

MATERIAIS APLICADOS À GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR EM EDIFICAÇÕES

Izanilde Barbosa da Silva - iza.silva.ap@gmail.com

Raoni Pinheiro - pinheiro.raoni@cear.ufpb.br

Iuri Americano - americano.iuri@cear.ufpb.br

Habila Yusuf Thomas - habilayusufthomas@yahoo.com

Kleber Carneiro de Oliveira - kleber.oliveira@cear.ufpb.br

Universidade Federal da Paraíba- UFPB- Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis- PPGER

Resumo. A crescente necessidade de produzir células fotovoltaicas capazes de converter a energia solar em energia elétrica que possuem maiores eficiências, economicamente viáveis e de alta qualidade tem sido o tema de destaque nas últimas décadas. Edifícios com sistemas fotovoltaicos do tipo grid-tie que é conectado à rede pública ou o sistema isolado do tipo off-grid que gera energia elétrica isoladamente são construídos com modificações dos materiais aplicados a geração de energia elétrica a partir da energia solar, de qual modo que estes materiais são adaptados ao tipo de material do edifício, tipo de design do edifício e o clima onde se encontra o edifício, de modo geral, o material é construído para adaptar as características e condições do local de instalação. A metodologia utilizada neste artigo é a do caráter de pesquisa bibliográfica, em que artigos científicos, teses e jornais de assuntos sobre a conversão de energia solar para energia elétrica em sistemas BIPV e BAPV foram estudados e analisados. De tal modo, o objetivo deste artigo é caracterizar os vários tipos de materiais utilizados em edificações para a geração de eletricidade a partir de energia solar, sua evolução, disponibilidade, características técnicas e recomendações para futuros pesquisadores neste campo.

Palavras-chave: Arquitetura Sustentável, BIPV, Energia Solar

1. INTRODUÇÃO

Diversos campos de pesquisas são influências permanentes quando se trata de pesquisas em produção energética renovável. Em grande parte, as pesquisas são incentivadas devido ao apelo mundial na adoção de medidas mais sustentáveis na produção de energia e na diminuição da pegada de carbono que envolve a obtenção de energia por meio de combustíveis fósseis que são hoje a fonte mais presente nos países e também, largamente, a mais poluidora. Dentre as pesquisas energéticas destacam-se, principalmente, as fontes; hidráulica, termal, solar, eólica, maremotriz, ondomotriz e biomassa para citar somente as principais. Dentre estas, a energia solar é, sem dúvida, a mais abrangente e disseminada em termos de concentração e disponibilidade. O Brasil se comparado à grandes potências europeias como Alemanha e Dinamarca apresenta potencial exploratório muito superior (PNE, 2016), e consegue superar largamente em disponibilidade países nos quais suas matrizes energéticas já apresentam graus mais desenvolvidos de exploração dessa fonte. Porém, em contraste com sua grande disponibilidade, sua representação dentro da matriz energética brasileira é tímida e ainda bem reduzida em relação com outras fontes renováveis, EPE (2016), estando drasticamente atrás da eólica e biomassa.

A intenção dos sistemas BIPV (*Build Integrated Photovoltaic*) ou em tradução livre “Sistemas fotovoltaicos Integrados à Construções” é de tentar maximizar localmente o uso da fonte solar de energia integrando à edificações ou mesmo substituindo totalmente certas partes construtivas como fachadas e telhados convencionais formando parte do seu revestimento externo. Esse conjunto de técnicas visa aplicar de forma integrada os edifícios aos materiais que possam captar e conservar as energias solar e térmica disponíveis (Rüther, *et al.*, 2012). Nos últimos anos, ciências aplicadas aos estudos de novos materiais exerceram uma mudança drástica no cenário da autoprodução de energia, tornando economicamente viável a adoção de produtos altamente tecnológicos e com grau de eficiência razoável. Estes materiais evoluíram da primeira geração de placas fotovoltaicas mono e multi-cristalinas até mais recentemente com soluções mais sofisticadas adotando células orgânicas e filmes finos.

