# Dimensionamento e Modelagem Computacional do Conjunto Microgerador Solar, Cargas e Medição: Estudos pré Operacionais em Ambiente Computacional

**Alisson Rodrigues de Carvalho Santos[1]; João Bosco Gertrudes[2]**
1. Bolsista PIBIC/FAPESB, Graduando em Engenharia da computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: contaofcali@gmail.com , alissonrdcsantos@gmail.com
2. Orientador, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: jbosco@ecomp.uefs.br

**PALAVRAS-CHAVE:** microrgeração; energia solar; modelo computacional.

## INTRODUÇÃO

Atualmente têm-se grandes preocupações com o meio ambiente e as alterações climáticas decorrentes disso, o que leva a sociedade a adotar medidas de prevenção e proteção ao meio ambiente. Quanto à geração de energia o foco é diversificar as fontes de energia para fontes de energia limpas e renováveis que agridam o meio ambiente em menor intensidade. No cenário brasileiro a geração de energia elétrica depende majoritariamente de usinas hidrelétricas e de termoelétricas. Quando ocorrem períodos de secas, decorrentes das alterações climáticas, desmatamento e queimadas como no corrente ano, o encarecimento da produção de energia que é repassado aos consumidores e em casos mais graves a produção não é suficiente para suprir a demanda. O Brasil apresenta bons cenários para geração solar e eólica, fontes limpas e renováveis. A agência nacional de energia nacional de energia elétrica (ANEEL) regularizou a microgeração e definiu benefícios fiscais para incentivo a microgeração. A Região de Feira de Santana apresenta ótimo potencial de energia solar e possui vários condomínios horizontais que viabilizam a implementação de módulos fotovoltaicos sendo ideal para geração solar.

Visando a microgeração a partir de energia solar aliado a preocupação com utilizar fontes renováveis, a elevada demanda por eletricidade e o alto custo da energia passado ao consumidor este trabalho se propõe a realizar a modelagem de um micro gerador solar em ambiente computacional para realizar estudos de cargas, medições e outros parâmetros que serão utilizados na implementação do microgerador em ambiente real.

## MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

Foi construído um modelo de painel solar a partir das equações propostas por VILLALVA (2010) em ambiente Matlab que solucionava a equação calculando a corrente, a partir da solução dessa equação são construídas as curvas de corrente tensão ou curva IV que caracterizam o funcionamento dos módulos fotovoltaicos. Para validar o modelo foram geradas curvas para um módulo comercial e então comparadas com as curvas presentes no *datasheet*. Outro ponto importante do estudo das curvas IV é a análise da influência das variáveis temperatura $\boldsymbol{T}$ e irradiância $\boldsymbol{I}$.

Além disso, o trabalho objetiva dimensionar um sistema fotovoltaico (com armazenamento de energia e conectado a rede) para atendimento de uma carga residencial. Para isso foram dimensionados tanto um sistema conectado à rede como um autônomo. O dimensionamento de um sistema fotovoltaico é realizado em torno da demanda de energia a ser suprida bem como as condições de radiação solar. Foi seguida a metodologia proposta por VILLALVA (2012) onde se encontram as equações para dimensionar os componentes. Com o dimensionamento do sistema fotovoltaico realizado pelo cálculo dos componentes foi feita a validação do sistema no software PVsyst um software comercial para dimensionar sistema fotovoltaicos.

O modelo dinâmico do conversor foi implementado no MatLab/Simulink em diagrama de blocos. Idealmente deve-se trabalhar com os módulos produzindo energia em máxima potência. Para isso é utilizado um algoritmo de rastreio do ponto de máxima potencia RPMP ou MPPT junto a um conversor estático *CC-CC* elevador de tensão ou boost, que desempenhou o papel de elevar a tensão dos módulos e implementar o MPPT, utilizando as equações propostas por VILELA (2011).

A energia gerada pelos módulos fotovoltaicos é em corrente continua *CC* e a maioria dos eletrônicos é alimentado em corrente alternada CA assim como a distribuição de energia no ponto de conexão com a rede elétrica no caso de sistemas on-grid. Para a conversão de corrente continua para alternada foi construindo um inversor *CC-CA* como foi desenvolvido por GARCIA (2015).

**RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)**

O sistema fotovoltaico foi dimensionado para suprir a demanda de uma residência a partir do histórico de consumo presente na conta de luz, inicialmente pretendia-se utilizar a demanda de um laboratório da UEFS, mas devido a pandemia isso não foi possível, ambos microgeradores conectados à rede e autônomos foram dimensionados de acordo a legislação vigente da ANEEL e das especificações da literatura.

**Quadro 4-** Dimensionamento do sistema fotovoltaico

| **Sistema fotovoltaico on grid** | | |
|---|---|---|
| **Demanda de energia mensal** 172 KWh | | Instalação bifásica |
| **Painel solar:** canadian CS6u-330p | Qtd 4 módulos | **Potência instalada**: 1330 W |
| **Inversor solar** canadian CSI 1.5-K-TL | | |

fonte autor próprio.

