

Simulação de conversor buck-boost com RPMP por P&O aplicado a módulos fotovoltaicos

Manoel Lucas Dantas dos Santos
Dep. De Engenharia e Tecnologia
Univers. Federal Rural do Semi-Árido
Mossoró, Brasil
Email: mlucassantoz@gmail.com

Herick Talles Queiroz Lemos
Dep. De Engenharia e Tecnologia
Univers. Federal Rural do Semi-Árido
Mossoró, Brasil
Email: herick.lemos@ufersa.edu.br

Resumo — O baixo índice de eficiência dos módulos fotovoltaicos ainda é um fator alvo de pesquisas para obter soluções de como aproveitar melhor esse equipamento. Quanto aos fatores que podem influenciar a eficiência do sistema fotovoltaico, eles podem ter origens internas ou externas aos módulos. Onde os agentes externos são a irradiação, temperatura e dentre os agentes internos, o presente artigo pretende abordar o uso de algoritmos dentro dos conversores de potência que é um dispositivo que altera o nível de tensão e corrente e dessa forma atua diretamente na obtenção da potência extraída do sistema. Dentre os algoritmos que podem ser implementados no conversor está a técnica de tensão constante, técnica do Perturba e Observa (P&O) e a condutância incremental. Assim, a finalidade é realizar um estudo e simulação de um conversor CC-CC buck-boost em que é aplicado o método rastreador perturba e observa (P&O) para rastrear o ponto de máxima potência (RPMP). No decorrer do artigo, são apresentados os cálculos para a determinação dos parâmetros do conversor, bem como a modelagem física do painel utilizando uma ferramenta de simulação. A simulação do sistema foi realizada com sucesso e por meio dela foi possível extrair as formas de onda da corrente, tensão e a potência do módulo. Por fim, os resultados alcançados podem ser avaliados realizando uma análise comparativa dos valores atingidos nas formas de onda. Desta forma, o sistema adquire maior confiabilidade e o estudo promove a melhoria dos sistemas fotovoltaicos.

Palavras-chave: Energia Solar, conversor CC-CC buck-boost, ponto de máxima potência, Eficiência.

I. INTRODUÇÃO

A energia solar passou por um aumento considerável de cerca de 316,1% de 2017 para 2018 no Brasil e tem elevado sua capacidade de geração de energia tanto no Brasil (impulsionada por incentivos governamentais) quanto no mundo. Vale destacar que o Nordeste possui um potencial comparável com as melhores

regiões do mundo para esta prática. A sua utilização surge como uma alternativa de geração renovável e de baixo impacto se comparada a métodos convencionais de geração. Além disso, uma matriz elétrica mais diversificada contribui para equilibrar e aliviar o sistema de distribuição e transmissão de energia.

[1]

Os módulos fotovoltaicos possuem características operacionais ideais tanto de tensão quanto corrente. Então, variando esses parâmetros é uma das formas de se obter o maior aproveitamento possível da geração, evitando perdas e rastreando assim, o Ponto de Máxima Potência (PMP). [2]

Os controladores de carga e inversores presentes nos sistemas fotovoltaicos possuem sofisticados algoritmos de rastreamento do PMP, dentre eles, a técnica de tensão constante, técnica do Perturba e Observa (P&O) e a condutância incremental. Esses algoritmos, que estão presentes nos conversores de potência alteram os parâmetros de corrente e tensão que compõe a curva I-V. No presente trabalho, será desenvolvido um conversor Buck-Boost onde será aplicado o método do rastreador de máxima potência Perturba e Observa.

Em seguida, será realizada uma análise com base nas formas de onda geradas pelo módulo estudado utilizando um software para simulação. Além disso, o presente estudo auxilia em futuras pesquisas ou melhorias dos painéis fotovoltaicos.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são apresentados os conceitos referentes à composição dos módulos, a energia solar no presente cenário energético, bem como, fatores que influenciam em seu desempenho.

Assim como, será abordado como se dá a construção de um conversor Buck-Boost e como a técnica de rastreamento é aplicada no mesmo.

A. Energia Solar

A célula fotovoltaica é resultado de um estudo sobre o efeito fotoelétrico descoberto, em 1887, pelo físico alemão Heinrich Rudolf Hertz e que posteriormente foi explicado em 1905 por Albert Einstein. Na prática, quando a luz incide sobre os elétrons fazem com que estes circulem de átomo para átomo, formando uma corrente que pode ser armazenada.

As células fotovoltaicas utilizam os semicondutores em sua composição que são materiais que apresentam resistência intermediária, comumente é utilizado o silício em sua construção. [3]

A célula fotovoltaica possui em sua composição uma junção PN que é criada a partir de um processo de dopagem do silício com o fósforo, obtendo-se assim um material com carga negativa, e de maneira semelhante, porém dopando o silício com boro obtém-se a carga positiva do material. Nesta junção, os elétrons livres migram do lado P para o lado N, conforme ilustra a Figura 1.[3]

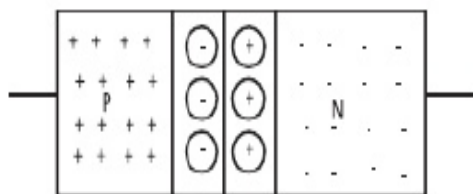


Figura 1 – Junção PN [3]

A região central é conhecida como barreira potencial e ela oferece uma certa resistência a passagem desses elétrons até que uma tensão suficientemente grande rompa essa barreira. A curva característica de uma junção PN dessa natureza é dada conforme Figura 2.

