

# **ESTRATÉGIAS GOVERNAMENTAIS PARA VIABILIZAR A ENERGIA FOTOVOLTAICA EM ÁREAS RURAIS**

## **1 INTRODUÇÃO**

A transição energética para o uso de fontes de energia renováveis tem ganhado destaque no debate público sobre as mudanças climáticas e no planejamento energético, visto que a “eletricidade verde” tornou-se uma abordagem promissora para mitigar dos efeitos nocivos das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEEs) (Kaiser et al., 2020). Considerando modelos e cenários estimados por diversos especialistas da área, supõe-se que até 2050 a produção global de energia será totalmente descarbonizada. O modelo projetado sugere uma redução gradual na utilização de combustíveis fósseis e um aumento simultâneo de fontes de energia renováveis (Rogelj et al., 2018).

Os subsídios governamentais têm acelerado o desenvolvimento de fontes de energia renováveis, sobretudo por meio da formulação e implementação de políticas públicas, as quais acompanham o processo de evolução das tecnologias de geração de energia renovável (Liu & Lin, 2019). Sob o prisma das fontes de energias renováveis, observa-se que a energia solar fotovoltaica tem se destacado como um mercado promissor, devido ao seu amplo potencial para reduzir a poluição oriunda da queima de combustíveis fósseis, além de responder bem às pressões da demanda por energia (Sen & Ganguly, 2017).

A energia solar fotovoltaica é uma das fontes de energias renováveis que tem despertado interesse por parte de pesquisadores e da comunidade acadêmica (Garlet et al., 2020; Sampaio & Gonzales, 2017; Spiller et al., 2023; Souza et al., 2024). Esse interesse emergiu a partir dos avanços tecnológicos ocorridos em soluções fotovoltaicas na última década, aliados a fatores como a economia de escala, a melhoria da eficiência dos painéis, políticas públicas de incentivos e subsídios, investimentos em pesquisa e desenvolvimento e a redução do custo da tecnologia fotovoltaica. Compreende-se que o conjunto desses elementos favoreceu para aumentar o volume de produções científicas/acadêmicas, além de permitir investimentos massivos em energia solar fotovoltaica, tornando-a uma alternativa viável e acessível para uma parcela crescente de organizações e famílias em todo o mundo (Wen et al. 2021).

Nesse contexto, constatou-se que a energia solar está se consolidando como uma alternativa rentável e sustentável, não só para as cidades, mas também às populações rurais, atraídas principalmente pela redução de custos no consumo de energia elétrica. O interesse das populações rurais em soluções fotovoltaicas aliados ao desenvolvimento das políticas públicas podem fomentar o segmento fotovoltaico. As políticas de crédito, por exemplo, podem oferecer condições para facilitar a aquisição e a instalação de sistemas fotovoltaicos em áreas rurais, cujo impacto direto é a expansão desse mercado e o atendimento das demandas energéticas em atividades rurais (Micheletti, 2023).

Dado o exposto, pode-se afirmar que a participação do poder público é essencial para a formulação e implementação de políticas energéticas rurais, por meio de criação de estratégias e mecanismos de incentivos. Logo, a questão que se coloca é: Que estratégias governamentais foram empregadas para viabilizar a energia fotovoltaica em áreas rurais? Em face da problemática exposta, o objetivo geral desta pesquisa foi identificar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, estratégias governamentais que foram empregadas no sentido de viabilizar a energia fotovoltaica em áreas rurais.

## **2 ESTRATÉGIA METODOLÓGICA**

Este estudo de revisão sistemática consistiu em seguir os procedimentos determinados por Tranfield, Denyer e Smart (2003). Baseou-se no protocolo de revisão Preferred Reporting

Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA/2020), de Page et al. (2021). Por meio de buscas de artigos internacionais nas bases de dados da Web of Science e a Scopus, selecionou-se o filtro de busca “título, resumo, palavras-chave”, aplicando os seguintes termos-chave e operadores *booleanos*: “( “photovoltaic energy” OR “photovoltaic” OR “solar energy” ) AND ( “public policies” OR “public policy” OR “government policies” OR “government programs” ) AND ( “rural area” OR “rural producer” OR “farms” OR “rural communities” )”.