2. MATERIAIS E MÉTODO

Para fundamentação teórica deste artigo, na metodologia utilizou-se de revisão bibliográfica com consulta à teses, dissertações e artigos científicos em portais de periódicos nacional e internacional. Foram caracterizadas as gerações dos sistemas de geração fotovoltaica e suas formas de apresentação, evolução, tipos de matérias disponíveis, características técnicas além de recomendações para futuras pesquisas na área. Alguns quesitos avaliativos são levados em conta sendo estes próprios de sistemas elétricos tais como; confiabilidade, conformidade, segurança e flexibilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterizações das células fotovoltaicas e sua evolução

As células solares possuem diversas características que são oriundas do material semicondutor utilizado na sua confecção, a técnica de fabricação empregada, propriedades geométricas e estruturais, dentre outras, que interferem consideravelmente no seu funcionamento de acordo com a Fig 1.

A Composição usada nas células está diretamente ligada ao aspecto final do módulo e sua versatilidade nos arranjos e liberdade na elaboração dos projetos. No uso ligado à integralidade arquitetônica, os módulos cumprem os mesmos objetivos funcionais e estéticos dos vidros convencionais e não necessitam de manutenção. Existem variantes de células com diferentes estruturas, tamanhos, formas, cores e eficiências, veja o esquema genérico na Fig. 1. É na fase projeto que se define a determinação da variedade e da especificação de acordo com a flexibilidade da célula, considerando as medidas do arquiteto e projetista.

As características técnicas dos módulos são feitas de acordo com as especificações de cada projeto. Essas características e o nível de produção do arranjo dependerão primariamente da quantidade de células fotovoltaicas, da forma como estarão distribuídas nos módulos e das interligações entre elas.

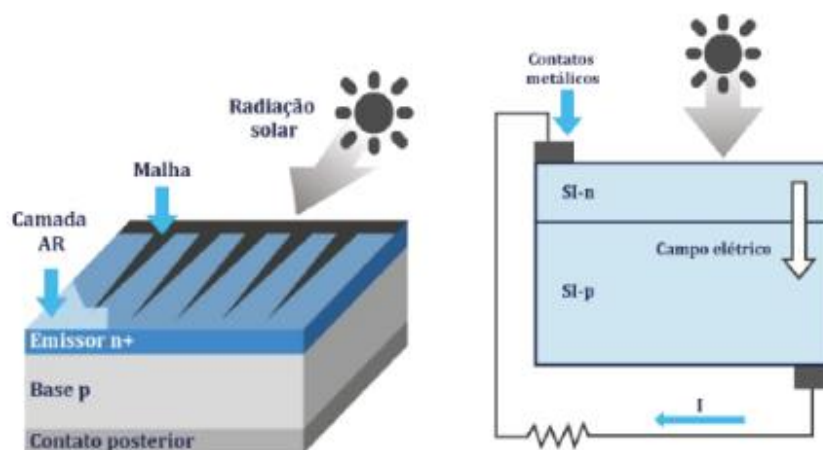


Figura 1 – Estrutura típica da célula solar (esquerda) e princípio de funcionamento (direita).

Fonte: Renewales 2012 Global Status Report. REN21, www.ren21.net-módulo teórico de energia solar.

3.1.2 Evolução das Células Fotovoltaicas

Além da tentativa constante de reduzir os custos de produção, sendo esta altamente complexa e com nível de especialização bastante elevado, o desafio mais importante dos laboratórios e centros de pesquisa é aumentar a eficiência de conversão dos painéis fotovoltaicos. Em laboratório foi atingida eficiências de mais de 45% em sistemas de ponta em cenários controlados de estudo. Shockley e Hans (1961) determinaram que, teoricamente, pode converter-se 33,7% da energia solar em eletricidade em um sistema sem. Para conseguir mais, usa-se células mescladas ou concentração de múltiplas camadas. Para o silício, este limite é de 29%, tendo em vista ser o elemento mais utilizado e comum nos painéis por terem uma alta confiabilidade a preços razoáveis.

Para utilizações especiais, os módulos são produzidos com elemento mais forte e por sua vez mais radioativos, é o caso do Arsenieto de Gálio (GaAs) que atinge uma eficiência de 30% ou para juntar vários elementos em células solares multijunção, superior a 45% em laboratório.