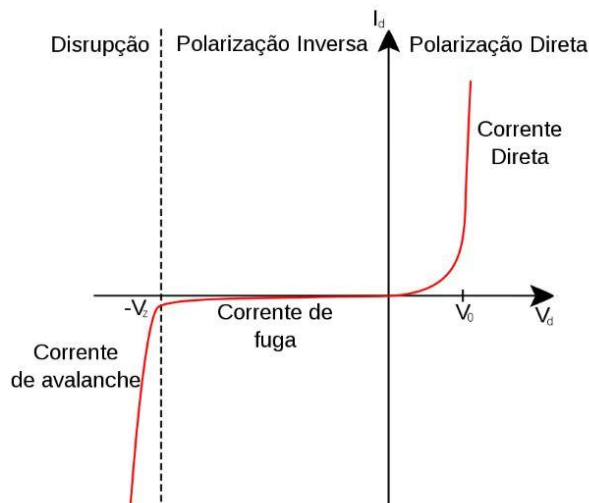


Figura 2 – Curva Característica Junção PN. [3]

A energia solar é hoje uma fonte de energia promissora, pois consegue gerar energia para atender uma demanda por meio do sol que é uma fonte inesgotável, não comprometendo assim nenhum recurso natural.

Segundo último levantamento realizado em 2019, pela Empresa de Pesquisa Energética tendo como base o ano de 2018 é possível observar na Figura 3 a porcentagem de participação da energia solar na matriz energética brasileira.

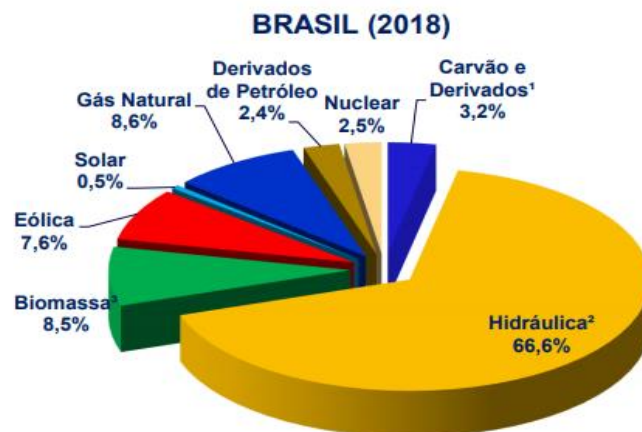


Figura 3 – Matriz Elétrica Brasileira. [1]

A necessidade de buscar fontes de energia renovável se torna cada vez mais imprescindível tendo em vista o aumento na demanda e os limites do uso de combustíveis fósseis. Um sistema fotovoltaico é aquele composto por um conjunto de painéis fotovoltaicos destinados a geração de energia elétrica pela radiação solar. As formas de geração podem ser isoladas, usando um banco de baterias, ou ainda, on grid, com o sistema conectado a rede.

A energia gerada proveniente da radiação solar tem como unidade de medida (W/m^2). A alta intensidade da radiação influencia no aproveitamento do sistema FV. Dentre os principais fatores que influenciam o rendimento e a potência de saída das células ou painéis fotovoltaicos estão: [4]

- A variação da irradiação pode depender tanto do horário, como do efeito de sombreamento, época do ano, e etc. A Figura 4 mostra os efeitos da mudança de irradiação na curva I-V.
- A irradiação proveniente do sol provoca também o aquecimento dos painéis provocando perdas por energia térmica, fazendo com que a tensão de saída seja menor a uma corrente constante. É possível observar esse efeito na Figura 5.
- Vale mencionar também a velocidade do vento que é um fator que por sua vez impacta positivamente na geração de energia elétrica do módulo FV. Uma vez que além de contribuir para diminuição do nível de água no ar (umidade relativa), influencia também na troca de calor com o meio ambiente através da convecção, levando com ele as partículas quentes da superfície do módulo e equilibrando a temperatura da superfície do módulo.

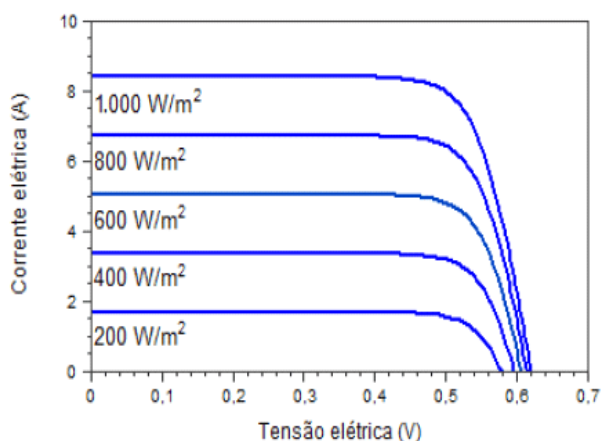


Figura 4 – Variação da irradiação solar na curva I-V. [8]

