



MODELOS DE PREVISÃO PARA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: UMA ANÁLISE COMPARATIVA

MOREIRA, L.L.A.¹; VASCONCELOS, L.A.²; FREITAS, I.S.O.²

¹Discente do curso superior em Engenharia Elétrica IFNMG – Campus Montes Claros; ²Docente do IFNMG – Campus Montes Claros.

Introdução

No contexto atual e global de energia, é evidente o avanço em energias limpas e renováveis. A energia solar fotovoltaica, em particular, encontra-se em um vertiginoso avanço, dados da ABSOLAR até abril de 2023 mostram um aumento significativo na geração fotovoltaica ao longo da última década no Brasil, isso remete às suas condições geográficas favoráveis e fomentos para implementação, com isso, sendo justificado o estudo e pesquisa neste setor a fim de otimizá-lo. Diferentes modelos estão dispostos na literatura, sendo que, para este estudo duas modelagens específicas serão analisadas. O primeiro é denominado por modelo PESRC, proposto por Kroposki *et al.* (1995), que apresenta uma formulação mais simplificada. O segundo por sua vez é o modelo de circuito ideal proposto por Saloux *et al.* (2011), sendo este de formulação mais elaborada do ponto de vista técnico.

O presente resumo tem por objetivo comparar modelos de previsão de geração fotovoltaica com base em dados técnicos e climáticos para estimar o potencial elétrico. A análise irá verificar a distinção de um modelo mais primitivo e de equacionamento simples com um modelo mais elaborado, amplamente difundido na atual literatura e de equacionamento amplo.

Material e Métodos

Modelagem matemática

Para a análise e construção dos modelos de previsão é adotada a modelagem matemática. Um modelo matemático é uma representação de um processo e normalmente assume a forma de um conjunto de equações que irão descrever uma série de variáveis (FOWLER *et al.*, 1997). Com isso, aqui é adotada a modelagem matemática para trabalhar no processo de previsão de energia solar fotovoltaica.

Modelo PESRC

O modelo PESRC, do inglês *Power and Energy at Standard Reporting Conditions*, tem sua formulação inicialmente proposta por Kroposki *et al.* (1995). O autor considera que a potência gerada por um módulo fotovoltaico é dada por uma função que varia linearmente com a razão da irradiância incidente pela irradiância de referência nas condições STC, do inglês *Standard Test Conditions*. Com isso, em seu modelo são levados em conta apenas os parâmetros de: irradiância em condições STC, potência máxima de saída do módulo fotovoltaico em condições STC e a irradiância que incide sobre o módulo.

Modelo de circuito ideal

Na literatura, o modelo clássico e ideal para representar um arranjo fotovoltaico elementar é aquele representado por um circuito equivalente, composto por um diodo, conforme Figura 1. Devido seu equacionamento complexo via **Lei de Kirchoff**, Saloux *et al.* (2011) propuseram uma série de equacionamentos desprezando os efeitos da resistência série e paralelo. (ALEXANDER; SADIKU, 2013, p. 34, grifo nosso). Portanto, nessa modelagem são levados em conta além dos itens do modelo



já citado, os parâmetros de temperatura do ar e da célula, *in loco* e STC, coeficientes α e β , tensão e corrente no ponto de máxima potência e tensão de circuito aberto e corrente de curto-circuito.

Simulação

Para obtenção dos resultados, os modelos foram implementados na linguagem de programação Python, versão 3.11.3 (2023) e editados na ferramenta de código aberto da Microsoft, o Visual Studio Code (VS Code). Dada a natureza das equações e modelos matemáticos, os algoritmos são alimentados com séries temporais de irradiância e temperatura do ar para local e dias específicos, além de todos os parâmetros técnicos já citados. Os resultados de potência dos módulos são arranjados e corrigidos em função da curva de eficiência do inversor utilizado e então é obtida a potência de saída em corrente alternada, CA. As condições climáticas escolhidas para simulação foram de um dia parcialmente nublado no verão e um dia limpo de inverno.

Resultados e Discussão

Os resultados sob as condições climáticas impostas revelam o desempenho dos modelos de geração fotovoltaica. A Figura 2 mostra claramente que o modelo PESRC superestima a geração devido à sua simplicidade, pois depende principalmente da irradiância incidente, tornando sua curva de geração semelhante à curva de irradiância. Em contraste, o modelo de circuito ideal produz uma curva mais discreta devido à inclusão de parâmetros adicionais, como os coeficientes α e β . Esses coeficientes refletem pequenos aumentos na corrente e substanciais quedas de tensão com o aumento da temperatura do local. Na Figura 3, observamos diferenças superiores a 150W entre os modelos em certos momentos, mas essa discrepância diminui durante os períodos de baixa geração.

Considerações finais

A presente análise permitiu verificar como dois modelos distintos em termos de arranjo e robustez matemática se comportam quando são submetidos a condições equivalentes. É verificada a importância de se levar em conta mais parâmetros para que os resultados se distanciem daquilo que seria um cenário ideal e remetendo a capacidade real de geração de um determinado local com suas condições específicas de clima e sazonalidade mediante variáveis técnicas de módulos e inversores.