Por serem leves, flexíveis e semitransparentes, o leque de aplicações das células OPV e DSSC é mais amplo do que o das gerações anteriores. Elas podem ser usadas para recarregar baterias de equipamentos eletrônicos de baixa potência, como telefones celulares, câmeras fotográficas e tablets. Também podem ser integradas em fachadas, janelas ou claraboias de edificações – aplicação conhecida como *building integrated photovoltaics* (BIPV) – ou ainda em roupas especiais, jaquetas e mochilas, permitindo que o usuário colete energia enquanto se desloca (Vasconcelos, 2013).

3.2 Gerações de células fotovoltaicas

A primeira geração tem como principal material o silício, podendo ser dívida em duas cadeias produtivas: silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si). São os tipos de tecnologias mais utilizados, representando cerca de

85% do mercado devido as maiores eficiências que podem ser atingidas (atingem uma performance típica de 15- 20%), além disso, os seus benefícios residem no seu bom desempenho e estabilidade (Colsmann, et al., 2011).

Tabela 1- Condições de Teste Padrão, temperatura 20 ° C, intensidade luminosa 1000W/m², massa de ar 1.5

Tecnologia	Silício Monocristalino (m-Si)	Silício Policristalino (p-Si)
Melhor eficiência de células solares de pesquisa em AM1.5 * %	24.7	20.3
Confirmação da eficiência da célula solar em AM1.5 %	20-24	14-18
Eficiência do módulo comercial em AM1.5 %	15-19	13-15
Máxima eficiência %	23	16
Custo atual do módulo USD/W	<1.4	<1.4
Participação de mercado até 2010 %	87	2
Potência máxima de saída W	-	320
Tamanho do módulo m ²	2.0	1.4-2.5
Área necessária por kW m ²	7	8
Estado de Comercialização	Maduro com produção em larga escala	Maduro com produção em larga escala

No silício monocristalino, a estrutura molecular é uniforme uma vez que a estrutura é toda composta do mesmo material. Esse tipo de uniformidade é ideal para o transporte eficiente dos elétrons pelo material. Porém, para que a célula seja eficiente, é necessário que o silício passe por um processo de dopagem a fim de criar camadas dos tipos p e n. Conforme Dutra (2014), o silício de grau eletrônico dopado com boro atinge níveis de pureza de 99,999% após passar por um processo de purificação, que apesar de ser caro, é crucial para o desempenho da célula, visto que as impurezas do silício possuem papel relevante na eficiência da célula.

O silício policristalino, por sua vez, utiliza processos de fabricação mais simples e baratos do que as técnicas de fabricação do silício monocristalino. Entretanto, a qualidade do material é mais baixa uma vez que o nível de impureza é maior. A diferença visual entre os dois tipos de tecnologia pode ser vista na Fig. 2.

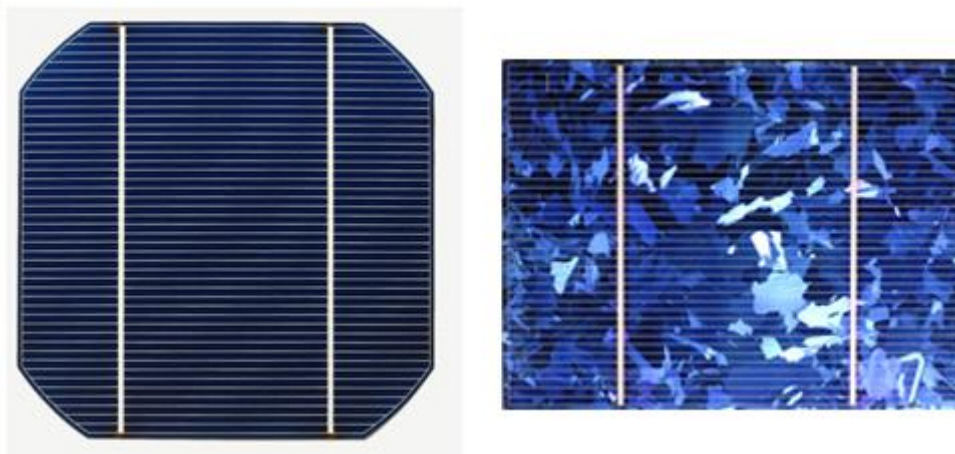


Figura 2 – Célula de silício monocristalino e policristalino
Fonte: <https://de.solar-energy.technology>

Segundo Pinho e Galdino (2014), as células solares de segunda geração, também definidas como filmes finos, podem ser divididas em três cadeias produtivas: silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre e índio (CIS), índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe) conforme Tab. 1.

