

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO – UNIBRA CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

ALICIA SOUZA DE ALMEIDA
JESSICA DE ARAÚJO CARVALHO
KATHRIN NASCIMENTO DA SILVA

**USO DA TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA INTEGRADA ÀS
EDIFICAÇÕES**

**RECIFE
2022**

ALICIA SOUZA DE ALMEIDA
JESSICA DE ARAÚJO CARVALHO
KATHRIN NASCIMENTO DA SILVA

USO DA TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA INTEGRADA ÀS EDIFICAÇÕES

Artigo apresentado ao Curso de Graduação de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Brasileiro do estado de Pernambuco, como pré-requisito para obtenção do grau de Arquiteto e Urbanista, sob orientação do Professor. M.^a Ana Maria Moreira Maciel

**RECIFE
2022**

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 1745.

A447u Almeida, Alicia Souza de
Uso da tecnologia fotovoltaica integrada às edificações. / Alicia Souza
de Almeida, Jessica Araújo de Carvalho, Kathrin Nascimento da Silva.
Recife: O Autor, 2022.
57 p.

Orientador(a): Ana Maria Moreira Maciel.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário
Brasileiro – UNIBRA. Bacharelado em Arquitetura, 2022.

Inclui Referências.

1. Energia Renovável. 2. Sustentabilidade. 3. Fotovoltaica. I. Carvalho,
Jessica Araújo de. II. Silva, Kathrin Nascimento da. III. Centro Universitário
Brasileiro - UNIBRA. IV. Título.

CDU: 72

*Dedicamos esse trabalho a
nossos pais.*

AGRADECIMENTOS

Alicia Souza de Almeida

Agradeço a Deus pela minha vida e por ter me dado forças para chegar até aqui, a minha Orientadora Ana Maria e coorientadora Carolina, por todo o conhecimento e que nos foi passado para conclusão desse trabalho A minha mãe Arineide de Souza de Almeida por todo apoio e dedicação, Ao meu pai, por todos seus incentivos para meus estudos e para perseverar na vida.

Jéssica de Araújo Carvalho

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus. Agradeço ao meu orientador Ana Maria, por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa, seus conhecimentos fizeram grande diferença no resultado final deste trabalho. A todos os meus professores do curso que teve o prazer de nos passar todo conhecimento na área e a própria UNIBRA pela excelência da qualidade técnica de cada um. Aos meus pais Josiane Nair e Leonardo José que sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória, aos meus irmãos e tios. Aos meus colegas do curso, pelas trocas de ideias e ajuda mútua. Juntos conseguiram avançar e ultrapassar todos os obstáculos, principalmente a Alicia Souza e Kathrin Nascimento que dedicou tempo, finais de semana e noites de sono para que possamos estar entregando esse TCC recheado de informações e conhecimentos.

Kathrin Nascimento da Silva

Agradeço a minha família por todo apoio, amor, compreensão e luz que me foi dado nos momentos de dificuldade. Em especial ao meu pai, que mesmo indiretamente me guiou na escolha dessa profissão, sendo o meu maior exemplo de força, coragem e determinação, a minha mãe que é minha âncora, nos momentos de tempestade estava lá para me acalmar. E ao meu chefe/amigo Arq. Rafael por ter compartilhado mais que aprendizado profissional, me ensinou a ser uma pessoa melhor.

“A arquitetura é a vontade de uma época traduzida em espaço.”

Mies Van der Rohe

RESUMO

Com a busca por um país mais sustentável, vem crescendo a procura por energias solares, principalmente na construção civil, além de ser um dos maiores ramos geradores de resíduos e o uso residencial é o que mais consome energia, pensando nisso se explora o uso de uma energia renovável e limpa na arquitetura, para se diminuir os impactos da evolução da sociedade. Realizar estudo quanto à viabilidade econômica de placas fotovoltaicas, vidros e telhas solares, e as diferentes aplicações em projetos arquitetônicos. Novas formas de produção estão sendo exploradas, fazendo com que o uso dos painéis fotovoltaicos não seja aplicado simplesmente na forma tradicional, mas sim integrado ao desenvolvimento do projeto arquitetônico, dando novo uso, como integrar o elemento a fachada. Dessa forma a tecnologia fotovoltaica vem sendo utilizada de forma até mesmo como uma contribuição a volumetria e plasticidade. Para elaborar a pesquisa e construção das análises foram estudados uma casa unifamiliar com painéis dispostos de forma convencional e desenvolvida uma solução para aplicação da tecnologia no campus 2 UNIBRA no edifício educacional, no laboratório de saúde e na área externa fazendo a análise de sua produção, gastos e economia.