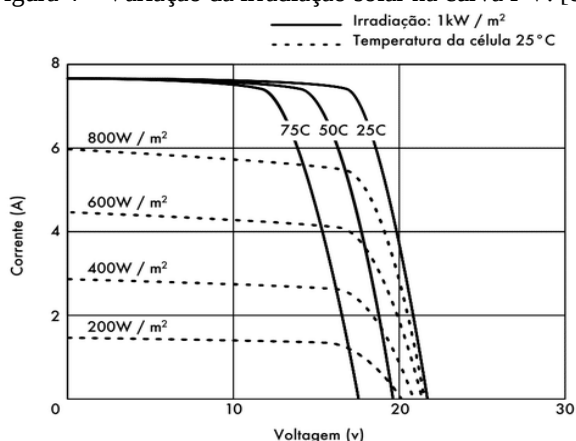


Figura 5 – Efeito da temperatura na curva I-V. [1]

B. Conversores CC-CC

Vale destacar o desenvolvimento da eletrônica de potência nos últimos anos, visto que esta é a ferramenta utilizada para processar a energia gerada. Na eletrônica, em determinados casos, é necessário que alguns parâmetros, de um circuito sejam modificados. Assim, a eletrônica de potência é utilizada para alterar os níveis de tensão e corrente com objetivo de alimentar uma determinada carga, essa alteração de parâmetros se dá por circuitos conversores de potência. [2] [5]

O uso de conversores ou inversores de potência que são compostos de elementos armazenadores de energia, tais como indutores, capacitores, dentre outros. Possuem uma ou mais chaves semicondutoras que regulam o fluxo de potência entre um circuito e outro. [4] [6]

Em termos de aplicabilidade, os conversores podem ser utilizados em sistemas fotovoltaicos, posicionando-os entre o módulo e a carga permitindo uma alimentação adequada à carga, além de fazer com que o módulo fotovoltaico opere no ponto de máxima potência.

O conversor utilizado é um conversor comutador. Primeiramente, para entender o funcionamento dos conversores comutadores é necessário entender o funcionamento dos conversores lineares. No conversor linear é utilizado um transistor que atua controlando a corrente de carga. Ajustando a corrente de base do transistor é possível controlar a tensão de saída de zero à V_{cc} . Este transistor opera na sua região linear se comportando como

uma resistência variável, podendo ser simplificado ao circuito da Figura 6. [5]



Figura 6 – Circuito equivalente do conversor linear. Fonte: [Autoria própria]

Uma alternativa que se mostra mais eficiente ao conversor linear é o conversor comutador, onde o transistor funciona como um interruptor eletrônico, ora desligando, ora ligando o circuito. Nesse caso, o transistor opera na região de saturação e de corte, este conversor também recebe o nome de chopper. [5]

Os conversores podem ser do tipo Buck ou abaixadores de tensão, tipo Boost ou elevadores de tensão e tipo Buck-Boost que têm a função de abaixar e elevar os níveis de tensão.

Com a utilização de um Buck-Boost, é possível alterar o duty cycle ou ciclo de trabalho do conversor que consiste na determinação da fração de tempo em que o sistema elétrico se encontra em estado ativo ou de operação. Isso ocorre por que estes componentes elétricos operam em regime de liga-desliga, repetitivamente. [7]

O circuito básico do Buck-Boost é dado pela Figura 7

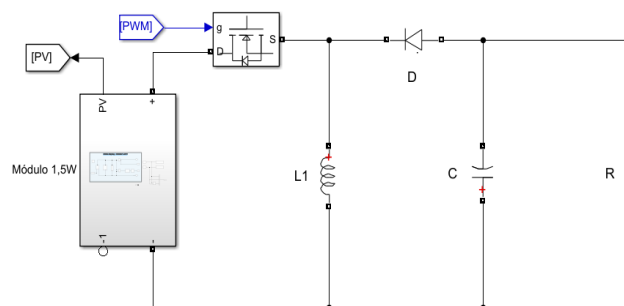


Figura 7 – Conversor Buck-Boost. Fonte: [Autoria própria]

Para que os painéis fotovoltaicos operem sempre no ponto de máxima potência é usada uma série de técnicas por meio de algoritmos de controle no conversor CC que está acoplado no painel, esta consiste de um incessante rastreamento do ponto de operação (Maximum Power Point Tracking ou MPPT). A Figura 8 consiste na curva IV de um módulo convencional.

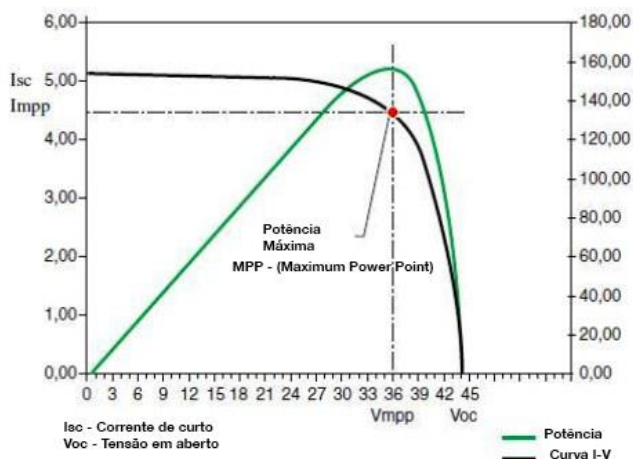


Figura 8 – Curva I-V. [8]

O objetivo é fazer com que a curva da potência coincida com a curva I-V.

Dentre os algoritmos usados, vale mencionar a técnica de tensão constante, técnica do Perturba e Observa (P&O) e a condutância incremental.

