



O SISTEMA BIPV: PAINÉIS SOLARES INTEGRADOS À ARQUITETURA

Victória Berger Ribas¹, Paulo Ricardo Lopes Batista²,
Ana Carolina Souza Alves³, Andressa Maria Woytowicz Ferrari⁴

¹Acadêmico do Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Cesumar - UNICESUMAR, Campus Ponta Grossa-PR.
UNICESUMAR. ra-20065410-2@alunos.unicesumar.edu.br

²Acadêmico do Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Cesumar – UNICEUSMAR, Campus Ponta Grossa-PR. Bolsista
PIBIS/ICETI-UniCesumar. lbpauloricardo@gmail.com

³Acadêmico do Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Cesumar - UNICESUMAR, Campus Ponta Grossa-PR.
ana_alves@alunos.unicesumar.edu.br

⁴Orientadora, Doutora, Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo, UNICESUMAR, Campus Ponta Grossa-PR.
andressa.ferrari@unicesumar.edu.br

RESUMO

Esta investigação objetivou estudar as tecnologias construtivas geradoras de energia solar denominadas BIPV - *Building Integrated Photovoltaics*. Para isso, foram realizadas revisões de literatura a fim de contextualizar a questão energética e a contribuição da fonte solar. Concluiu-se que o sistema BIPV tem difundido a energia solar na construção civil por maximizar o potencial energético das edificações, destacando-se pelo design integrado aos projetos arquitetônicos.

PALAVRAS-CHAVE: Energias limpas; Inovação; Sistema fotovoltaico; Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil e no mundo, muito tem se debatido sobre a necessidade de diversificação da matriz energética, especificamente da composição da matriz elétrica proveniente de fontes não renováveis, que correspondem a 73% da produção mundial de energia (BRASIL, 2022). Apesar dos meios de geração convencional independerem de condições climáticas, garantindo estabilidade ao sistema elétrico, seu crescimento vem se estagnando devido aos impactos gerados e ao alto custo dos combustíveis no caso das termelétricas (TIEPOLO *et al.*, 2016). A busca por fontes mais sustentáveis de energia tem, inclusive, despertado a geração distribuída, ou seja, oriunda da própria edificação.

Essas iniciativas têm sido amplamente incentivadas por programas de certificação ambiental como o AQUA (Alta Qualidade Ambiental), o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) e, no Brasil, pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do INMETRO. De acordo com o *Green Building Council Brasil*, no país, em 2021, o número de edificações registradas para obtenção do selo LEED chegou a 1.610 empreendimentos, sendo 675 já certificados pelo programa (GBC, 2021).

Desse modo, são recorrentes as hipóteses que apontam a energia solar gerada por sistemas fotovoltaicos como um universo de pesquisa com grande capacidade de ampliação das fontes de energia renovável para a reestruturação da matriz elétrica brasileira. Nesse sentido, os sistemas que utilizam módulos fotovoltaicos, incluindo o BIPV, tem apresentado acelerado crescimento desde a última década. (BRASIL, 2022). Portanto, essa investigação objetivou estudar as inovações que o sistema BIPV tem promovido no campo da arquitetura.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa se deu através de revisões bibliográficas qualitativas, segmentadas em duas etapas: inicialmente, buscou-se contextualizar a questão energética no âmbito da energia solar e, posteriormente, caracterizar o sistema BIPV e sua aplicabilidade arquitetônica.



3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Desde a última década, a geração de energia solar vem se expandindo no Brasil, principalmente com a difusão dos sistemas fotovoltaicos. Contudo, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), somente 1,7% da matriz elétrica é proveniente de fonte solar. Esse cenário revela a baixa exploração do grande potencial energético do país, naturalmente favorecido por sua localização geográfica como um dos países com maior irradiação solar direta no mundo, tendo em vista que a maior parte de seu território se localiza entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio, o que lhe confere uma incidência mais constante e de incidência vertical dos raios solares (BRASIL, 2022).