Esta busca foi realizada entre os meses de maio a junho de 2024, e resultou em 49 artigos, dos quais foram removidas as duplicidades e aplicados os critérios de inclusão e exclusão, resultando em uma seleção de 15 artigos. Tais artigos selecionados foram analisados, buscando as principais características das estratégias governamentais de políticas públicas, das quais o poder público pode empreender para ampliar e estimular a adoção de soluções fotovoltaicas em áreas rurais.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta revisão sistemática identificou cinco estratégias que podem ser utilizadas pelo poder público para fomentar a adoção de energia fotovoltaica em áreas rurais (Figura 1).

Figura 1– Estratégias governamentais para estimular a adoção da energia fotovoltaica



Fonte: elaborado pelos autores.

As estratégias atreladas aos **incentivos econômicos** dizem respeito às políticas públicas específicas para atender prossumidores de energia solar, os programas baseados em Feed-in-tariff (FIT) e o Net-Metering, que têm sido determinantes para impulsionar a implementação de sistemas fotovoltaicos, especialmente em áreas rurais. A criação desses instrumentos permitiu o aumento exponencial de instalações fotovoltaicas em muitos países (Tate et al., 2012; Silva et al., 2024). Silva et al. (2024) sugerem, em seu estudo sobre geração distribuída em comunidades rurais, que a formulação e implementação de políticas FITs pode ser uma estratégia promissora para incentivar a formação de cooperativas de energia solar para a venda do excedente de energia produzida.

Compreende-se que a concessão de subsídios viabilizados por iniciativas governamentais pode reduzir o custo inicial dos produtos solares, tornando-os mais acessíveis para os consumidores (Kumar et al., 2020). A diminuição dos custos fotovoltaicos é encarada como uma estratégia efetiva, a qual pode estimular a adoção de painéis solares em grande escala, inclusive no contexto rural. A combinação das políticas FITs, incentivos fiscais e subsídios, permitem a redução de custos e são instrumentos governamentais poderosos que aumentam a taxa de retorno dos investimentos em sistemas fotovoltaicos (Al-Saidi & Lahham, 2019; Księżopolski et al., 2020).

As **políticas de eletrificação rural** são estratégias que podem ser adotadas para expandir o acesso à energia em áreas remotas. No entanto, a continuidade e eficácia dos programas governamentais são fatores determinantes para a expansão e sustentabilidade do mercado de energia solar (Ondraczek, 2013). Lestari et al. (2018) descrevem que a

implementação de políticas e programas de eletrificação rural deve levar em consideração não apenas o fornecimento imediato de eletricidade, mas também a sustentabilidade a longo prazo, o apoio contínuo do governo e de outras partes interessadas, e os possíveis desafios que podem surgir quando os sistemas de eletrificação rural se conectam a uma rede.

Ihirwe et al. (2021) defendem que o apoio governamental, na forma de estratégias, políticas específicas e regulamentação nacional de eletrificação são ingredientes essenciais para materializar o acesso à energia de populações rurais que dependem de mini-redes de energia fotovoltaica. As políticas públicas e os regulamentos de eletrificação estão alicerçados na geração de renda, autonomia energética, democracia energética e empoderamento de comunidades rurais, entre outros benefícios (Silva et al., 2024). Zhao et al. (2023) destacam que as políticas públicas de eletrificação criadas na China como os Projetos de Alívio da Pobreza através de Energia Fotovoltaica, foram eficazes no incentivo à sua adoção, bem como contribuem para a reduzir a pobreza energética em regiões carentes de recursos financeiros e energéticos.

Na seara da eletrificação rural fora da rede, os empreendedores de políticas públicas devem considerar o contexto local ao planejar, formular e implementar programas. Para isso é necessário dimensionar as características da população rural, tais como a acessibilidade a aparelhos elétricos, o tipo e a intensidade das atividades rurais, as condições climáticas, o nível de rendimento e o estilo de vida. Assim sendo, a adaptação às necessidades e condições específicas de cada comunidade é uma condição *sine qua non* para o sucesso dos programas de eletrificação rural (Wassie & Ahlgren, 2024). Os sistemas solares de micro e mini-redes em áreas rurais podem se consolidar com o apoio governamental, a partir das políticas de eletrificação rural, as quais podem ser estruturadas para estimular a adesão de painéis solares, aperfeiçoar os modelos de operação para aumentar a sustentabilidade e as margens de lucro (Graber et al., 2018; Ihirwe et al., 2021).