Di Marco e Palmisano (2010) relata que essa geração está sendo rapidamente difundida e representa aproximadamente 12% das instalações solares no mundo.

Uma vez que possuem como característica uma ótima absorção da radiação solar, suas estruturas podem possuir espessura fina, em torno de 1 µm, logo a quantidade de semicondutor utilizado é menor, tornando assim esse tipo de célula mais barata que a de silício. Além do que sua produção é realizada a baixas temperaturas, contribuindo assim em um menor consumo de energia elétrica.

Tabela 2 - Condições de Teste Padrão, temperatura 20 ° C, intensidade luminosa 1000W / m², massa de ar 1.5.

Tecnologia	Silício Amorfo (a-Si)	Disseleneto de Cobre e Índio / Índio de Gálio (CIS / CIGS)	Telureto de Cádmiio (CdTe)
Melhor eficiência de células solares de pesquisa em AM1.5 *%	10.4 Junção simples 13.2 Tandem	20.3	16.5
Confirmação da eficiência da célula solar em AM1.5 %	6-8	10-12	8-10
Eficiência do módulo fotovoltaico comercial em AM1.5 %	5-8	7-11	8-11
Máxima eficiência do módulo PV %	7.1/ 10.0	12.1	11.2
Custo atual do módulo USD/W	~0.8	~0.9	~0.9
Participação de mercado até 2010%	2	9	-
Potência máxima de saída W	300	120	120
Tamanho do módulo m ²	1.4	0.6-1.0	0.72
Área necessária por kW m ²	15	10	11
Estado de Comercialização	Fase de implantação inicial, produção de escala média	Fase de implantação inicial, produção de escala média	Fase de implantação inicial, produção em pequena escala

*PV- Paineis Fotovoltaicos

Outro fator importante é que sendo o substrato flexível, a aplicabilidade desse tipo de célula em projetos arquitetônicos passa a ser visado. O processo de produção, entretanto, contribui para a poluição do meio ambiente. Esse fato aliado à baixa disponibilidade da matéria prima, ao baixo rendimento e à curta vida útil, fazem com que esse tipo de célula não seja atrativo comercialmente

O silício amorfo (a-Si) é o primeiro material a ser aplicado na tecnologia de filmes finos, além do mais, silício é um material não tóxico e que possui uma grande disponibilidade, permitindo que aplicações em grande escala sejam possíveis, tendo um processo de produção do silício amorfo ocorrendo a baixas temperaturas, tornando possível a utilização de substratos de baixo custo, garantindo dessa forma a obtenção de painéis solares semitransparentes, leves e flexíveis. Com isso, verifica-se uma ampla utilização dessa tecnologia em projetos arquitetônicos que levam em consideração essa característica estética. Células fotovoltaicas de filmes finos de silício amorfo, têm sido utilizadas desde a década de 1980 em relógios digitais, calculadoras e outros equipamentos. Atualmente estão sendo adotadas em múltiplas camadas resultando em eficiências de até 10%.

As células solares fabricadas a partir da família de compostos baseados no Disseleneto de cobre e índio (CuInSe₂, ou simplesmente CIS) e Disseleneto de cobre, gálio e índio (Cu(InGa)Se₂, ou simplesmente CIGS) são bastante similares a do Telureto de cádmio, exibem as maiores eficiências de todos os tipos de células a filme fino Tab 2, por possuírem uma boa aparência estética e são flexíveis, podendo ser encontrados em janelas, revestimentos e formas de telhado. Além disso, possui uma alta vida útil e uma tecnologia que vem sendo cada vez mais aprimorada. Por outro lado, a pouca abundância e a toxicidade dos elementos que compõem essas células são fatores que devem ser aprimorados. Desenvolvimentos nos métodos de produção, que ainda são complexos e de alto custo também necessitam ser considerados para que a tecnologia de CIS seja competitiva no mercado.