Na técnica de tensão constante o painel fotovoltaico é mantido em uma tensão de referência, esta a tensão do ponto de máxima potência. Com isto, a tensão de saída do painel é observada com base na referência, o controle se faz pela alteração do ciclo de trabalho de modo a atingir a tensão de referência. O método não é muito preciso, porém é utilizado em razão de sua simplicidade. [6]

Na técnica do Perturba e Observa, a técnica se baseia em duas iterações, na primeira os valores de tensão e corrente são lidos e a potência é calculada. Na segunda se realiza um incremento na razão cíclica, ΔD , e então a potência é novamente calculada, se ela for maior que a potência anterior conclui-se que o sistema está convergindo. Caso contrário se faz um decremento na razão cíclica. [6]

Com essa técnica deve-se escolher entre velocidade de convergência e precisão. Uma vez que se o projetista escolher um passo maior o sistema converge mais rápido porém será menos preciso. Se o passo for menor, o tempo será maior, porém mais preciso e maior qualidade no regime permanente. Conforme ilustra a Figura 9 e 10 onde V_{mp} é a tensão do ponto de máxima potência.

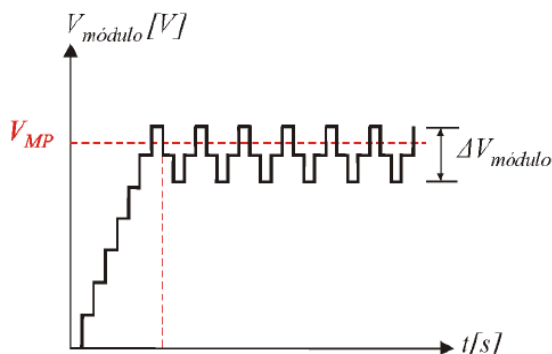


Figura 9 – Passo largo. [6]

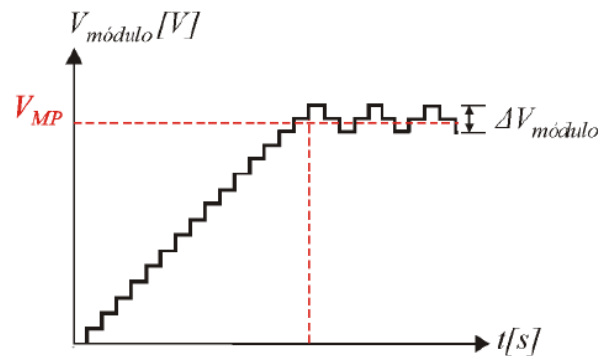


Figura 10 – Passo curto. [6]

Essa questão do passo adotado é essencial para o desempenho e resultados da simulação, uma vez que será trabalhado com um módulo que possui parâmetros bem pequenos. Se adotarmos um passo muito grande, a variação de potência pode ser muito ampla o que é indesejado.

A Figura 11 consiste em um modelo esquemático representado por diagrama de blocos o princípio de funcionamento do algoritmo P&O. Onde:

- P_{pv} – Potência gerada do painel fotovoltaico;
- d – Ciclo de trabalho;
- V_{pv} – Tensão gerada pelo painel fotovoltaico;
- I_{pv} – Corrente gerada pelo painel fotovoltaico;
- ΔD – Passo aplicado ao Ciclo de trabalho.

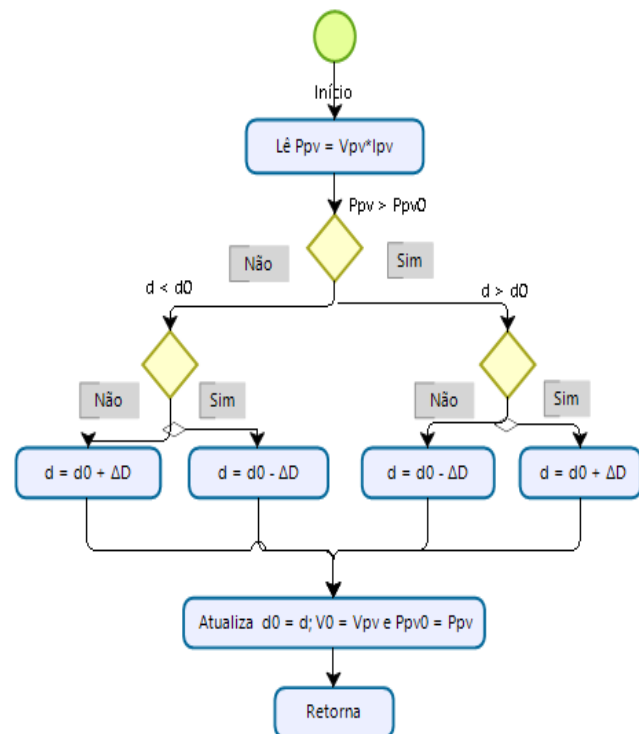


Figura 11 – Diagrama do algoritmo P&O. Fonte: [Autoria própria]

O método iterativo acima descrito passa por duas condicionais e por meio do incremento ou decremento no

valor do Ciclo de trabalho a potência varia até que atinja seu valor máximo.