Foram selecionados os módulos fotovoltaicos, inversores e outros componentes disponíveis no mercado com base nas configurações definidas.

**Quadro 5-** Dimensionamento sistema off grid

| **Sistema fotovoltaico off grid** | | |
|---|---|---|
| **Demanda de energia mensal** 172 KWh | Instalação bifásica | |
| **Painel solar:** canadian CS6u-330p | Qtd 4 módulos | **Potência instalada**: 1330 W |
| **Capacidade banco de baterias:** 1193.75 Ah | **Capacidade baterias:** 240 Ah | |
| **Tipo de bateria:** Estacionaria chumbo acida | **Qtd baterias:** 10 | |
| **Controlador de carga:** MPPT 12/24V 30A EpSolar new tracer | | |
| **Inversor solar:** 12/24V 1.5 KW de potência de entrada | | |

fonte autor próprio.

Com as especificações para o sistema fotovoltaico definidas foi construído o modelo do arranjo fotovoltaico no Simulink e geradas as curvas IV para essa configuração. A construção em blocos foi realizada em conjunto com a biblioteca Simscap Specialized Power Systems que possui componentes para eletrônica de potência e relacionados.

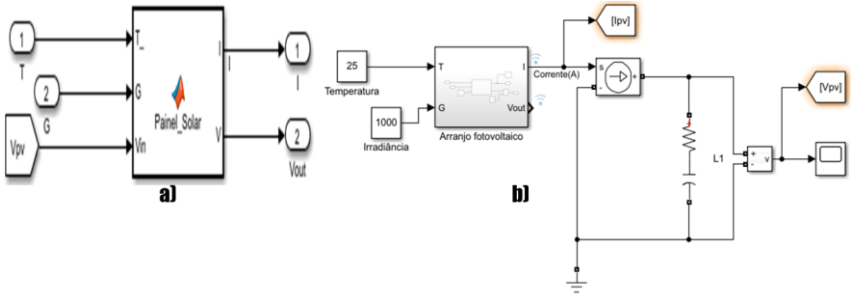



Figura1- a) modelo de painel fotovoltaico construído pelo autor b) conjunto microgerador solar construído no Simulink Power Systems. Fonte: próprio autor.

Simulando o modelo foi gerada a curva IV referente ao arranjo definido, 2 módulos em serie conectados 2 a 2 em paralelo, a partir desse modelo foi possível gerar dados referentes a geração e captação de eletricidade em corrente continua.

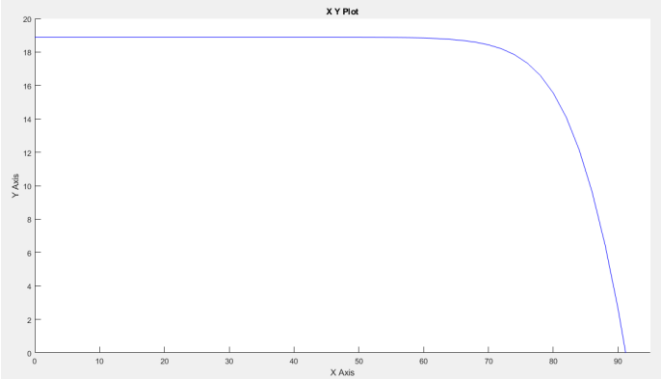



Figura 2- Curva IV para o arranjo fotovoltaico simulado. Fonte: próprio autor.

Com o arranjo fotovoltaico funcional no simulink foi construído o circuito equivalente para o conversor boost a ser utilizado em conjunto com o algoritmo de MPPT e o inversor de frequência CC-CA, ambos foram construídos com os elementos disponibilizados pela biblioteca power systems e dimensionados pelas equações definidas nas referências.

