UMA PERSPECTIVA SOBRE O USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM ÁREAS RURAIS BRASILEIRAS

Marcus V. Contes Calça[1], Karina Burgos Anacleto[2], Matheus Rodrigues Raniero[3], José Rafael Franco[4], Alexandre Dal Pai[5], Fernando de Lima Caneppele[6]
[1]Doutorando em Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Botucatu.
E-mail: mcontes@outlook.com.
[2]Graduada em Direito, Faculdade Marechal Rondon - FMR, São Manuel.
[3]Mestrando em Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Botucatu.
[4]Mestrando em Irrigação e Drenagem, Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Botucatu.
[5]Professor Doutor, Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Botucatu.
[6]Professor Doutor, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - USP, Pirassununga.

RESUMO

Em razão da necessidade de se estender o fornecimento de eletricidade em áreas rurais geograficamente isoladas, governos tem incentivado, através de políticas públicas, o uso de fontes alternativas para a produção de energia elétrica. O objetivo deste estudo é transmitir uma visão genérica das diferentes formas de aplicação da energia solar fotovoltaica em áreas rurais brasileiras nos últimos dez anos (2009 a 2019). O conteúdo foi desenvolvido por meio de uma revisão de literatura narrativa, de onde obteve-se artigos científicos e livros selecionados a partir de um conjunto de critérios básicos de pesquisa. Foi constatado que a energia solar fotovoltaica tem sido utilizada para o bombeamento de água com foco no abastecimento da pecuária de corte e na agricultura de precisão (irrigação), além da eletrificação rural, tema de amplo destaque no Brasil. Tratando-se da eletrificação de comunidades e residências rurais notou-se que os incentivos do governo tiveram bastante influência na adoção da energia solar como fonte de energia elétrica, permitindo a geração de eletricidade diretamente no local de interesse.

Palavras-chave: Energia Solar Rural. Energia Solar Térmica. Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Fontes energéticas alternativas (solar, eólica, biomassa e biogás) vem se destacando na atualidade, pois causam menos impactos ambientais, uma vez que são derivadas de recursos naturais. Em contrapartida, necessitam da utilização de tecnologias estritamente difundidas para viabilizar sua aplicação, uma vez que são escassamente usadas em comparação com as fontes convencionais (água, carvão mineral e nuclear).

A energia proveniente do sol é considerada uma fonte alternativa para a geração de energia elétrica. É uma fonte energética que está em constante evolução desde os anos 1980, quando o crescimento populacional mundial começou a superar a expansão das redes elétricas convencionais (CHAURAY; KANDPAL, 2010). Seu potencial energético é consequência da radiação solar, oriunda das reações de fusão nuclear dos átomos de Hidrogênio para formar o Hélio (PEREIRA et al., 2017). Esse potencial pode ser diretamente convertido em energia elétrica, a partir dos efeitos termoelétricos e fotovoltaicos sobre determinados materiais (ANEEL, 2005).

Organizações governamentais em todo o mundo tem incentivado o uso da energia solar como forma de suprir necessidades básicas em comunidades rurais distantes dos grandes centros urbanos. Pois apresenta baixo custo, alta disponibilidade e grande potencial em algumas regiões do planeta (CHAURAY; KANDPAL, 2010). Estudos recentes do Ministério de Minas e Energia tem apontado que o setor agropecuário é um dos que concentram os maiores aumentos no consumo de energia elétrica no Brasil (EPE, 2018). Possibilitando utilizar a eletricidade para o:

(a) Bombeamento de água;

(b) Moagem, debulha e outras atividades do gênero;

(c) Controle térmico de ambientes.

O objetivo deste estudo é transmitir uma visão geral das diferentes formas de utilização da energia solar em áreas rurais. Investigando pesquisas científicas desenvolvidas no Brasil nos últimos dez anos (2009 a 2019), abrangendo o potencial fotovoltaico e suas tecnologias de aplicação.

2 METODOLOGIA

2.1 Conversão Direta da Energia Solar em Energia Elétrica

A conversão direta da energia solar em energia elétrica ocorre por meio dos efeitos termoelétricos e fotovoltaicos da radiação solar, na forma de calor e luz, sobre determinados materiais semicondutores. O efeito termoelétrico é caracterizado por uma diferença de potencial surgida a partir da junção de dois materiais. Enquanto o efeito fotovoltaico é caracterizado pela conversão dos fótons contidos na luz solar por meio de células solares (PEREIRA et al., 2017).

