

SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÔNOMO INTELIGENTE EM ÁREAS RURAIS PARA FAMÍLIAS DE BAIXA RENDA

*INTELLIGENT AUTONOMOUS PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN RURAL AREAS FOR LOW-
INCOME FAMILIES*

Altair Antunes Moreira¹
Eduardo Bueno²
Antônio Pedro Tessaro³

RESUMO

A humanidade tem evoluído diariamente e esta evolução está totalmente ligada ao desenvolvimento de algumas tecnologias e a produção de bens de consumo. Dentre tantas, tem-se as que estão relacionadas na obtenção de energia elétrica. Entre estas podem ser citadas a queima de combustíveis fósseis ou também através de usinas Hidrelétricas, porém essas formas degradam o meio ambiente, com uma velocidade e escala superior ao que a natureza suporta. Para que essas situações sejam minimizadas faz-se necessário a utilização de métodos novos, os quais são capazes de obter energia de forma limpa, sem prejudicar a natureza. Neste trabalho pretende-se apresentar o desenvolvimento de um projeto de sistema de geração solar fotovoltaica, direcionado para implantar no meio rural para famílias de baixa renda. Os resultados obtidos com o desenvolvimento deste trabalho foram atingidos com êxito, pois busca proporcionar melhor qualidade de vida para estas famílias que atualmente não tem acesso a energia elétrica. Além de oportunizar o desenvolvimento destas famílias através de maior interação social e acesso de informação.

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). Email: altairlider@hotmail.com

² Engenheiro Eletricista pela Universidade Católica de Pelotas (UCPEL). Especialista em Computação aplicado a Indústria pela (UCPEL). Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Docente do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UNIARP. Email: bueno@uniarp.edu.br

³ Engenheiro Eletricista pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Especialista em Segurança do Trabalho pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Energias Renováveis pela UBRA. Docente do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UNIARP. Email: tessarocdr@gmail.com

Palavras-Chave: Energia Solar; Energia Fotovoltaica; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Humanity has evolved daily and this evolution is totally linked to the development of some technologies and the production of consumer goods. Among many, most can be used to obtain electricity. These include the burning of fossil fuels or also through hydroelectric plants, but these forms degrade the environment, with a speed and scale that exceeds nature. For these situations to be minimized it is necessary to use new methods, which are able to obtain energy cleanly, without harming nature. This work intends to develop the project of a photovoltaic solar generation system and to implement the system for the use of solar photovoltaic energy in rural environments for low income families. The results obtained with the development of this work were successfully achieved to meet low income families seeking a better quality of life for these families that currently do not have access to electric energy. In addition to providing access to electricity also gave the opportunity for a better development of these families in society and greater social interaction and information.

Keywords: Solar Energy; Photovoltaics; Sustainability.

INTRODUÇÃO

Segundo a EPE [1], pode-se evidenciar mundialmente uma grande expansão dos sistemas fotovoltaicos no decorrer dos últimos anos. A vista disso, considerando que a energia solar fotovoltaica é uma energia alternativa e renovável [2] e que possui fonte de incentivo junto a instituições financeiras privadas, como linhas de financiamento em cooperativas de crédito.

Diante destes fatos explanados, surgiu a motivação da realização deste trabalho de pesquisa, definindo-se como problema a ser pesquisado: Como desenvolver um projeto de baixo custo de sistema de geração solar fotovoltaico para atender famílias de baixa renda, que residam em áreas rurais não atendidas pelas concessionárias de energia?

Segundo dados da IEA [3], os sistemas residenciais e comerciais devem responder, em 2020, por aproximadamente 60% da geração fotovoltaica, enquanto as centrais fotovoltaicas representariam 30% do total, restando 10% em sistemas isolados. Tais estimativas refletem um crescimento gradual na

atratividade econômica dos sistemas de pequeno porte ao longo desta década, que devem observar uma queda nos custos de aproximadamente 50% entre 2010 e 2020.