De todas as tecnologias de filme fino, que não utilizam silício em sua composição, as células de telureto de cádmio são as líderes do mercado com uma produção anual de 5% do mercado conforme Marwede e Reller (2012). Durante o seu ciclo de vida, apesar de exibirem menores níveis de eficiência que os módulos de silício cristalino, a energia necessária e o tempo de retorno de energia são consideravelmente menores. Portanto, essa menor demanda de energia resulta em menores emissões de poluentes, incluindo o cádmio.

As células solares de terceira geração têm como objetivo alcançar altos níveis ainda mais altos de eficiência, utilizando-se de vantagens já presentes na primeira e segunda geração. Pode-se incluir nessa definição tecnologias orgânicas, pontos quânticos, células tandem/multijunção, células de portadores quentes, células solares sensibilizadas por corantes e tecnologias de *up-conversion* (conversão de direta de fótons) de acordo com a Tab. 3.

Além das elevadas eficiências, células de terceira geração propõem a utilização de materiais não tóxicos, abundantes e leves, podendo ser utilizadas em grandes escalas de produção. O processamento de baixo custo sobre grandes áreas, possível semitransparência, flexibilidade e baixo peso também contribuem para o avanço dessas novas tecnologias.

Tabela 3 - Condições de Teste Padrão, temperatura 20 ° C, intensidade luminosa 1000W / m², massa de ar 1.5.

Tecnologia	Célula Composto Multijunção ou Concentrado (CPV)	Sensibilizada	
		por Corantes/Ponto Quânticos (DSSC/ QDSSCs)	Orgânico ou Polímero (OPV)
Melhor eficiência de células solares de pesquisa em AM1.5 * (%)	43.5	11.1	11.1
Confirmação da eficiência da célula solar em AM1.5 (%)	36-41	8.8	8.3
Eficiência do módulo comercial em AM1.5 (%)	25-30	1-5	1
Máxima eficiência do módulo PV (%)	25	-	-
Custo atual do módulo (USD/W)	-	-	-
Participação de mercado até 2010 (%)	-	-	-
Potência máxima de saída (W)	120	-	-
Tamanho do módulo (m ²)	-	-	-
Área necessária por kW (m ²)	-	-	-
Estado de Comercialização	Apenas produção comercializada em pequena escala	Fase de P&D	Fase de P&D

Estes novos dispositivos incluem células fotoeletroquímicas e células de nanocristais, células estas construídas a partir da deposição compostos orgânicos semicondutores (TiO₂) sobre películas flexíveis. Com uso de nanotecnologias para formação de películas finas sobre substratos flexíveis, o que implica um melhor aproveitamento de todo o espectro solar (células multijunção com utilização de concentração) conforme ilustra a Fig. 4. Primeiro é convertida a radiação solar em calor e esta é convertida em energia eléctrica com uma célula PV “sintonizada” para ganhos térmicos. Vallera (2009) relata que há um custo de fabricação satisfatório em comparação as demais gerações, seu baixo custo junto a uma eficiência maior tornasse a terceira geração algo promissor para o mercado fotovoltaico.

Células orgânicas fotovoltaicas são baseadas na multijunção entre dois materiais orgânicos, que podem ser do tipo molecular ou polimérico. O interesse comercial na produção dessas células é alto, porém as eficiências alcançadas ainda são baixas para que possam ser competitivas. Análises econômicas para células orgânicas fotovoltaicas indicam que a associação entre essas e edifícios é uma possível porta de inserção para a sua industrialização. Dessa forma, um requisito a ser atendido é a semi-transparência das células como afirma Sobrinho (2016).

Por Sobrinho (2016), as células solares sensibilizadas a corantes *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Fig. 5, também conhecidas como células solares de Grätzel, pertencem ao grupo das células solares de filmes finos e possuem destaque pelo seu baixo custo e por utilizarem materiais abundantes e não tóxicos em sua composição. Ademais, os materiais que compõem as DSSC são em sua grande parte de baixo custo, exceto a platina e o rutênio. Um segundo atrativo dessas células é quanto à questão estética, uma vez que suas características de semi-transparência e semi-flexibilidade são ideais para aplicabilidade em edifícios diversos. As DSSC podem operar em condições de sombreamento e sobre temperaturas sem perder desempenho, o que não ocorre em células de silício.