Já o método de condutância incremental é o método que apresenta ótimos resultados, pois apresentam maior velocidade no rastreamento e baixa oscilação em regime permanente. [4]

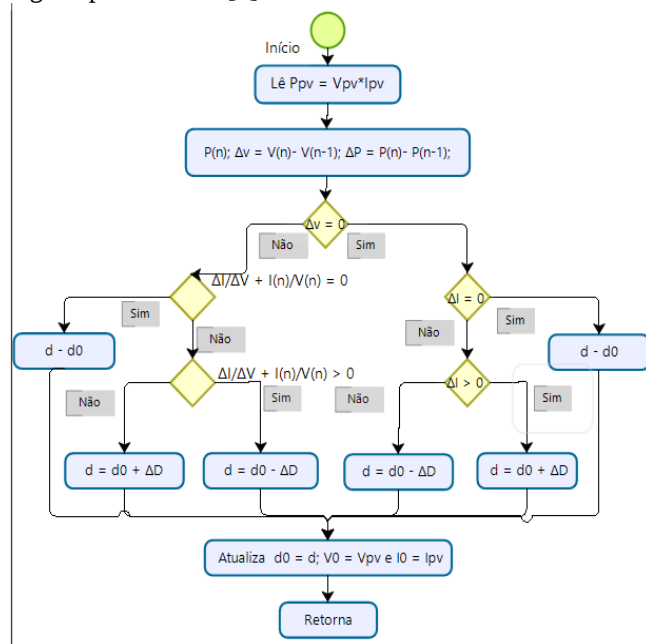


Figura 12 – Diagrama do algoritmo condutância incremental. Fonte: [Autoria própria]

O conversor estudado é um Buck-Boost que utiliza a técnica de alterar o ciclo de trabalho para aplicar o método Perturba & Observa (P&O) e dessa maneira rastrear a máxima potência possível variando a tensão e corrente evitando perdas e tornando os sistemas de geração de energia mais eficientes.

Para fabricar o conversor é necessária a determinação dos parâmetros que compõe o circuito eletrônico. Isso inclui a frequência de operação, indutor, capacitor e chaveamento. A simulação do conversor Buck-Boost permite realizar um planejamento prévio do circuito, bem como permite dar maior confiabilidade aos resultados obtidos com um eventual protótipo. Essa avaliação se dará por meio de uma análise comparativa das formas de onda geradas pelo software tendo como base nos valores obtidos.

Para plotar o gráfico da curva característica $I \times V$, é necessário conhecer a tensão de circuito aberto e de corrente de curto circuito. Além disso, é preciso variar a carga nos terminais da célula para obter a curva dentro de uma radiação constante. Fazendo o produto da tensão e da corrente, se encontra a potência, porém para que ela seja máxima é necessário traçar uma curva da potência em função da tensão, então o valor máximo se encontrará no joelho desta curva.

III. METODOLOGIA

A Seção III consiste na metodologia utilizada para modelagem e construção do protótipo para avaliação do desempenho do método de rastreamento de máxima potência um módulo comercial utilizado em sistemas fotovoltaicos conectados à rede. O método aplicado utiliza a

técnica de iterações para obter como resultado a potência extraída do sistema e com base em um levantamento dos valores de tensão e corrente atualizado o sistema realiza uma série de iterações dentro de um valor amostrado e assim potência irá convergir para seu valor máximo.

A. Características do módulo

O módulo utilizado consiste em um módulo composto por material policristalino conforme é possível observar na Figura 13.



Figura 13 – Módulo Fotovoltaico. Fonte [Autoria própria]

Para o presente artigo, o dimensionamento e simulação foram realizados considerando a utilização de um módulo cujas características são descritas na Tabela 1. Os valores abaixo foram obtidos através de testes que foram realizados para uma irradiância de 1000 W/m^2 e uma temperatura ambiente de 35°C . Esses testes foram realizados antes de dar início às medições que nesse caso foram os testes de tensão de circuito aberto e corrente de curto circuito para averiguar as condições atuais dos módulos fotovoltaicos

Tabela 1 – Dados do módulo

Potência máxima	1,5W
Tensão de Circuito Aberto (Vca)	19V
Corrente de Curto Circuito (Icc)	0,09A
Tensão de operação (Vop)	12V
Dimensões (mm)	115x85

B. Conversor

Para dimensionar os componentes do conversor será necessário fazer algumas suposições quanto ao seu funcionamento:

- O circuito opera em regime permanente
- A corrente da bobina é permanente
- A chave possui um tempo DT fechada, e o restante do tempo $(1 - D)T$ aberta.
- Os componentes são ideais.

Para determinação dos componentes é preciso entender o funcionamento do circuito em seu período ligado e desligado.

Quando a chave está fechada, a tensão na bobina é dada pela Equação 1.

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_s}{L} \quad (1)$$

O ritmo de variação de corrente na bobina é constante. No período em que o transistor está fechado, a variação de corrente pode ser dada pela Equação 2:

$$(\Delta i_L)_{fechado} = \frac{V_s DT}{L} \quad (2)$$

Já quando a chave está aberta a variação de corrente é descrita pela Equação 3:

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_o}{L} \quad (3)$$

Assim como no caso anterior, a variação de corrente é constante e, portanto:

$$(\Delta i_L)_{aberto} = \frac{V_s(1-D)T}{L} \quad (4)$$

Assim em um regime permanente, a variação de corrente deve ser nula dentro de um intervalo de tempo e pode ser descrito pelo somatório das equações 2 e 4.

$$\frac{V_s DT}{L} + \frac{V_s(1-D)T}{L} = 0 \quad (5)$$

O ciclo de trabalho, D, é o regime de trabalho do conversor e será adotado o valor de 0,4 como valor inicial. Sabendo que a tensão de operação do módulo, V_{in} , é de 12 Volts, a tensão de saída pode ser calculada pela Equação 6.

$$V_{out} = V_{in} * \frac{1-D}{D} = 12 * \frac{1-0,4}{0,4} = 18 V \quad (6)$$

Primeiramente, será necessário definir a frequência de operação para calcular os demais componentes do circuito. Essa frequência tem que ser suficientemente grande para que seja possível obter valores comerciais dos dispositivos, proporcionando maior facilidade na aquisição de determinados equipamentos. Ou ainda, para que seja possível a fácil fabricação dos equipamentos. Sendo assim a frequência de operação escolhida foi de 7,8125 kHz.