As estratégias de **desenvolvimento socioeconômico** têm de incluir políticas que incentivem o uso da energia solar, não apenas em residências rurais, mas também em atividades produtivas no campo, e promover a inclusão social em torno de projetos fotovoltaicos. A materialização de políticas desta natureza pode viabilizar que os sistemas fotovoltaicos atendam às necessidades energéticas de produtores rurais, e desta forma maximizar a rentabilidade financeira, a qual pode ser convertida desenvolvimento (Al-Saidi & Lahham, 2019; Mugisha et al., 2021; Wassie & Ahlgren, 2024).

Na dimensão da inclusão social foi identificado um baixo interesse na participação das mulheres nas tomadas de decisões relativas à energia solar. Esta evidência sugere a redução da desigualdade de gênero por meio da formulação de políticas públicas que incluam as mulheres, desde o projeto até a implementação de soluções fotovoltaicas. Nesse sentido, a implementação de métodos participativos no desenvolvimento regional é essencial para fomentar o desenvolvimento inclusivo, o qual reconheça o papel das mulheres como agentes de mudança da sua própria comunidade, sendo então necessário fortalecer os vínculos com as comunidades, minimizar as desigualdades de gênero e garantir o envolvimento efetivo de mulheres em projetos de médio e longo prazo (Eras-Almeida et al., 2023).

As **estratégias de educação e sensibilização** estão ligadas à necessidade de implementar programas de educação/treinamento para as comunidades rurais, e sensibilizar as populações rurais da importância ambiental de se descarbonizar a matriz energética e adotar fontes de energia limpa, neste caso a energia solar fotovoltaica. Além do mais, os programas de educação/treinamento são indispensáveis para garantir a operação e manutenção adequada dos sistemas solares. Para esse propósito, é importante desenvolver programas que orientem a formação de redes de suporte técnico local, caracterizada como uma opção vantajosa para a resolução de problemas técnicos e para a manutenção dos sistemas fotovoltaicos, garantindo a

continuidade do fornecimento de energia às comunidades rurais (Borhanazad et al., 2013; Lestari et al., 2018).

Zhao et al. (2023) destacaram que variáveis como a classe social dos agricultores e o grau de instrução têm um impacto significativo na mitigação da pobreza energética. Dessa forma, estratégias governamentais que invistam em educação e suporte econômico podem facilitar a transição para fontes de energia mais limpas em comunidades rurais. Outra questão importante observada é que a interação social entre pares pode desempenhar um papel vital na adoção de tecnologias verdes. Nessa perspectiva, as estratégias de intervenção governamental podem continuar a apoiar a adoção de energia solar, por meio de programas educativos e de sensibilização que promovam a aprendizagem social (Liu et al., 2023). Ondraczek (2013) acrescenta que existe um círculo virtuoso entre a crescente disseminação de sistemas solares fotovoltaicos e o aumento da sensibilização entre os consumidores, o qual acontece particularmente pelo boca-a-boca.

Kumar et al. (2020) são categóricos e argumentam que o comportamento de compra verde e as políticas governamentais são fatores responsáveis por sensibilizar os consumidores para a adoção de produtos de energia solar. Isso indica a necessidade de implementar estratégias governamentais para aumentar a sensibilização dos consumidores de áreas rurais e de outros grupos de clientes sobre as tecnologias fotovoltaicas e suas aplicações. Assim sendo, campanhas de sensibilização e subsídios diretos para novos entrantes podem ampliar substancialmente a compreensão e a aceitação da tecnologia solar (Ondraczek, 2013).

Por fim, a última estratégia governamental para o desenvolvimento de sistemas fotovoltaicos está relacionada à busca por **apoio de organizações internacionais**. Desse modo, diversas organizações internacionais, como o Banco Mundial e a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), podem trabalhar para viabilizar políticas públicas que desenvolvam os sistemas energéticos fotovoltaicos em diversas nações, especialmente em comunidades remotas, como as populações rurais (Graber et al., 2019).