Hoje os custos de um sistema residencial de geração fotovoltaica autônomo são compostos por valores em torno de 20% do valor do projeto, que correspondem à placa solar, em 10% equivalente ao sistema de armazenamento em baterias e 70% em sistema de eletrônico de potência que corresponde a conversão e gerenciamento. Devido a isso, esse trabalho pretende desenvolver um sistema cujo foco de redução de custos aplica-se ao mínimo consumo e máxima produção de energia.

Neste contexto, para atingir a meta deste trabalho, determinou-se que o consumo de energia será somente para atender demandas elegíveis como prioritárias à qualidade de vida dos usuários, o que impacta diretamente no custo da geração e armazenamento de energia. Em outra frente de trabalho o foco está na redução de custos em equipamentos de gerenciamento, e para isto dimensiona-se estes com a menor potência possível ao atendimento do sistema.

MATERIAIS E MÉTODOS

De acordo com a necessidade do projeto, foram definidos os métodos de desenvolvimento e materiais utilizados no mesmo. Para se atingir o objetivos do projeto foram seguidas as etapas para o seu desenvolvimento, conforme apresentado abaixo:

- a) Analisar o consumo médio mensal de energia elétrica em uma residência urbana com perfil semelhante a uma residência em área rural não conectada a rede elétrica;
- b) Obter o índice de irradiação solar através de bancos de dados existente;
- c) Calcular a carga total necessária para o atendimento a residência;
- d) Dimensionar o sistema fotovoltaico necessário de acordo com a capacidade total instalada.

A topologia do projeto foi definida em modelos amplamente utilizados e com isso pode-se ter um entendimento mais a fundo do conceito do sistema. Com

base em folhas de dados obtidas dos fabricantes dos equipamentos a serem utilizados no projeto, os mesmos foram dimensionados buscando a melhor eficiência no desempenho de suas funções com o menor custo para aquisição.

Foi elaborado um diagrama de blocos representando o sistema proposto (Figura 1).

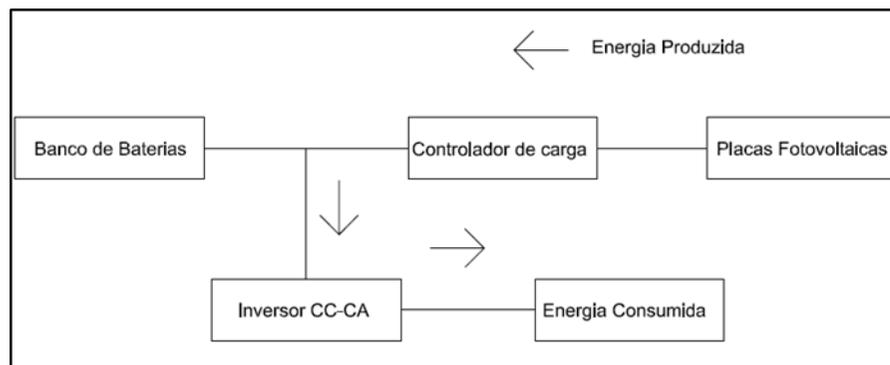


Figura 1. Diagrama de blocos do croqui sistema fotovoltaico isolado

De acordo com Carneiro [4], inicialmente deve-se determinar a energia elétrica diária consumida pelo conjunto de equipamentos que serão alimentados pelo sistema a partir do levantamento de cargas instaladas.

Levantamento de cargas:

Aparelhos	Potência (W)	Tempo de Utilização Diária (h)	Dias de Uso no Mês	Consumo diário (Wh/dia)	Consumo mensal (Wh)
Geladeira	80	10	30	800	24000
TV led 32"	40	5	30	200	6000
Lâmpada Led	9	5	30	45	1350
Notebook	10	4	30	40	1200
Bomba água	300	1	30	300	9000
Total	439			1385	41550

De acordo com o a tabela acima, a potência total dos aparelhos é de 419 Watts e o consumo total diário é de 1365 Watt hora/dia.