No mundo, os sistemas fotovoltaicos mais utilizados são, geralmente, os que funcionam fixados sobre as coberturas das residências e edifícios. Porém, tem sido cada vez mais recorrente a utilização de módulos fotovoltaicos integrados à arquitetura, conhecidos como painéis BIPV – *Building Integrated Photovoltaic* (Painéis Solares Integrados à Construção), comumente empregados quando a área da cobertura não é suficiente para gerar a quantidade de energia necessária ou quando se deseja aumentar a capacidade de geração de energia (LI *et al.*, 2013).

O Sistema BIPV é uma inovação derivada dos painéis solares tradicionais que, com o desenvolvimento tecnológico, puderam ter seu design incorporado aos principais elementos da construção civil, como tijolos, telhas, vidro e concreto, integrando ou não a composição estrutural de uma determinada edificação. Quando não, na maioria das vezes, são utilizados na forma de brises para o sombreamento de aberturas (PENG *et al.*, 2011). O funcionamento desse sistema ocorre através de módulos fotovoltaicos ligados por condutores até o inversor, que converte a energia gerada para a frequência e tensão da rede pública de distribuição de energia elétrica (SANTOS, 2014). Os módulos, ou células fotovoltaicas, podem ser formadas por materiais como o silício (S), telureto de cádmio (CdTe), disseleneto de cobre, gálio e índio (CIGS), classificados em três gerações de tecnologia, cada qual com suas especificidades de aplicação (RÜTHER, 2004). São elas:

1ª Geração: as células de primeira geração são formadas por silício cristalino (Figura 1), a tecnologia mais utilizada mundialmente por sua maior eficiência de conversão. Formam módulos rígidos e retangulares, aplicados como *grids* (grelhas), sendo as células fotovoltaicas encapsuladas em uma estrutura de vidro para utilização em fachadas ou coberturas planas – onde são comumente vistos. Podem ser opacos ou semitransparentes, com aparência azul brilhante (SANTOS, 2014).



Figura 1: Shard London, projetado por Renzo Piano, com módulos semitransparentes – Londres, Inglaterra

Fonte: Revista GQ Espanha (2019)



2ª Geração: as células de segunda geração são formadas por silício amorfo (Figura 2), mais leves que o silício cristalino. São oriundas de substratos flexíveis, por isso produzem módulos de filmes finos e formas que possibilitam diversos tipos de utilização. São ideais para aplicação em fachadas, sendo utilizadas tanto como revestimento, quanto como vidro não translúcido. Tem aparência polida e tonalidades que vão do marrom ao preto (CHIVELET *et al.*, 2010).



Figura 2: Topo do edifício projetado por Jean Nouvel com helioestato de filmes finos – Sydney, Austrália.

Fonte: Meio Sustentável (2020)

3ª Geração: as células de terceira geração, conhecidas como OPV (Figura 3), são formadas por cinco camadas de nanofolhas de polímeros, oriundas de materiais orgânicos como átomos de carbono e enxofre, impressos em rolos para fixação em vidro ou plástico. Produzem fitas flexíveis, de cores variadas e aparência semitransparente, e podem ser aplicadas em superfícies curvas. Ainda são pouco exploradas comercialmente em função do alto custo do sistema (SANTOS, 2014).



Figura 3: Árvore solar projetada pela Equatorial Maranhão com células OPV – Pinheiro, Maranhão, Brasil.

Fonte: Portal Solar (2020)

3ª Geração: por fim, as células sensibilizadas por corantes (DSSC) (Figura 4), utilizam materiais abundantes e de menor custo, são formadas por duas placas de vidro que envolvem uma película condutora de TiO₂ nanoestruturado e por corantes da família do N3, que absorvem luz visível. Produzem módulos rígidos com aparência brilhante e multicolorida (NGUYEN *et al.*, 2007).



Figura 4: O Centro de Convenções da SwissTech, projetado pelo escritório Richter Dahl Rocha & Associés, exhibe brises compostos por modulações de células sensibilizadas por corantes – Lausanne, Suíça.

