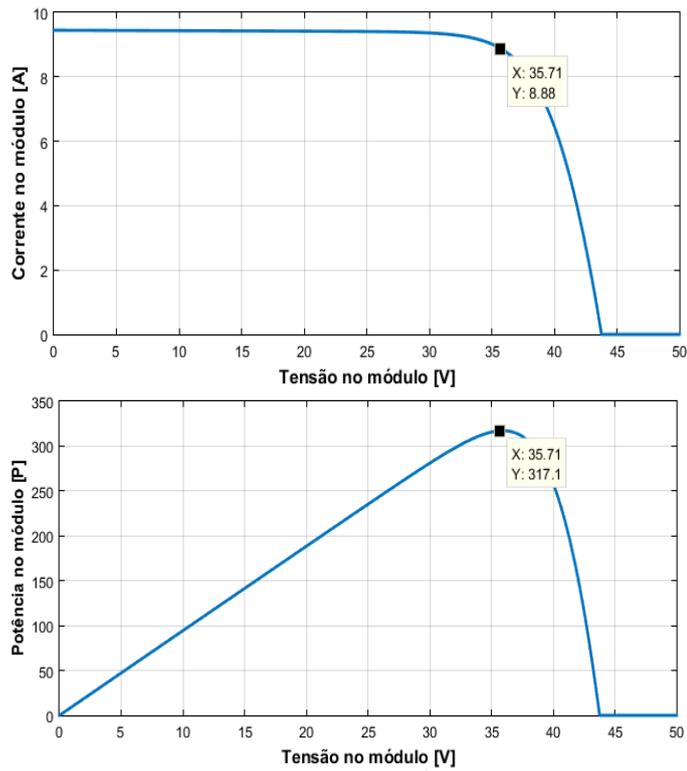
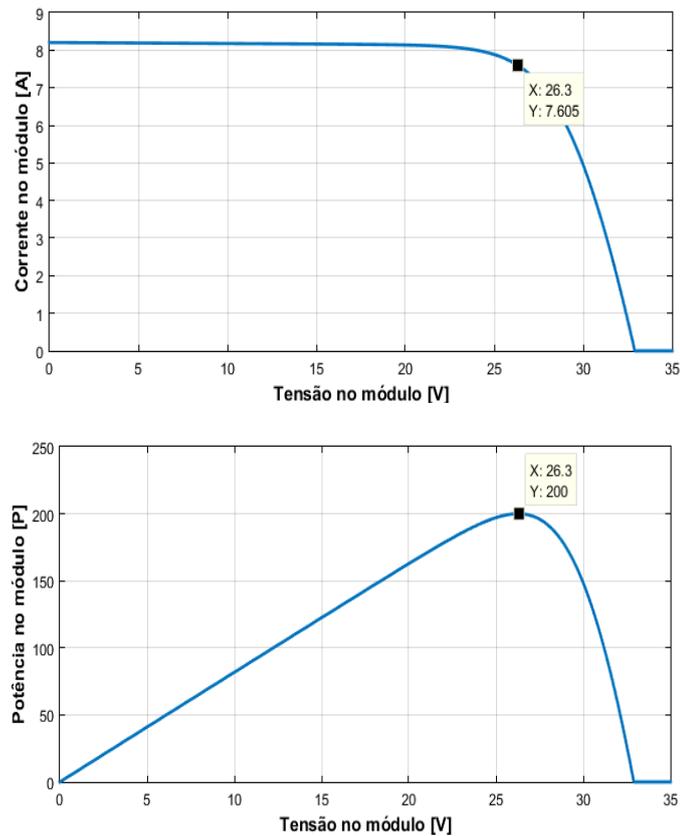
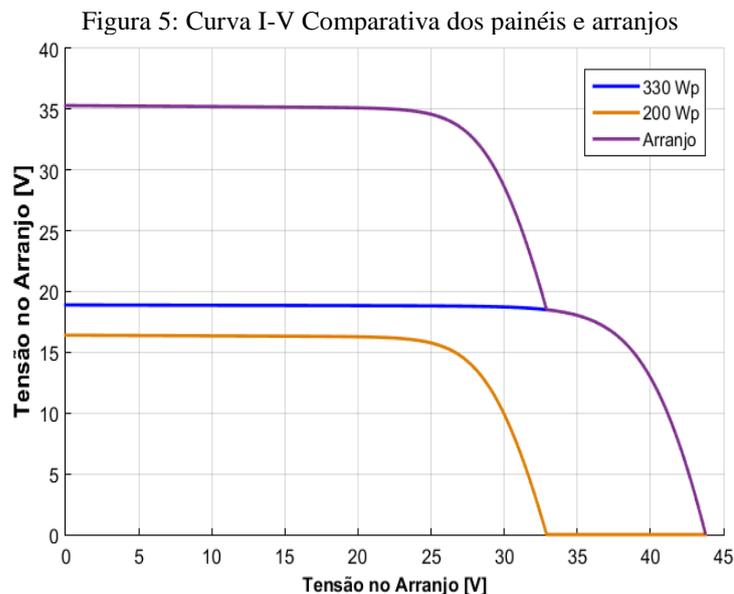