A tecnologia de conversão direta da energia solar em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico, ocorrido em placas de silício cristalino ou de filmes finos (Figura 1), é uma das primeiras a ser globalmente adotada, principalmente com referência ao uso e aplicação de energias alternativas para sanar necessidades energéticas rurais básicas (CHAURAY; KANDPAL, 2010). O silício cristalino é o material, utilizado nas células fotovoltaicas, que domina cerca de 80% do mercado nesse setor, enquanto os filmes finos dominam o restante da parcela (ESPOSITO; FUCHS, 2013).

Figura 1. Placa Fotovoltaica Residencial.

Fonte: Leroy Merlin (2018).

2.2 Aspectos da Revisão de Literatura

O estudo foi desenvolvido no período de Fevereiro à Junho de 2019. Tal que a busca por fontes se baseou na junção das seguintes palavras-chave: “Energia Solar Rural”, “Energia Solar Fotovoltaica” e “Brasil”. O embasamento teórico foi desenvolvido utilizando livros, atlas, normas legislativas e artigos científicos. Quanto a revisão de literatura foram impostas regras de que as fontes de pesquisa tivessem sido:

(1) Desenvolvidas no Brasil;

(2) Publicadas nos últimos 10 anos (2009 a 2019);

(3) Veiculadas por um periódico científico;

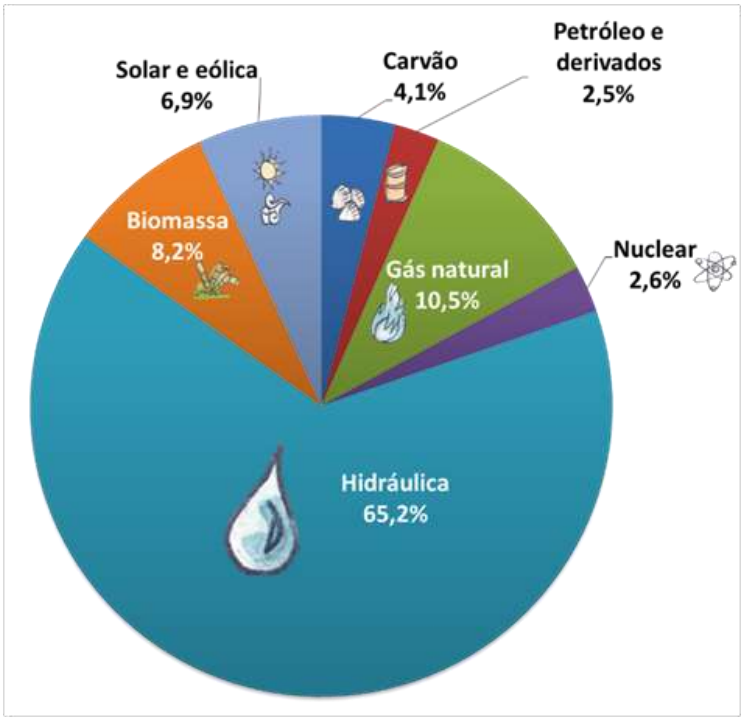
(4) Ecologicamente corretas e economicamente viáveis.

3 DESENVOLVIMENTO DO ASSUNTO

3.1 Matriz Elétrica Brasileira

De acordo com o atual Balanço Energético Nacional do Ministério de Minas e Energia, desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Energética, o cenário elétrico brasileiro (Figura 2) tem as hidrelétricas como fonte principal de geração de eletricidade, compreendendo 65,2% de toda a matriz, sendo ainda compreendida por 10,5% de gás natural, 8,2% de biomassa (lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações), 6,9% de solar e eólica, 4,1% de carvão, 2,6% de nuclear e 2,5% de petróleo e derivados (EPE, 2018).

Figura 2. Matriz Elétrica Brasileira.



Fonte: EPE (2018).

3.2 Potencial Brasileiro de Geração de Energia Solar

Estudos recentes, realizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e publicados na segunda versão do Atlas Brasileiro de Energia Solar, indicam que o Brasil apresenta grande potencial para o aproveitamento da energia solar para diferentes finalidades (PEREIRA et al., 2017). Onde sistemas isolados de geração de energia fotovoltaica e grandes plantas/usinas solares vem aumentando consideravelmente e gerando forte impacto no setor elétrico nacional.

A região nordeste é a que, em média, retém o maior potencial de geração fotovoltaica, onde o mês de agosto é o que compreende as melhores taxas, atingindo um total de 150 kWh/kWp por mês. A região norte e sul são as que, em média, recebem os menores indicativos de potencial para a geração de energia elétrica. No entanto, em setembro e outubro os números ganham um aumento considerável para o norte, atingindo até 125 kWh/kWp por mês, e em dezembro e janeiro o potencial também aumenta na região sul, totalizando até 146 kWh/kWp por mês (PEREIRA et al., 2017).