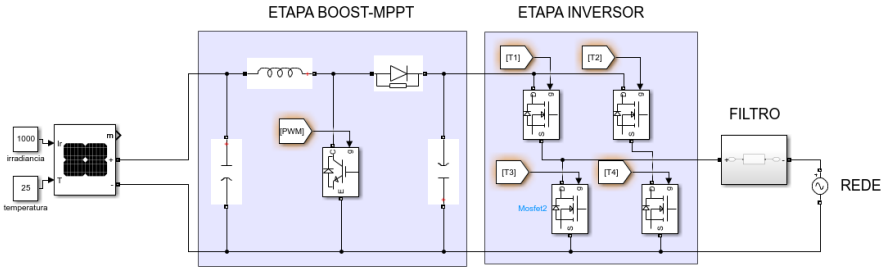
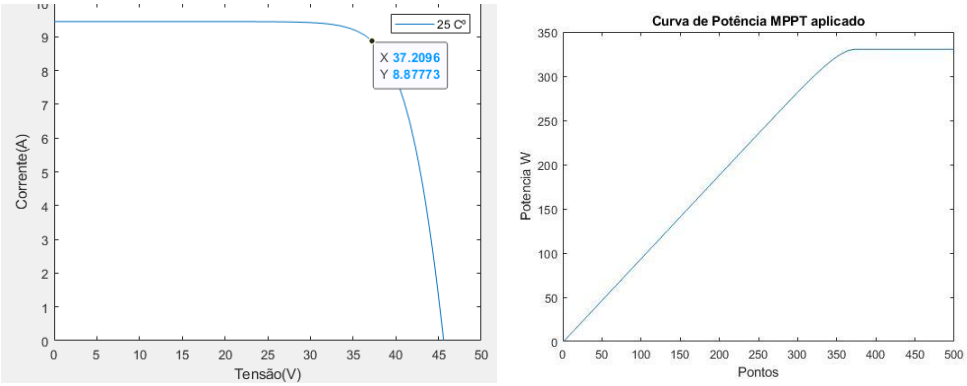



Figura 3- modelo do conjunto conversor boost e inversor fonte autor próprio

Os algoritmos MPPT foram implementados com sucesso e por isso o lado DC do conjunto funciona corretamente conforme mostra os resultados da figura 4.




(a) (b)

Figura 4: (a) Curva I x V do painel fotovoltaíco Canadian Solar 330W; (b) Rastreio do MPPT pelo Algoritmo P&O. Fonte: próprio autor

No entanto, para sistema "*on-grid*" é necessário a conversão CC-CA para injeção na rede elétrica. A implementação do modelo de conversor CC-CA foi o que apresentou até o momento mais problemas durante o desenvolvimento deste plano de trabalho. Devido a complexidade a etapa final de implementação do conversor boost-MPPT ainda está em desenvolvimento. A estratégia de controle de chaveamento dos transistores IGBTs presentes no conversor requer conhecimentos e estudos aprofundados em eletrônica geral e eletrônica de potência e controle

além das características elétricas do ponto de conexão da microrrede, o que requer um pouco mais de tempo para conclusão. Este fato será objeto de pesquisa no próximo plano de trabalho já em andamento. Na sequência, os modelos desenvolvidos serão transferidos para o ATP/EMTC um software que permite simulações da parte elétrica no domínio do tempo para estudos das condições de operação dos módulos em regime permanente e transitórios.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Neste trabalho foi feito o dimensionamento do microgerador solar nas modalidades *on-grid* e *off-grid* considerando uma carga residencial como referência e validado também no software comercial PVsyst. Tendo as especificações do sistema foi planejado e implementado o modelo do conjunto em ambiente computacional MATLAB/SIMULINK. Neste ambiente foram realizados testes de geração de curvas IV que possibilitam estudar diferentes casos e condições de operação. Foram pesquisados e implementados os algoritmos de controle de operação do conjunto para rastreamento do ponto de máxima transferência de potência (MPPT). Os algoritmos foram implementados com sucesso e por isso o lado DC do conjunto funcionam corretamente. No entanto, para sistema "on-grid" é necessário a conversão CC-CA para injeção na rede elétrica. A implementação do modelo de conversor CC-CA foi o que apresentou até o momento mais problemas durante o desenvolvimento deste plano de trabalho. Devido a complexidade a etapa final de implementação do conversor boost-MPPT ainda está em desenvolvimento. A estratégia de controle de chaveamento dos transistores IGBTs presentes no conversor requer conhecimentos e estudos aprofundados em eletrônica geral e eletrônica de potência e controle além das características elétricas do ponto de conexão da microrrede, o que requer um pouco mais de tempo para conclusão. Este fato será objeto de pesquisa no próximo plano de trabalho já em andamento. Na sequência, os modelos desenvolvidos serão transferidos para o ATP/EMTC um software que permite simulações da parte elétrica no domínio do tempo para estudos das condições de operação dos módulos em regime permanente e transitórios.

## REFERÊNCIAS


CRESESB, (2017) "Tutorial de Energia Solar Fotovoltaíca", Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata]. Acesso em 19/10/2020.

VILLALVA, Marcelo Gradella et al. Conversor eletrônico de potência trifásico para sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica. São Paulo. UNICAMP, (2010).

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. **São Paulo: Érica**, v. 2, 2012.

VILELA, Afranio Ornelas Ruas. Projeto e construção de um conversor boost controlado em modo de tensão. **Universidade Federal de Viçosa**, p. 26, 2011.

GARCIA, Lucas Sampaio et al. Inversor dual de único estágio aplicado ao gerenciamento de energia de um painel fotovoltaico e uma célula a combustível. 2015.

MATTOS, Felipe Caixeiro. Contribuição ao estudo de um sistema solar fotovoltaico monofásico de único estágio. **Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora**, 2011.