Com o objetivo de maximizar o aproveitamento dos recursos fornecidos pelo sistema, optou-se por realizar um escalonamento no consumo em períodos diurno, noturno até a madrugada e noturno após a madrugada.

Período Diurno					
Aparelhos	Potência (W)	Tempo de Utilização Diária (h)	Dias de Uso no Mês	Consumo Período (Wh/dia)	Consumo mensal (Wh)
Geladeira	80	7	30	560	16800
TV led 32"	40	2	30	80	2400
Lâmpada Led	9	1	30	9	270
Notebook	10	2	30	20	600
Total	139			669	20070

Período Noturno - 18:00 hs - 24:00 hs					
Aparelhos	Potência (W)	Tempo de Utilização Diária (h)	Dias de Uso no Mês	Consumo Período (Wh/dia)	Consumo mensal (Wh)
Geladeira	80	3	30	240	7200
TV led 32"	40	3	30	120	3600
Lâmpada Led	9	4	30	36	1080
Notebook	10	2	30	20	600
Total	139			416	12480

Período Noturno - 00:00 hs - 06:00 hs					
Aparelhos	Potência (W)	Tempo de Utilização Diária (h)	Dias de Uso no Mês	Consumo Período (Wh/dia)	Consumo mensal (Wh)
Bomba água	300	1	30	300	9000
Total	300			300	9000

Para determinar a carga necessária a ser armazenada pelo banco de baterias a ser fornecida ao sistema foi utilizado a equação (1).

$$E_c = 1385 \text{ wh/dia} \quad (1)$$

O banco de baterias deverá ter a capacidade de suprir 1,3 dias ininterruptos de consumo com uma taxa máxima de descarga de 50%.

$$EA = 1385 \text{ Wh} \times 1,3 \text{ dias} = 1800,5 \text{ Wh}$$

$$C_{\text{banco}} = 1800,5 / (36) * 0,5 = 100 \text{ Ah}$$

$$N_{\text{bs}} = 36 / 12 = 3$$

O banco de bateria deverá ter a tensão de 36 V. Para isso deverá ser ligadas três baterias estacionárias de 12 V de 100 Ah em série.

O índice de irradiação solar diária, média anual, foi definido em 4500 [kWh/m²/dia] a partir de dados obtidos no Mapa Solarimétrico Brasileiro. Para compensar a diminuição da irradiação solar diária nos meses de inverno será utilizado um sistema de rastreamento solar para posicionamento automático de painéis fotovoltaicos, o que segundo Alves 2010 fornece um acréscimo de até 50% na energia produzida pelo sistema.

Para calcular a quantidade de painéis solares necessários para o sistema foi utilizado à equação (2).

$$E_p = E_s \times A_m \times n$$

(2)

$$E_p = 4500 \times 1954 \times 982 \times 16,68 = 1440,02 \text{ Wh/dia}$$

Onde:

E_p: Energia produzida pelo módulo diariamente;

E_s: Insolação diária (Wh/m²/dia);

A_m: Área da superfície do módulo;

n: Eficiência do módulo

Para determinar o número de painéis necessários foi utilizada a equação (3).

$$N_p = E_c / E_p = 1385 / 1440,02 = 0,95 \quad N_p = 1 \text{ Painei}$$

(3)

Onde:

P_t: Potência total gerada;

N_p: Numero de painéis;

ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Com base nos cálculos efetuados através das equações apresentadas nos itens 2 e 3 foram dimensionados e especificados os equipamentos que compõe o sistema:

Um painel solar de 360 W, controlador de carga e o inversor CC-CA com potência suficientes para alimentar uma carga de 300 Watts referentes a maior potência de consumo em um período, e o conjunto de baterias estacionárias.

CONCEITO DE FUNCIONAMENTO

O conceito do projeto foi definido com base no estudo da otimização da demanda de carga para o dimensionamento dos equipamentos de geração e armazenamento, no caso o painel solar e o banco de baterias, e o escalonamento da carga em períodos de consumo com o objetivo de atendimento com o mínimo de investimento em sistemas de controle.