Agradecimentos

Ao IFNMG pelo suporte técnico prestado e à FAPEMIG e CNPq pelo suporte financeiro enquanto bolsista PIBIC.

Referências

- ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Infográficos**. São Paulo – SP: ABSOLAR, 2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 20 set. 2023.
- ALEXANDER, C. K.; SADIKU, M. N. O. **Fundamentos de Circuitos Elétricos**. Tradução: José Lucimar do Nascimento 5. ed. Porto Alegre: AMGH Editora, 2013.
- FOWLER, A. C.; CRIGHTON, D. G.; ABLOWITZ, M. J. **Mathematical Models in the Applied Sciences**.: Cambridge University Press, 1997.
- KROPOSKI, B. et al. A comparison of photovoltaic module performance evaluation methodologies for energy ratings. **1st World Conference on Photovoltaic Energy Conversion - WCPEC**. Waikoloa, HI, USA, v. 1, p. 858-862, 1994.
- SALOUX, E.; TEYSSEDOU, A.; SORIN, M. Explicit model of photovoltaic panels to determine voltages and currents at the maximum power point. **Solar Energy - SOLAR ENERG**, v. 85, p. 713-722, May 2011.

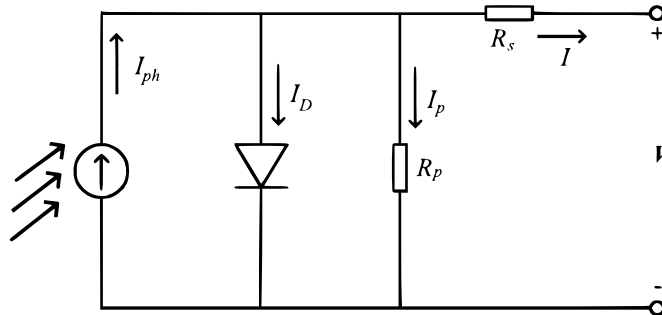


Figura 1. Circuito ideal. Acervo pessoal (2023).

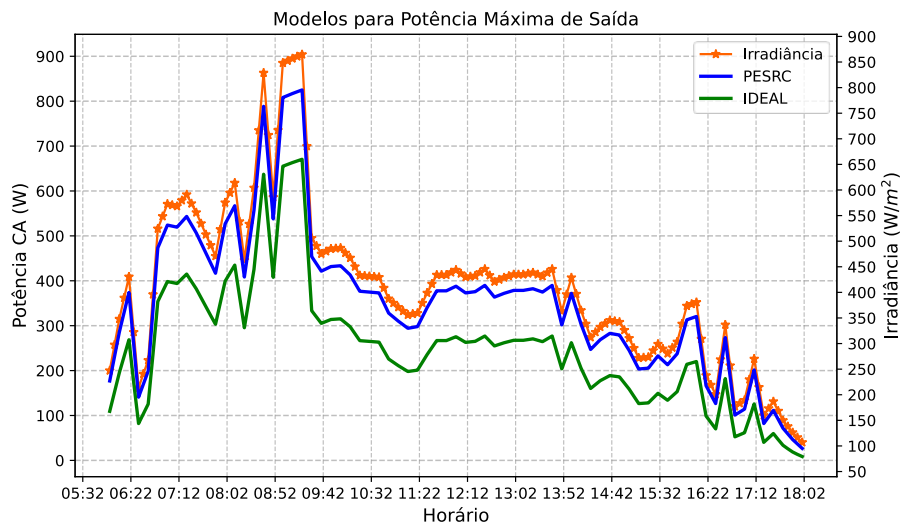


Figura 2. Geração em dia parcialmente nublado. Acervo pessoal (2023).

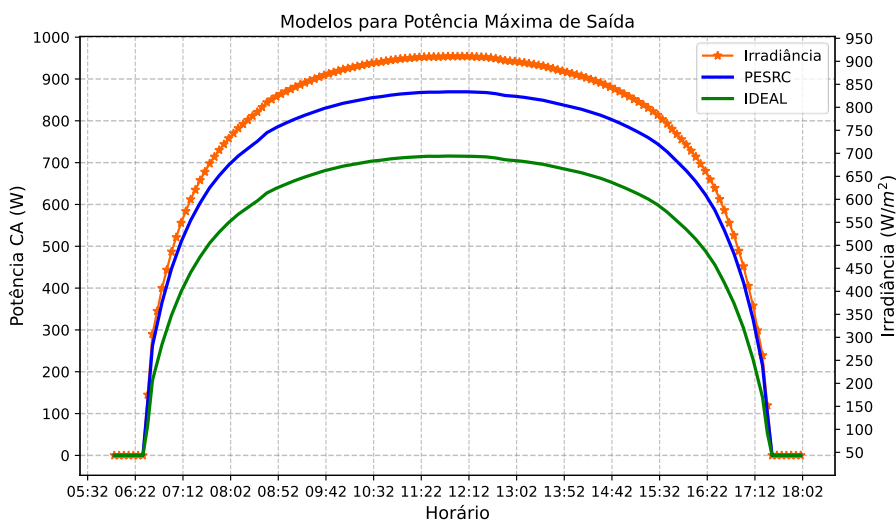


Figura 3. Geração em dia limpo. Acervo pessoal (2023).