Figura 4: Curvas características módulo de 200 Wp

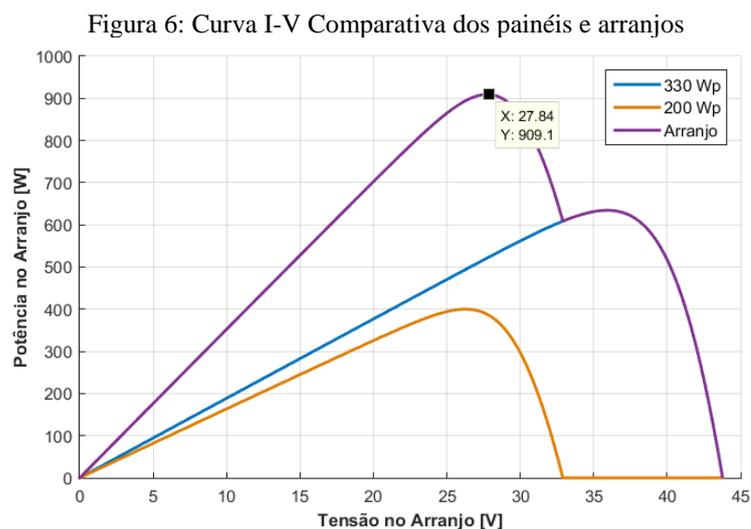


É possível observar que os resultados individuais de cada curva se comparam aos apresentados em catálogo. Portanto pode-se passar para a próxima etapa que de fato nos interessa: Arranjo com os dois tipos de painéis

O resultado da simulação, apresentado na figura 3, mostra as curvas I-V do ramo em paralelo de dois painéis de 200Wp, dos ramos em paralelo de dois painéis de 330Wp e do resultado da conexão em paralelo destes ramos.



Na figura 4 as curvas P-V dos mesmos arranjos anteriores, podem ser analisadas. É possível notar que o valor de potência máxima obtido é inferior ao esperado, estando em volta de 900 Wp. Este valor ocorre na menor tensão de máxima potência.



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estes resultados demonstram a necessidade de uma melhor solução que optimize a potência de cada grupo de painéis com suas características e assim a potência máxima teórica possa ser obtida.

Estudos de novas associações dos painéis são necessárias e análise de todas elas determinará qual a melhor configuração para a embarcação dentro deste cenário

Abre-se então uma linha de estudo possível dos dispositivos controladores de carga com algoritmo de rastreamento do ponto de operação de máxima potência (COELHO, ROBERTO F.; CONGER, FILIPE M.; MARTINS, DENIZAR C). Há agora uma integração com a disciplina de Eletrônica de Potência que estuda o funcionamento dos conversores cc/cc que são usados como controladores de carga e também a disciplina de Teoria de Controle, quando propõe-se maximizar a potência fornecida pelos painéis.

O desenvolvimento, futuramente, de um protótipo para o barco é tema de projeto final e de pesquisa em iniciação científica, abrangendo a tríade ensino, pesquisa e extensão na universidade contribuindo para a melhor formação do aluno.

5 REFERÊNCIAS

B. C. Rogani, **Modelagem de um sistema fotovoltaico conectado à rede e análise do desempenho sob condições de sombreamento e variações de temperatura**, Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, 2013.

Portal do CRESB – **Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?>. Acesso em: 08 mai. 2019

M. M. Casaro; D. C. Martins. **Modelo de arranjo fotovoltaico destinado a análise em eletrônica de potência via simulação**. Eletrônica de Potência, vol. 13, no. 3, 2008.

COELHO, Roberto F.; CONGER, Filipe M.; MARTINS, Denizar C. **Estudo comparativo entre conversores estáticos operando como rastreadores de máxima potência em sistemas fotovoltaicos**. In: Research Article presented in XVIII Congresso Brasileiro de Automática – September. 2010.

STUDY OF THE GREAT CONFIGURATION OF A PHOTOVOLTAIC ARRANGEMENT FOR SOLAR VESSEL

Abstract: *The present work presents the results of a study using simulation model of a photovoltaic arrangement constituted by panels of different characteristics. The need for a competition team to use an arrangement with different panels and the modeling that was performed in the discipline of Renewable Energy Sources led to this work. An equivalent circuit model is used to describe the behavior of a single photovoltaic solar cell that is applied to any set of numerous cells, constituting a solar array. In this work the behavior of two different panels is described and it is then shown that there is a loss in the power supplied power supplied by the assembly due to the voltage and current limitations that the panels impose. Educationally, this work shows the integration between teaching and extension in the engineering course.*

Key-Words: Photovoltaic Solar Energy. Modeling and Simulation. University Teaching and Extension