O painel fotovoltaico é conectado ao controlador de carga com rastreamento de máximo ponto de potência, que gerencia o desempenho do sistema e controla o carregamento do banco de baterias, as quais são conectadas em série e assim conectadas ao inversor CC-CA.

Então o inversor converte a energia elétrica de corrente contínua em 36 V oriunda do banco de baterias em corrente alternada em 220 V e fornece esta energia elétrica para o atendimento a demanda da residência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente projeto foi desenvolvido levando em consideração dados do Atlas Solarimétrico Brasileiro.

A primeira etapa até aqui desenvolvida foi focada no dimensionamento dos sistema de geração e armazenamento de energia elétrica, composto pelo painel solar e no dimensionamento e banco de baterias. A partir destes resultados foi definida a tensão do sistema que vai alimentar o inversor CC/CA, que efetuará a inversão da tensão 36Vcc para 220Vc.

A definição da topologia do sistema utilizado é o sistema off-grid, ou sistema isolado (autônomos) que são sistemas que se destinam apenas ao consumo de determinadas cargas autônomas, neste caso uma residência.

Após a conclusão da etapa de dimensionamento do sistema proposto, foi montado um protótipo para verificar o funcionamento do sistema projetado,

conforme Figura 01 a seguir:



Figura 01: Protótipo do Sistema off-grid

Fonte: O autor

CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo geral o projeto de sistema fotovoltaico autônomo de baixo custo para atendimento em áreas rurais, visando proporcionar qualidade de vida a famílias de baixa renda. Após estudos relacionados ao tema, foram definidos topologia e conceito de desenvolvimento do projeto de geração solar de energia elétrica.

Diante do exposto, foram apresentados e analisados os resultados obtidos desta primeira etapa do projeto, considerando os resultados satisfatórios, pretende-se para continuidade do projeto a implantação do projeto para atendimento a uma residência da área rural.

Também através de pesquisas realizadas no mercado, verificou-se que o grande empecilho da implantação de sistema de geração de energia solar fotovoltaica atualmente é o alto custo dos equipamentos de eletrônica de potência, responsáveis pelo controle e conversão da energia gerada. Como

sugestão de trabalhos futuros verificamos a oportunidade para o desenvolvimento de sistemas eletrônicos de baixo custo para atendimento a projetos de geração fotovoltaica de pequeno porte.

Conclui-se que o objetivo do projeto proposto foi concluído através de um protótipo implementado com a geração de energia elétrica suficiente para o atendimento da carga prevista a um custo reduzido em relação aos valores praticados no mercado.

REFERÊNCIAS

[1] EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. SÉRIE RECURSOS ENERGÉTICOS. Nota Técnica DEA 19/14. Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos. Ministério de Minas e Energia, Governo Federal do Brasil. Rio de Janeiro. Outubro, 2014.

[2] GRAUN-GRABOLLE, PRISCILA. A integração de sistemas solares fotovoltaicos em larga escala no sistema elétrico de distribuição urbana. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

[3] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY [IEA]. Technology Roadmap : Solar photovoltaic energy. Organization for Economic Cooperation & Development, Paris, 2014. Disponível em: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapSolarPhotovoltaicEnergy_2014edition.pdf, acesso em 12 Junho 2016.

[4] CARNEIRO, JOAQUIN. Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos. Artigo – Universidade do Minho, Portugal. Disponível em: < <http://www.portal-energia.com/downloads/dimensionamento-sistemas-fotovoltaicos.pdf>>. Acesso em: 02 Junho 2016.

[5] ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ENERGIA ELÉTRICA 2015. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/Documents/Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015.xls](http://www.epe.gov.br/Documents/Anuário%20Estatístico%20de%20Energia%20Elétrica%202015.xls)>. Acesso em 20 Maio 2016.

[6] Centro de Referência para energia solar e eólica Sergio Brito – CRESESB. Disponível em: < <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>>. Acesso em 30 Maio 2016.