Figura 4 – Módulo Composto por Multijunção, Concentrado (CPV).
(Fonte: www.greenoptimistic.com)



Figura 5 –Célula Sensibilizadas por Corantes/Ponto Quânticos (DSSC/QDSSCs)
(Fonte: www.solar.mayuha.com)



Figura 6 – Célula Orgânico ou Polímero (OPV)
(Fonte: www.sunew.com.br)

As células solares a ponto quânticos (QDSSCs) são reconhecidas pelas suas características de múltipla geração de excítons, estabilidade, e possibilidade de controle da energia de banda proibida, através do ajuste do tamanho dos pontos quânticos, tornando possível a absorção do espectro solar do visível ao infravermelho. Uma vez que as QDSSCs são uma adaptação das DSSCs, suas estruturas são similares consistindo em um foto-anodo, um contra-eletródo e um eletrólito. De acordo com Kouhnavard (2014), a única diferença entre essas duas células solares é que o material sensibilizador é substituído por nanopartículas de PQ nas QDSSCs.

Por último, células feitas de polímero e plástico *Organic Photovoltaic* (OPV), ilustradas na Fig. 6 são compostas de material orgânico, muito leves, flexíveis e semitransparentes. Têm potencial para captação de energia solar e podem ser instaladas em estruturas transparentes, como vidraças e janelas.

3.3 Evolução de preços de painéis fotovoltaicos.

De acordo com a curva de aprendizado construída pelo *International Renewable Energy Agency - IRENA* (2016) em 2015 nos Estados Unidos, os sistemas que convertem energia solar em energia elétrica vêm sofrendo queda constante de preços junto com aumento constante de sua potência. Essa tendência pode ser atribuída à alta concorrência entre as empresas do setor assim como a alta demanda por parte dos mercados consumidores que por vias acarretam o barateamento do processo produtivo enquanto incentiva altos investimentos no setor por parte de instituições públicas e privadas objetivando, principalmente, a pesquisa constante por novos materiais conversores. Vale salientar que a redução dos preços não se resume aos painéis fotovoltaicos, mas também aos conectores, conversores e fixadores acarretando uma diminuição total de custos, conforme Fig. 7. Os custos fixos do sistema são, em sua maioria, a soma dos custos de manutenção englobando 0,5 a 1% ao ano do preço inicial da instalação ao longo de toda vida útil do sistema, cerca de 25 anos.

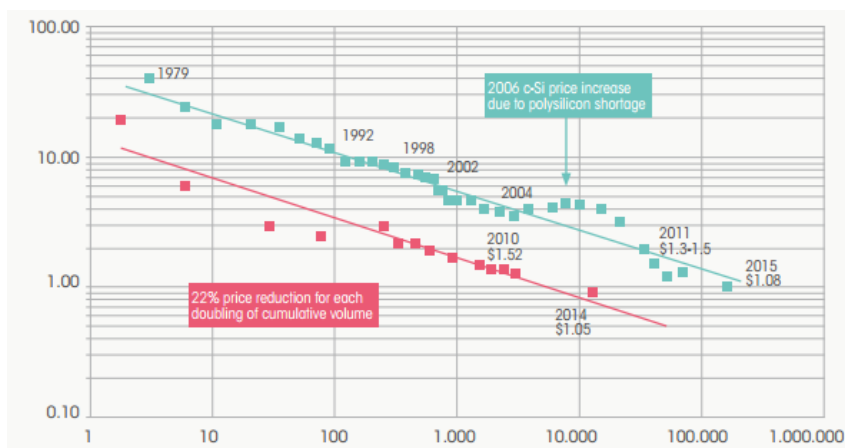


Figura 7 – Preço médio global de FV ($x=USD/Wp$) X $y=$ Volume Acumulado (MW)

3.4 Uso de sistemas fotovoltaico integrado à edificação

Zomer (2014) explica a diferença entre os dois os tipos de sistemas mais comumente utilizados: isolados (ou autônomos) e os conectados à rede elétrica. No sistema isolado, a geração energética fotovoltaica é armazenada em um banco de baterias ou consumida imediatamente. Já nos sistemas conectados à rede, a característica fundamental é que o fornecimento fica sempre disponível, dispensa os bancos de baterias, ou seja, quando a geração energética de um sistema fotovoltaico não for suficiente, o abastecimento da rede convencional volta a ser usado.