Palavras-chave: Energia Renovável - Sustentabilidade - Fotovoltaica.

ABSTRACT

With the search for a more sustainable country, the demand for solar energy has been growing, mainly in civil construction, in addition to being one of the largest sectors that generate waste and residential use is the one that consumes the most energy. renewable and clean energy in architecture, to reduce the impacts of society's evolution. Carry out a study on the economic viability of photovoltaic panels, glass and solar tiles, and the different applications in architectural projects. New forms of production are being explored, making the use of photovoltaic panels not simply applied in the traditional way, but rather integrated into the development of the architectural project, giving new uses, such as integrating the element to the facade. In this way, photovoltaic technology has been used even as a contribution to volumetry and plasticity. To carry out the research and construction of the analyzes, a single-family house with panels arranged in a conventional way was studied and a solution was developed for the application of technology on campus 2 UNIBRA in the educational building, in the health laboratory and in the external area, making the analysis of its Productions, spending and economics.

Keywords: Renewable Energy - Sustainability - Photovoltaic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Placa de silício monocristalino ou policristalino	20
Figura 02. Filme e aplicação em fachada de telureto de cádmio	22
Figura 03. Filme e aplicação da placa em silício de amorfo	23
Figura 04. Placa, filme e aplicação em telhado em CIGS.	24
Figura 05. Rolo de OPV e sua aplicação.	25
Figura 06. Cores e aplicação da DSSC.	26
Figura 07. Composição de módulo fotovoltaico.	28
Figura 08. Os diversos usos dos painéis integrados às edificações.	29
Figura 09. Telhas solares fotovoltaicas com placas de silício monocristalino.	31
Figura 10. Fachadas com opv e dssc.	32
figura 11. Casa yin-yang.	34
figura 12. Planta baixa casa yin-yang. .	35
figura 13. Casa yin-yang próximo ao telhado fotovoltaico.	36
Figura 14 Planta baixa térrea e corte	38
Figura 15. Copenhagen international school.	38
Figura 16. Detalhamento de placa kromatrix.	39
Figura 17. Detalhamento de projeto de fachada solar lab.	40
Figura 18. Detalhamento de telha da big-f10.	41
Figura 19. Séries de cabeamento.	42
Figura 20. Residência unifamiliar em São Sebastião-SP.	42
Figura 21. Minigeração de residência unifamiliar em Camaragibe.	43
Figura 22. Pontos de aplicações e análises.	47
Figura 23. Fachadas oeste, sul e sudeste do edifício do campus 2 da Unibra.	49

LISTA DE TABELAS, GRÁFICOS E QUADROS

Quadro 01. Ambientes da residência yin-yang.	35
Quadro 02. Dados da minigeração.	44
Tabela 01. Dados da minigeração.	21
Tabela 02. Análise de dimensionamento e produção de telhas fotovoltaicas.	22
Tabela 03. Custos para obter o sistema com telhas fotovoltaicas.	23
Tabela 04. Análise de dimensionamento e produção de filmes fotovoltaicos.	24
Tabela 05. Análise de dimensionamento e produção placas fotovoltaicas.	25
Tabela 06. Custos para obter o sistema com placas fotovoltaicas.	26
Tabela 07. Dados da minigeração.	48
Tabela 08. Análise de dimensionamento e produção de telhas fotovoltaicas.	48
Tabela 09. Custos para obter o sistema com telhas fotovoltaicas.	50
Tabela 10. Análise de dimensionamento e produção de filmes fotovoltaicos.	50
Tabela 11. Análise de dimensionamento e produção placas fotovoltaicas.	51
Gráfico 01. Produção e consumo da residência.	44
Gráfico 02. Comparação de custo da residência.	43
Gráfico 03. Tempo de retorno financeiro.	46

LISTA DE SIGLAS/ABREVIATURAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BIVP	Building Integrated PhotoVoltaics
C	Carbono
OPV	Células fotovoltaicas orgânicas
TiO ₂	Dióxido de titânio
IV	Infravermelho
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
°C	Grau Celsius
MWH	Megawatt-hora
m ²	Metros quadrados
HJT	Painel solar híbrido
PET	Politereftalato de Etileno
%	Porcentagem
Kg	Quilogramas
KW	Quilowatts
kWP	Quilowatt pico
Se	Selênio
CIS/CIGS	Seleneto de cobre, índio e gálio
Si	Silício
a-Si	Silício amorfo
Se	Selênio
CdTe	Telureto de cádmio
UV	Ultravioleta)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Justificativa	14
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivos gerais	15
2.2. Objetivos específicos	15
3. O EMPREGO DA TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL	16
3.1. Sustentabilidade nos projetos	16
3.2. O surgimento e evolução das placas fotovoltaicas	18
3.3. As gerações das placas fotovoltaicas	19
3.4. Tecnologia BIPV	27
3.4.1. Painéis fotovoltaicos	27
3.4.2. Telhas fotovoltaicas	30
3.4.3. Vidros fotovoltaicos	32
4. PROJETOS DE REFERÊNCIAS	34
4.1. Casa yin yang	34
4.2. Copenhagen international school	37
4.3. Casas com telha solar	41
5. ANÁLISES E APLICAÇÕES	43
5.1. Residência unifamiliar	43
5.2. Unibra	46
6. CONCLUSÕES	52
7. REFERÊNCIAS	53