Dessa forma, a indutância mínima necessária para o Buck-Boost é dada pela Equação 7.

$$L_{min} = \frac{(1-D)^2 R}{2f} = \frac{(1-0,4)^2 100}{2(7812)} = 2,304 \times 10^{-3} H \quad (7)$$

Já a capacitância é obtida pelo produto ciclo de trabalho com a corrente inicial dividido pela frequência e a variação de tensão e pode ser descrita pela Equação 8.

$$C = \frac{D \cdot I_o}{f \cdot \Delta v} = \frac{0,4 \cdot 0,9}{7812,5 \cdot 12} = 3,84 \times 10^{-6} F \quad (8)$$

Para realizar o chaveamento do circuito será utilizado o mosfet IRF740 que possui um bom desempenho dentro dessa frequência de operação. Através desse componente será realizado o controle do Duty Cycle, para isso o Gate do mosfet recebe um sinal de PWM (Pulse Width Modulation) que é a largura do pulso de uma onda.

O software utilizado para realizar a simulação foi o Simulink e o algoritmo do circuito será realizado na plataforma de programação do Matlab.

O algoritmo P&O foi realizado com base no modelo esquemático da Figura 6. O esquema lógico em questão é implementado por meio de um algoritmo utilizando a linguagem C de programação, conforme observa-se na Figura 13.

Neste esquema, a variável Ppv é uma constante que é calculada com base no produto entre os valores de tensão e corrente do módulo. As variáveis Ppv0 e d0 por sua vez passam por um delay e estas consistem nos valores anteriores que serviram de base comparativa para determinar se será necessário incrementar ou decrementar o valor do Ciclo de trabalho.

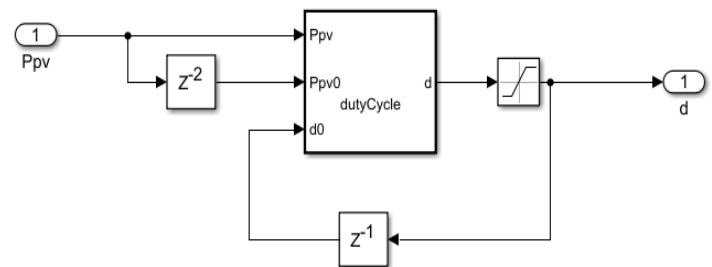


Figura 13 – Malha do algoritmo. Fonte: [Autoria própria]

Primeiramente, foi realizada a modelagem do módulo fotovoltaico para uma irradiação de 1000 W/m² e temperatura de 35 °C com uma carga de 10 Ω.

Em seguida, foi realizada uma estimativa dos valores ideais de corrente e tensão de operação do painel considerando um sistema sem perdas. Os resultados gerados são observados na Figura 14 e na Tabela 2.

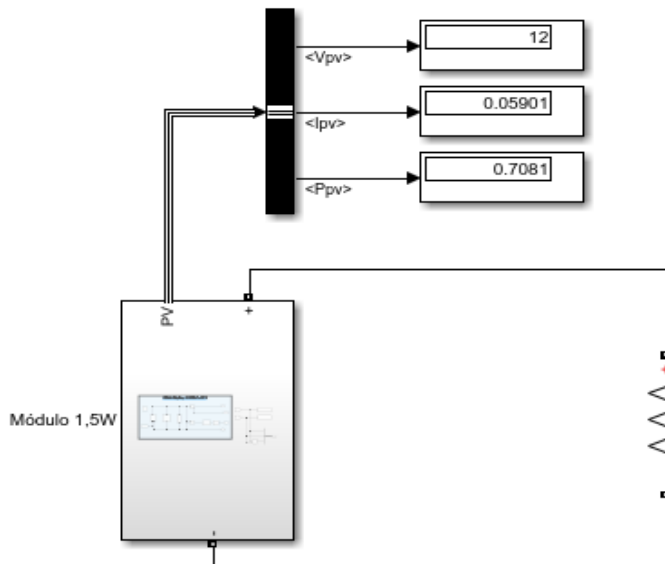


Figura 14 – Módulo operando em condições ideais. Fonte: [Autoria própria]

Tabela 2 – Parâmetros do módulo	
Parâmetros do módulo	
Tensão no módulo (V)	12
Corrente no módulo (A)	0,05901
Potência no módulo (w)	0,7081

Então foi inserido no circuito Buck-Boost um conjunto de medidores de corrente e tensão na carga e no módulo. Dessa forma, é possível observar se os resultados obtidos das iterações realizadas pelo rastreamento do algoritmo foram satisfatórios, ou seja, se a modificação do ciclo de trabalho levou o módulo a operar próximo de suas condições ideais.