3.4.1 Building Integration Photovoltaics BIPV

Sobrinho (2014) explica que o sistema BIPV consiste de elementos fotovoltaicos de dupla funcionalidade: substituir partes estruturais convencionais do prédio e gerar energia. São integrados ao design da estrutura e substituem os elementos convencionais de construção. Revestimentos aplicados em fachadas e pisos são os produtos mais recentes na inovação tecnológica para absorção da energia solar, são produtos com design atrativo e inovador permitindo valor estético exclusivo, o produto pode substituir partes estruturais da construção, são facilmente instalados sobre uma estrutura de madeira ou concreto armado (Jelle; Breivik; Rokenes, 2012).

Painéis de vidro são constituídos por diversas células interligadas e a condução de energia é feita por fios instalados no interior dos perfis e levam a energia de um painel a outro. Apesar de encarecer o custo da obra por ser uma tecnologia mais nova e mais cara, essa tecnologia é muito usada na Europa em fachadas de prédios e coberturas, com o objetivo de aumentar a iluminação natural. Urbanetz, Zomer e Güther (2011) explicam que os vidros fotovoltaicos estão disponíveis em variação de cor e transparência, outro fator significativo de importância no projeto arquitetônico são as cores do módulo e possuem grande variedade.

Com um conceito de integração de sistemas solares em espaços urbanos integrados a construções urbanas, como parada de ônibus, estacionamentos cobertos e semáforos, considerando as aplicações do BIPV como promissora, uma das vantagens de maior relevância e aplicabilidade é a combinação da geração limpa com a arquitetura moderna (Pagliaro; Ciriminna; Palmisano, 2010). Ainda que o custo dos produtos BIPV não seja totalmente acessível, os materiais comumente utilizados na edificação no processo construtivo em fachadas, coberturas ou vidros podem ser substituídos por celular ou módulos fotovoltaicos, que de certa forma gerará uma redução nos custos de materiais de construção. Güther e Salamoni (2011) ainda citam outra vantagem é o impacto visual e de valorização da edificação por possuir um sistema fotovoltaico, gerando energia limpa, e as grandes empresas do setor imobiliário estão explorando essas vantagens no mercado.

3.4.2 Building Applied / Attached / Added Photovoltaics BAPV

São elementos fotovoltaicos instalados em sobreposição à pele do edifício. Nestes sistemas, o desempenho de geração é penalizado pela orientação não ideal das superfícies externas do edifício onde PV é colocado, não substituindo um material da construção e envolve principalmente o uso de módulos fotovoltaicos como vedação final, ou em fachadas ventiladas, em substituição a outros elementos construtivo (pedra, cerâmica, alumínio, madeira, vidro entre outros), neste caso ele entra num projeto onde a edificação já está construída. Segue alguns elementos constituintes desses sistemas;

- O uso de vidros com células fotovoltaicas integradas;
- O uso de módulos fotovoltaicos como vedação final, ou em fachadas ventiladas, em substituição a outros elementos construtivos (pedra, cerâmica, alumínio, madeira, vidro);
- O uso de vidros com células fotovoltaicas com elementos sombreados (brises);
- O uso de elementos fotovoltaicos como elementos estéticos que visam agregar valor à arquitetura.

4. CONCLUSÕES

A necessidade da substituição das fontes de energia convencionais por fontes renováveis faz com que sistemas de geração por energia solar seja um dos mais promissores associando alta eficiência, grande aplicabilidade e queda constante nos preços além da farta oferta dessa energia disponível no Brasil e no mundo.

A importância de delinear as atuais possibilidades de integração das células fotovoltaicas à arquitetura é imprescindível, tendo em vista tanto questões econômicas quanto socioambientais. A evolução no setor não está restrita somente às células fotovoltaicas, mas também à compreensão de que podemos produzir energia com o mínimo de impacto sobre outras pessoas e outras formas de vida.