Em tese, o apoio de organizações internacionais fortalece as parcerias entre nações, concede recursos financeiros, suporte técnico e políticas de incentivo, que podem acelerar o processo de desenvolvimento e a implementação de sistemas de energia solar fotovoltaica em regiões com baixa infraestrutura elétrica (Mugisha et al., 2021). O apoio público subsidiado por organizações internacionais ou pelo orçamento doméstico, para a instalação de sistemas solares fotovoltaicos, não contribui apenas para mitigar as consequências negativas do uso de energia fóssil na produção de energia, mas também melhora a situação econômica das famílias, especialmente dos cidadãos rurais mais pobres (Książkowski et al., 2020).

Contudo, vale destacar que a busca de parcerias globais, como sugerem os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), encaixa-se fundamentalmente às estratégias de apoio de organizações internacionais para fomentar a energia solar fotovoltaica. Nessa perspectiva, o ODS 17 destaca a importância de fortalecer a implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável, o que pode ser diretamente aplicado ao contexto das políticas de promoção de energia solar fotovoltaica no meio rural.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os achados deste estudo sugerem que a formulação, implementação e continuidade das políticas públicas destinadas à adoção de sistemas fotovoltaicos no meio rural são instrumentos que podem se converter em benefícios para as populações. Esses benefícios incluem o desenvolvimento econômico, o acesso à energia e à soberania energética, a promoção de um meio ambiente de qualidade, melhoria na qualidade de vida, a criação de oportunidades de renda, o fortalecimento do desenvolvimento comunitário e o empoderamento local.

Considerando que o objetivo deste estudo foi identificar as estratégias governamentais

que foram empregadas no sentido de viabilizar a energia fotovoltaica em áreas rurais, esta análise identificou cinco estratégias governamentais para fomentar a implementação de sistemas fotovoltaicos em áreas rurais, dentre elas destacam-se os incentivos econômicos, políticas de eletrificação rural, desenvolvimento socioeconômico, educação e sensibilidade e apoio internacional. A aplicação destas estratégias pode resolver questões de ordem pública no que diz respeito à implementação e expansão da energia fotovoltaica em populações rurais. De modo geral o processo de transição energética traz benefícios ambientais, econômicos e sociais, dos quais estão em sintonia com as metas e objetivos determinados pelos ODS.

Por fim, este estudo de revisão sistemática apresenta como contribuição um modelo teórico baseado em vários estudos internacionais, dos quais revelaram que as estratégias governamentais são mecanismos que permitem materializar o acesso à energia elétrica rural, sugerindo caminhos para os decisores políticos que desejam trabalhar com os arranjos de energia fotovoltaica no meio rural.

## REFERÊNCIAS

- Al-Saidi, M., & Lahham, N. (2019). Solar energy farming as a development innovation for vulnerable water basins. *Development in Practice*, 29(5), 619-634.
- Borhanazad, H., Mekhilef, S., Saidur, R., & Boroumandjazi, G. (2013). Potential application of renewable energy for rural electrification in Malaysia. *Renewable Energy*, 59, 210-219.
- Eras-Almeida, A. A., Vásquez-Hernández, T., Hurtado-Moncada, M. J., & Egido-Aguilera, M. A. (2023). A Comprehensive Evaluation of Off-Grid Photovoltaic Experiences in Non-Interconnected Zones of Colombia: Integrating a Sustainable Perspective. *Energies*, 16(5), 2292.
- Garlet, T. B., Ribeiro, J. L. D., De Souza Savian, F., & Siluk, J. C. M. (2020). Value chain in distributed generation of photovoltaic energy and factors for competitiveness: A systematic review. *Solar Energy*, 211, 396-411.
- Graber, S., Narayanan, S., Alfaro, J. F., & Palit, D. (2018). Solar microgrids in rural India: Consumers' willingness to pay for attributes of electricity. *Energy for Sustainable Development*, 42, 32-43.
- Ihirwe, J. P., Li, Z., Sun, K., Bimenyimana, S., Wang, C., Asemota, G. N. O., Nduwamungu, A., & Mesa, C. K. (2021). Solar PV minigrid technology: Peak shaving analysis in the East African Community countries. *International Journal of Photoenergy*, 2021, 5580264. <https://doi.org/10.1155/2021/5580264>
- Kaiser, M., Bernauer, M., Sunstein, C. R., & Reisch, L. A. (2020). The power of green defaults: The impact of regional variation of opt-out tariffs on green energy demand in Germany. *Ecological Economics*, 174, 106685.
- Książopolski, K., Drygas, M., Pronińska, K., & Nurzyńska, I. (2020). The economic effects of new patterns of energy efficiency and heat sources in rural single-family houses in Poland. *Energies*, 13(23), 6358.
- Kumar, V., Hundal, B. S., & Syan, A. S. (2020). Factors affecting customers' attitude towards solar energy products. *International Journal of Business Innovation and Research*, 21(2), 271-293.
- Lestari, H., Arentsen, M., Bressers, H., Gunawan, B., Iskandar, J., & Parikesit. (2018). Sustainability of renewable off-grid technology for rural electrification: A comparative study using the IAD framework. *Sustainability*, 10(12), 4512.
- Liu, D., Qi, S., & Xu, T. (2023). Visual observation or oral communication? The effect of social learning on solar photovoltaic adoption intention in rural China. *Energy Research & Social Science*, 97, 102950.