3.3 Incentivos do Governo Brasileiro para a Geração de Energia Solar

Embora o cenário elétrico brasileiro traga um histórico de evolução nos últimos anos, é necessário a redução de custos para a implantação de tecnologias que aproveitem

a luz do sol. Nesse aspecto o meio rural não se faz uma exceção, requerendo que, em muitos casos, o governo incentive comunidades isoladas, principalmente alimentadas economicamente por atividades rurais, a aproveitarem a energia solar fotovoltaica em diferentes escalas (KEMERICH et al., 2016).

No Brasil se destacam os incentivos que têm como objetivo acabar com a exclusão elétrica, melhorando a qualidade de vida e o acesso à recursos fundamentais para os seres humanos. Foi na década de 90 que se iniciaram esforços a fim de universalizar a rede rural de energia elétrica a partir de energias renováveis. Posteriormente, novas políticas públicas foram instituídas, facilitando a utilização da energia solar como fonte principal para a produção de eletricidade isolada (Tabela 1).

Tabela 1. Principais Incentivos Governamentais Sobre Eletrificação Rural.

INCENTIVO	ANO	OBJETIVO
Programa Luz no Campo	1999	Universalização da Rede Rural de Energia Elétrica
Programa Luz Para Todos	2003	Remodelação do "Programa Luz no Campo"
Decreto nº 7.520	2011	Ampliação do "Programa Luz no Campo"
Resolução Normativa da ANEEL nº 493	2012	Microssistemas Isolados e Sistemas Individuais de Geração e Distribuição de Energia Elétrica com Fonte Intermitente

Fontes: Diniz et al. (2011); Eletrobras (2017).

3.4 Aproveitamento da Energia Solar Fotovoltaica em Áreas Rurais Brasileiras

Na ausência de soluções adequadas, tratando-se do fornecimento de energia elétrica através da rede convencional de transmissão, produtores rurais são obrigados a suprir demandas básicas, como o abastecimento de água e a eletrificação de construções, utilizando medidas alternativas, como a geração de energia elétrica diretamente no local de interesse por meio de uma fonte isolada.

O provimento de água em áreas rurais é de fundamental importância para atividades de produção agropecuária. Uma vez que, é um recurso natural essencial para a irrigação de culturas agrícolas e para a manutenção da pecuária de leite e de corte. Porém regiões distantes de grandes centros urbanos, dificilmente se tem acesso à energia elétrica, possibilitando a utilização da fonte solar, isoladamente, como uma forma alternativa para a geração de energia elétrica. Viabilizando, de mesmo modo, a eletrificação rural, promovendo a melhoria das condições socioeconômicas dessas áreas.

Nessa primeira visão, Alvarenga et al. (2014), implementaram um microssistema fotovoltaico isolado (quatro painéis solares de 100 Wp em paralelo), responsável pela irrigação autônoma por aspersão de um cultivo de hortaliças em ambiente protegido. Esse tipo de controle de irrigação tem se tornado uma ferramenta essencial para a aplicação de água na quantidade necessária e no devido tempo, contribuindo para a manutenção da produção agrícola e, também, para a utilização eficiente dos recursos hídricos. Com esse mesmo raciocínio Dal Bem et al. (2016) também criaram um microssistema fotovoltaico isolado (dois painéis solares de 255 Wp em paralelo) para a alimentação elétrica de bombas vibratórias submersas de transporte de água de um reservatório para a manutenção da pecuária de corte. Ambos os estudos citados se destacaram por utilizar uma solução alternativa para a geração de energia elétrica no local de interesse.

Com relação a eletrificação de residências rurais, assim como as urbanas, encontra-se a utilização de microssistemas solares isolados e de sistemas solares em micro-grid (VALER et al., 2017). Nesse contexto a região nordeste do Brasil compreende em sua maior parte características geográficas e climáticas que propiciam a conversão direta da energia solar em energia elétrica. Silva et al. (2016) utilizaram um microssistema solar isolado para abastecer uma residência rural com consumo médio de 182 KWh por mês. Foi destacado que apesar do alto investimento inicial, nesse tipo de solução, o valor diluído no tempo é menor do que com relação ao valor mensal pago a concessionária de energia elétrica. Colaborando com a visão de que o nordeste brasileiro é uma região com incidência solar ideal para a geração energia elétrica isolada, afirmam Marques et al. (2009), implicando que podem ser melhor utilizados os microssistemas solares isolados.