REFERÊNCIAS

- EPE, 2016. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2016 - Ano Base 2016. Empresa de Pesquisa Energética – Brasília: MME: EPE, 2016. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>> Acesso em: 07 mai. 2017.
- Colsmann, A. et al, 2011. Efficient Semi-Transparent Organic Solar Cells with Good Transparency Color Perception and Rendering Properties. *Advance Energy Materials*, v.1, p. 599-603.
- Di Marco, G; Palmisano, L. 2010. Thin-film photovoltaics. *International Journal of Photoenergy*.
- Dutra, R. M, 2014. Energia Solar Fotovoltaica. Rio de Janeiro: Cepel.
- Güther, R; Salamoni, I. 2014. O potencial dos setores urbanos brasileiros para a geração da energia solar fotovoltaica de forma integrada às edificações. *Fórum Patrimônio: Mudanças climáticas e o impacto das cidades*, v.4, n.1.
- IRENA, *International Renewable Energy Agency*, 2016. The power to change: solar and wind cost reduction potential to 2025. pg.122.
- Jelle, B.P., Breivik, C., Rokenes, H.D. 2012. Building integrated photovoltaic products: A state-of-the-art review and future research opportunities. Trondheim: Elsevier.
- Marwede, M; Reller, A. 2012. Future recycling flows of tellurium from cadmium telluride photovoltaic waste. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 69, p. 35-49.
- Kouhnavard, M. et al. 2014. A review of semiconductor materials as sensitizers for quantum dot-sensitized solar cells. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 37, p. 397-407.
- Pinho, J. T.; Galdino, M. A. 2014. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb.
- Pagliaro, M; Ciriminna, R; Palmisano, G. 2010. BIPV: merging the photovoltaic with the construction industry. *Progress in photovoltaics: Research and applications*, v. 18, n. 1, p. 61-72.
- Rüther, R. et al. 2012. Geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas: compromissos entre forma e função. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR (CBENS), 4, 2012, São Paulo. Anais. CBENS. p. 1 - 8
- Sobrinho, L. C. O. 2016. Desenvolvimentos e Pesquisas na Terceira Geração de Células Fotovoltaicas. Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica.
- Shockley, W; Hans, Q. J. 1961. Detailed Balance Limit of Efficiency of pn Junction Solar Cells. *Journal of applied physics*. Vol. 32, N. 3. March.

- Urbanetz, J; Zomer, C. D; Güther, R. 2011. Compromises between form and function in grid-connected, building-integrated photovoltaics (BIPV) at low-latitude sites. *Building and Environment*, vol. 46, n. 10, pp. 2107-2113.
- Vasconcelos Y. 2013. O desafio do Sol: Nova geração de células flexíveis tenta superar dificuldades para aumentar o uso de energia fotovoltaica no mundo. Maio de 2013. *Eletrônica*. Acesso dia 13 de abril. Disponível em: http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2013/05/072-075_CelulasOrganicas_207.pdf.
- Vallêra, A. 2009. *Colóquios Energia 2020*, Sesul, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 2009.
- Zomer, C. D. 2014. Método de estimativa da influência do sombreamento parcial na geração energética de sistemas solares fotovoltaicos integrados em edificações. 2014.

MATERIALS APPLIED FOR THE GENERATION OF SOLAR ENERGY IN BUILDINGS

Abstract. *The growing need to manufacture photovoltaic cells and materials capable of converting solar energy into electrical energy with higher efficiencies, economically viable and of high quality has been the highlight topic in the last decades. Buildings with grid-tie type photovoltaic systems that are connected to the public grid or the isolated off-grid system that generates electrical energy isolatedly, are constructed with modifications of the materials applied for the generation of electric energy from solar energy, in which these materials are adapted to the type of building material, the type of building design and the climate in which the building is located, the material is generally constructed to adapt the characteristics and conditions of the installation site. The methodology used in this article is that of bibliographic research character, whereby articles, thesis, journals about issues concerning solar energy conversion for BIPV and BAPV systems were studied and analyzed. As of such, the objective of this article is to characterize the various types of materials used in buildings for the generation of electricity from solar energy, their evolution, availability, technical characteristics and recommendations for future researchers in this field.*

Key words: *Sustainable Architecture, BIPV, Solar Energy*