- Liu, J., & Lin, X. (2019). Empirical analysis and strategy suggestions on the value-added capacity of photovoltaic industry value chain in China. *Energy*, *180*, 356-366.
- Micheletti, D. H. (2023). A contribuição da energia solar fotovoltaica para o desenvolvimento rural sustentável (Tese de Doutorado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.
- Mugisha, J., Ratemo, M. A., Keza, B. C. B., & Kahveci, H. (2021). Assessing the opportunities and challenges facing the development of off-grid solar systems in Eastern Africa: The cases of Kenya, Ethiopia, and Rwanda. *Energy Policy*, *150*, 112131.
- Ondraczek, J. (2013). The sun rises in the east (of Africa): A comparison of the development and status of solar energy markets in Kenya and Tanzania. *Energy Policy*, *56*, 407-417.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, *372*, n71.
- Rogelj, J., Popp, A., Calvin, K.V. *et al.* Scenarios towards limiting global mean temperature increase below 1.5 °C. *Nature Climate Change* *8*, 325–332 (2018).
- Sampaio, P. G. V., & González, M. O. A. (2017). Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *74*, 590-601.
- Sen, S., & Ganguly, S. (2017). Opportunities, barriers and issues with renewable energy development—A discussion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *69*, 1170-1181.
- Silva, E. T., Martins, M. A. F., Rodríguez, J. L. M., & Ferreira, A. S. (2024). Evaluation of the influence of distributed generation on the well-being of the rural community using PLS-SEM. *Journal of Cleaner Production*, *442*, 141023.
- Souza, V., Figueiredo, A. M. R., & Espejo, M. M. S. B. (2024). Challenges and strategies for managing end-of-life photovoltaic equipment in Brazil: Learning from international experience. *Energy Policy*, *188*, 114091.
- Spiller, E., Esparza, R., Mohlin, K., Tapia-Ahumada, K., & Ünel, B. (2023). The role of electricity tariff design in distributed energy resource deployment. *Energy Economics*, *120*, 106500.
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, *14*(3), 207-222.
- Tate, G., Mbizibain, A., & Ali, S. (2012). A comparison of the drivers influencing farmers' adoption of enterprises associated with renewable energy. *Energy Policy*, *49*, 400-409.
- Wassie, Y. T., & Ahlgren, E. O. (2024). Understanding the load profiles and electricity consumption patterns of PV mini-grid customers in rural off-grid East Africa: A data-driven study. *Energy Policy*, *185*, 113969.
- Wen, D., Gao, W., Qian, F., Gu, Q., & Ren, J. (2021). Development of solar photovoltaic industry and market in China, Germany, Japan and the United States of America using incentive policies. *Energy Exploration & Exploitation*, *39*(5), 1429-1456.
- Zhao, Y., Shuai, J., Wang, C., Shuai, C., Cheng, X., Wang, Y., Zhang, Z., Ding, L., Zhu, Y., & Zhou, N. (2023). Do the photovoltaic poverty alleviation programs alleviate local energy poverty? — Empirical evidence of 9 counties in rural China. *Energy*, *263*, 125973.