Fonte: ArchDaily (2014)

Marsh (2008) destaca que os painéis BIPV vão além da geração de energia, atuando como elementos complementares à funcionalidade da edificação. Muito disso em função dos novos designs que o sistema permitiu criar, como brises e pérgolas de proteção contra a incidência solar e contra a chuva, painéis de isolamento termoacústico e elementos para o sombreamento de aberturas. Também cabe ressaltar que, quando os módulos BIPV são instalados nas fachadas, podem substituir materiais de alto custo e de finalidade exclusivamente estética, transformando os custos da construção em investimentos que possibilitam retornos pela economia e/ou excedente de energia gerada, proporcionando um visual de igual valor plástico e mantendo a contemporaneidade do design. Por esses motivos, o sistema BIPV tem contribuído para que o setor da construção civil se torne mais sustentável, destacando-se por inovação na integração aos projetos de arquitetura, diferente dos sistemas fotovoltaicos tradicionais fixados sobre as coberturas das edificações.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que, mesmo ainda utilizadas em pequena escala, as tecnologias BIPV para geração de energia renovável, tem apresentado significativo progresso e inovação no setor da construção civil. Muito disso se deve ao fato de que através desse sistema de integração é possível aumentar a capacidade de geração de energia tendo em vista que, embora a irradiação seja menor nas fachadas verticais do que nas superfícies com inclinação mais favorável – como os telhados, as fachadas tem as maiores áreas disponíveis à maximização do potencial energético de uma edificação, e isso se torna muito relevante para a produção de energia dentro do atual contexto de crescente demanda energética no mundo. Além disso, observou-se que a inovação estética no design dos painéis BIPV, condizentes com o projeto de arquitetura, possibilitaram melhor aceitação no mercado e, conseqüentemente, impactaram a ampliação do pensamento sustentável.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Empresa de Pesquisa Energética. Matriz Energética e Elétrica.** 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 08 ago. 2022.



CHIVELET, N. M.; SOLLA, I. F. **Técnicas de vedação fotovoltaica na arquitetura**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

GBC Brasil. **Você sabe quais são as tipologias da certificação LEED?**. 2021. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/voce-sabe-quais-sao-as-tipologias-da-certificacao-leed-conheca-aqui/>. Acesso em: 07 ago. 2022.

LI, D. H. W.; YANG, L.; LAM, J. C. Zero energy buildings and sustainable development implications – A review. **Solar Energy**, v. 54, p. 1-10, 2013.

MARSH, G. BIPV: innovation puts spotlight on solar. **Renewable Energy Focus**, v. 9, n. 3, p. 62–67, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1471084608700969>. Acesso em: 08 ago. 2022.

NGUYEN, T. *et al.* Electrodeposition of TiO₂/SiO₂ nanocomposite for dye-sensitized solar cell. **Solar Energy**, v. 81, n. 4, p. 529–534, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X06001976>. Acesso em: 08 ago. 2022.

PENG, C.; HUANG, Y.; WU, Z. Building-integrated photovoltaics (BIPV) in architectural design in China". **Energy and Buildings**, 43.12, pp. 3592–3598, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.09.032>. Acesso em: 05 ago. 2022.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html. Acesso em: 14 ago. 2022.

PORTAL SOLAR. **Painéis Solares Integrados à Construção – BIPV**. 2019. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/paineis-solares-integrados-a-construcao-bipv.html>. Acesso em: 04 ago. 2022.

REDWEIK, P.; CATITA, C.; BRITO, M. Solar energy potential on roofs and facades in an urban landscape. **Solar Energy**, v. 97, p. 332–341, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2013.08.036>. Acesso em: 04 ago. 2022.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis: LABSOLAR, 2004.

SANTOS, Í. P. dos. **Minicurso Building-Integrated Photovoltaics (BIPV) para Arquitetos e Engenheiros Civis**. Março, 2014. Disponível em: <http://abccobre.org.br/minicurso-de-building-integrated-photovoltaics-bipv-para-arquitetos-e-engenheiros-civis/>. Acesso em: 06 ago. 2022.

TIEPOLO, G. M. *et al.* **Energia Solar no Estado do Paraná – Potencial, barreiras e políticas públicas**. X CBPE, Gramado, 2016.