Os valores adotados para o indutor e capacitor foram um pouco acima do mínimo estabelecido segundo os cálculos. Além disso, foi adicionado um capacitor em paralelo com o módulo para minimizar o impacto do chaveamento no módulo. A ligação do conversor Buck-Boost é dado pela Figura 15.

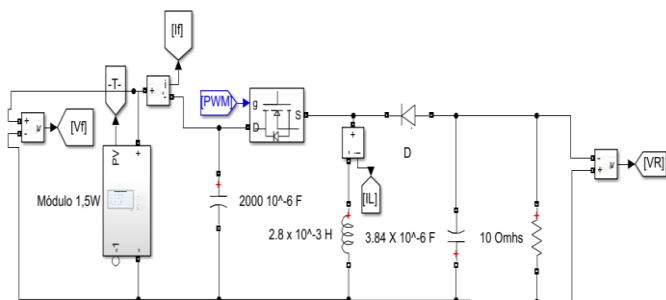


Figura 15 – Conversor Buck-Boost simulação. Fonte: [Autoria própria]

O diodo inserido no circuito tem como finalidade evitar a circulação de corrente em direção ao mosfet para prevenir o dispositivo contra eventual falha.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O tempo estimado de simulação foi de $T = 1$ s (segundo). O incremento para cada iteração foi definido como $\Delta D = 1 \times 10^{-6}$. E o erro tolerável escolhido foi de $e = 0.05$. O valor do erro é pequeno, porém isso se deve aos valores pequenos coletados na simulação. Os valores obtidos após o período de tempo são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Medidas obtidas do conversor	
Medidas do módulo	
Tensão no módulo (V)	11.03
Corrente no módulo (A)	0.06073
Potência no módulo (W)	0.6693
Ciclo de trabalho	0.4095

Em seguida, com base na variação de corrente e tensão do módulo até o momento que houve a estabilização foi possível plotar uma série de curvas comparando os resultados da simulação do conversor com o esperado ao longo do período de tempo, utilizando o bloco Scope, para assim observar o seu comportamento. Os dados da simulação foram extraídos e plotados no Excel para a amostra na qual o sistema apresentou estabilidade.

A corrente gerada pelo módulo em condições ideais (azul) e em simulação com conversor (vermelho) é mostrada na Figura 16.

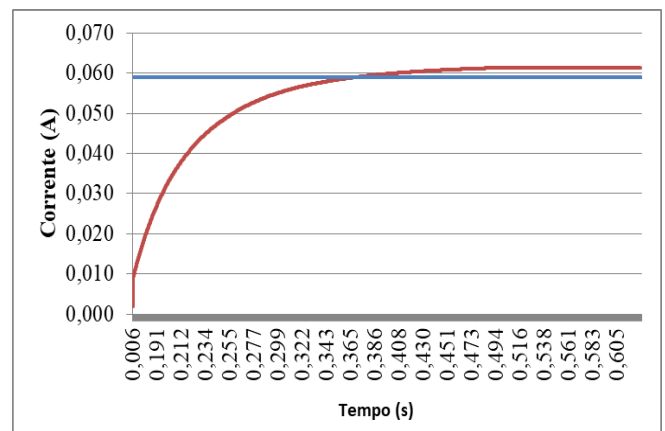


Figura 16 – Curva da corrente. Fonte: [Autoria própria]

Enquanto a corrente de MPPT é $I_c = 0.05901$ A, a corrente da simulação do conversor é de $I_f = 0.06073$ A. O que resulta em um erro absoluto e percentual dado pela Equação 9 e Equação 10

$$E_{abs} = (I_{mppt} - I_f) = 0.05901 - 0.06073 = 0.00172 \quad (9)$$

$$E_{(\%)} = \frac{(I_{mppt} - I_f) \cdot 100}{I_{mppt}} = \frac{(0.05901 - 0.06073) \cdot 100}{0.05901} = 2.91\% \quad (10)$$

De maneira análoga, com relação a tensão do módulo, a curva da Figura 17 mostra o comportamento da tensão ao longo do tempo.

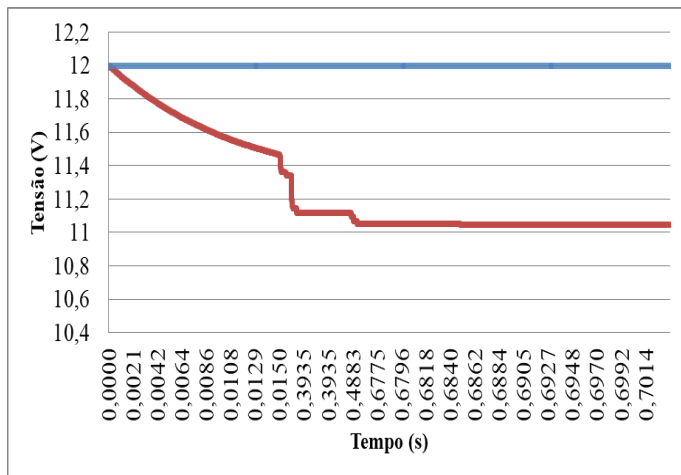


Figura 17 – Curva da Tensão. Fonte: [Autoria própria]

Como resultado, a Tensão de MPPT esperada (linha azul) é de $V_c = 12$ Volts, enquanto a tensão da simulação do conversor é $V_f = 11,03$ Volts. Os erros são exibidos pela Equação 11 e Equação 12.

$$E_{abs} = (V_{mppt} - V_f) = 12 - 11,03 = 0,97 \quad (11)$$

$$E_{(\%)} = \frac{(V_{mppt} - V_c) * 100}{V_{mppt}} = \frac{(12 - 11,03) * 100}{12} = 8\% \quad (12)$$

Realizando o produto da tensão e corrente obtida é possível calcular a potência do sistema. A máxima potência é representada pela linha azul e a potência gerada pelo conversor pela linha vermelha.