Em grande parte da Amazônia brasileira (região norte), se encontra com maior frequência sistemas solares em micro-grid. Pois é uma região onde as comunidades rurais dificilmente têm acesso a eletricidade de forma tradicional (NERINI et al., 2014). Esforços recentes do Ministério de Minas e Energia, através da Eletrobrás Amazonas Energia (2019), possibilitaram a implantação e, atual revisão tecnológica, de sistemas solares em micro-grid em doze comunidades rurais ribeirinhas. Coelho e Goldemberg (2013) relatam que esse tipo de solução é suficiente para suprir atividades rurais básicas, como a iluminação residencial e o fornecimento de água. No entanto, é necessário maior potência instalada para que a eletricidade gerada, nesses casos, possa servir para as atividades rurais produtivas (agricultura e pecuária).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O governo tem investigado e incentivado a utilização da energia solar fotovoltaica ao longo dos anos. Esses incentivos motivaram centros urbanos (residências, condomínios, edifícios e usinas) e, inclusive, propriedades rurais geograficamente isoladas a adotar diferentes meios de aproveitamento da energia solar fotovoltaica em suas atividades cotidianas. Possibilitando a resolução de impasses de forma economicamente viável, socialmente justa e ambientalmente sustentável.

A conversão direta da energia solar em energia elétrica, por meio de microssistemas fotovoltaicos isolados ou em micro-grid, pode ser considerada o principal meio tecnológico para o aproveitamento da luz do sol quanto à eletrificação rural. É uma tecnologia mundialmente difundida que está em constante evolução, possibilitando sua utilização para atividades cotidianas da agricultura e pecuária: bombeamento de água e agricultura de precisão, além de aprimorar a forma de fornecimento de eletricidade para comunidades rurais em diferentes regiões brasileiras, das quais se destacam o nordeste e o norte.

5 REFERÊNCIAS

ALVARENGA, A. C. et al. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Aplicação na Irrigação da Agricultura Familiar. **Sinergia**, v. 15, p. 311-318, 2014.

ANEEL (Brasil). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2. ed., Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2005.

CHAUREY, A.; KANDPAL, T. C. Assessment and evaluation of PV based decentralized rural electrification: An overview. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, p. 2266-2278, 2010.

COELHO, S. T.; GOLDEMBERG, J. Energy access: Lessons learned in Brazil and perspectivesfor replication in other developing countries. **Energy Policy**, v. 61, p. 1088-1096, 2013.

DAL BEM, J. C. T. et al. Solução para Bombeamento de Água em Propriedades Rurais Utilizando Energia Solar Fotovoltaica. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 7, p. 50-57, 2016.

DINIZ, A. S. A. C. et al. Review of the photovoltaic energy program in the state of Minas Gerais, Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, p. 2696-2706, 2011.

ELETROBRAS (Brasil). **Especificações Técnicas dos Programas para Atendimento às Regiões Remotas dos Sistemas Isolados no Âmbito do Programa Luz para Todos**. Ministério de Minas e Energia, 2017. Disponível em:

https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/especificacoes_tecnicas.pdf. Acesso em: 05 jun. 2019.

ELETROBRAS (Brasil**). Mini Usinas Fotovoltaicas de Comunidades Isoladas do Interior São Reativadas**. Ministério de Minas e Energia: Amazonas Energia, 2019. Disponível em: http://www.amazonasenergia.com/cms/index.php/mini-usinas-fotovoltaicas-de-comunidades-isoladas-do-interior-sao-reativadas/. Acesso em: 24 maio 2019.

EPE (Brasil). **Balanço Energético Nacional: Ano Base 2017**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2018. Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018__Int.pdf. Acesso em: 02 maio 2018.

ESPOSITO, A. S.; FUCHS, P. G. Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil. **Revista do BNDES**, n. 40, p. 85-113, 2013. Disponível em: http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2431. Acesso em: 28 maio 2019.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2. ed., São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2017.

KEMERICH, P. D. C. et al. Paradigmas da Energia Solar no Brasil e no Mundo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, p. 241-247, 2016.

LEROY MERLIN. **Utilize placas voltaicas e economize até 95% de energia na sua casa**. 2018. Disponível em: https://www.leroymerlin.com.br/dicas/placa-fotovoltaica-como-economizar-energia-em-casa. Acesso em: 22 abr. 2019.

MARQUES, R. C. et al. Energia solar fotovoltaica e perspectivas de autonomia energética para o nordeste brasileiro. **Revista Tecnologia**, v. 30, n. 2, p. 153-162, 2009.

NERINI, F. F. et al. Rural electrification options in the Brazilian Amazon: A multi-criteria analysis. **Energy for Sustainable Development**, v. 20, p. 36-48, 2014.

SILVA, G. L. et al. Análise de Viabilidade Econômica Entre o Uso de Energia em Grid e a Solar no Sertão Paraibano. **Energia na Agricultura**, v. 31, n. 1, p. 89-96, 2016.

VALER, L. R. et al. Issues in PV Systems Applied to Rural Electrification in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 78, p. 1033-1043, 2017.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e a CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelos incentivos e apoios financeiros.