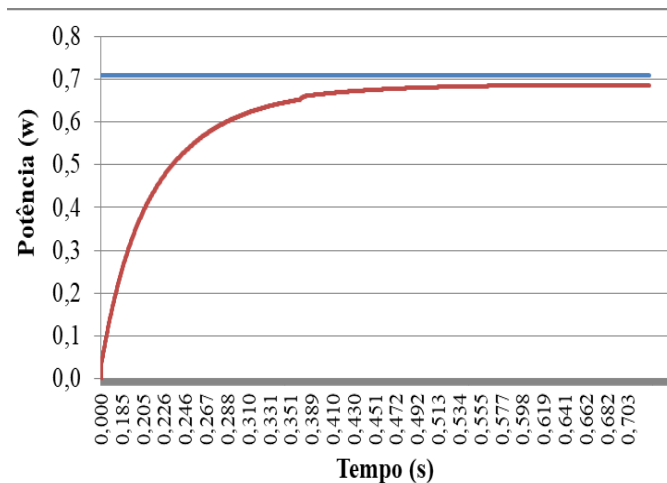


Figura 18 – Potência gerada pela simulação. Fonte: [Autoria própria]

Conforme é possível observar no gráfico acima, a potência gerada pelo conversor é bem próxima da máxima potência. Dessa forma o erro intrínseco da potência gerada é mostrada na Equação 13 e Equação 14.

$$E_{abs} = (P_{mppt} - P_f) = 0,7081 - 0,669 = 0,031 \quad (13)$$

$$E_{(\%)} = \frac{(P_{mppt} - P_f) * 100}{P_{mppt}} = \frac{(0,7081 - 0,669) * 100}{0,7081} = 5,2\% \quad (14)$$

A tabela 4 consiste em um resumo dos resultados obtidos.

Tabela 4 – Medidas obtidas do conversor

-	Resultados	Erro (%)
Corrente no módulo (A)	0,06073	2,91%
Tensão no módulo (V)	11,03	8%
Potência no módulo (w)	0,6693	5,2%

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho de conclusão de Curso, foi apresentado, o desenvolvimento e simulação de um estudo que envolve a área de eletrônica de potência e energias renováveis utilizando um conversor de potência CC-CC Buck-Boost, aplicado ao método de rastreamento de máxima potência usando o perturba e observa.

Através do mecanismo de chaveamento foi possível programar o circuito para que o mesmo opere conforme seja mais eficiente. Desta forma, estudo desse caráter tem como finalidade promover a melhoria dos equipamentos, evitando o desperdício de energia e desgaste do próprio material, para que assim essa tecnologia seja mais difundida e viabilizada.

Tendo em vista que o objetivo do presente artigo seria rastrear o ponto de máxima potência do conversor, observou-se que os parâmetros da simulação estão bem próximos das expectativas. Dessa forma, os resultados obtidos foram satisfatórios, tendo em vista que o sistema alcançou estabilidade e as variações de tensão e corrente estão foram pequenas.

Como sugestões para futuros artigos sugere-se a criação do protótipo do conversor Buck-Boost para que dessa forma seja possível obter as curvas resultantes aqui apresentadas, submetendo-o a condições reais. Dessa forma, é possível estudar com maior riqueza de detalhes as variações de irradiância, temperatura, sombreamento.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a minha mãe e irmãs por todo suporte. Assim como, ao orientador desse artigo, o Profº. Herick Talles Queiroz Lemos e aos meus colegas de curso.

REFERENCIAS

- [1] Empresa de Pesquisa Energética. Balanço energético nacional 2018, 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018> Acesso em: 03/01/2020
- [2] VIEIRA, R.G. Análise comparativa do desempenho entre um painel solar estático e com rastreamento no município de Mossoró-RN. Mossoró/RN, 2014.
- [3] PEREIRA, F. A. de Sousa. Curso técnico de instalador de energia solar fotovoltaica. 2ª ed. Porto, 2015.
- [4] GRUNDEMANN, Wagner Turchielo. MPPT Perturba e Observa aplicado ao conversor boost. Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2017
- [5] HART, Daniel W. Electrónica de potencia. Prentice Hall. Valparaiso university, Indiana, pp. 201 – 254, 2001.
- [6] COELHO, R. F. et al. Estudo dos conversores buck e boost aplicados ao rastreamento de máxima potência de sistemas solares fotovoltaicos. Florianópolis, SC, pp. 2008.
- [7] BARBI, Ivo. Eletrônica de potência. Florianópolis, SC, pp. 179-318, 2000.
- [8] Solar Brasil. Componentes do sistema de energia solar fotovoltaico – módulo solar fotovoltaico. Disponível em: <https://www.solarbrasil.com.br/blog/componentes-do-sistema-de-energia-solar-fotovoltaico-modulo-solar-fotovoltaico/> Acesso em: 06/01/2020