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, segundo Solar (2020) o crescimento populacional e de uso de energias não renováveis, fez com que a busca por tecnologias mais sustentáveis ganhasse força, iniciando descoberta das células fotovoltaicas por volta de 1870, mas foi apenas em 1885 que foi criada a primeira placa “fotoeletrica”. De acordo com (RUTHER, 2004) Desde quando surgiu a célula solar fotovoltaica por terem um alto custo era apenas usada em satélites que orbitam nosso planeta. Mas a tecnologia evoluiu ao ponto de se tornar economicamente viável usar no meio terrestre.

Devido a essa viabilidade e a busca sustentabilidade energética vem crescendo ao longo dos anos. Por isso (PINHO, 2014) afirma que, o aproveitamento da energia solar é inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor como de luz, e hoje encontra-se como uma das alternativas energéticas mais promissoras do mundo. Sendo ela uma fonte inesgotável sem taxa de uso e que pode ser aplicada com mais facilidade no meio urbano. A tecnologia fotovoltaica evoluiu ao longo dos anos para aprimorar o sistema, integrar melhor as edificações, essa busca pelo aprimoramento da tecnologia, fez com que evoluíssemos e hoje há três gerações que evoluirão no material, na eficiência, sustentabilidade e aplicabilidade, esse aprimoramento para (RUTHER, 2004) fez com que as placas solares fotovoltaicas não fossem mais apenas usadas para ser implantada em telhados e exercer uma única função de geração de energia, ela pode funcionar como um elemento arquitetônico, como telhados, fachadas e janelas e que hoje a indústria vem pesquisando e desenvolvendo uma série de produtos dirigidos para aplicação do entorno construído.

Quando se trata do Brasil o tipo de energia em questão ainda é muito embrionário já que ainda em de 2012, 99% do painel era em áreas isolada sem acesso rede elétrica pública, o cenário do país só começa a mudar em 17 de abril de 2012 quando a ANEEL (Agência nacional energia elétrica) regulamentou a energia solar conectada à rede elétrica públicas, a implantação cresce a cada ano segunda (ANEEL,2022). Ainda de acordo com a (ANEEL, 2022) hoje o uso de energia solar no brasil corresponde apenas 1,7% do nosso uso total, sendo energia solar residencial responsável por 72,6% desse número, em seguida vêm comércio e serviços com 17,99% e com 6,25% uso rural. Acredita-se hoje que a grande luta do país é ter uma viabilidade de custo para essa tecnologia, onde o custo ainda é bastante elevado. De acordo com os dados da (ANEEL,2022) a matriz elétrica total brasileira é de

185.751.183,01 KW sendo deste valor 6.313.813,69 KW de fontes de energia solar, correspondendo a 3,40% da matriz elétrica total. Com base no valor da matriz elétrica de energia solar é visto que 4.280.028,87 KW corresponde a valor gerado no Nordeste que é cerca de 68% da matriz de energia solar do Brasil.

1.1. Justificativa

Com a busca por um mundo mais sustentável faz com que a o ramo da construção civil crie mais materiais que agridam menos o meio ambiente, buscando essa vertente que foi pensado em analisar novos métodos de tecnologia fotovoltaica como elemento arquitetônico, para se entender o andamento e expansão da tecnologia nas edificações que impacta na qualidade de vida dos usuários, com redução de sensação térmica, redução de ultrapassagem de raios UV (ultravioleta) e IV(infravermelho) em fachadas de vidro entre outros, além de aperfeiçoamento da tecnologia para que seja mais esteticamente bonitos e mais eficientes, integrando beleza, sustentabilidade e economia, além de tudo busca-se analisar a viabilidade dessas novas tecnologias para a nossa realidade, que construir quer dizer gastar e que quando fala-se em gastar o valor pode impactar muito na escolha do método, ou até o uso ou não uso dele de determinado elemento.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Gerais

Realizar estudo quanto à viabilidade econômica de placas fotovoltaicas, vidros e telhas solares, e as diferentes aplicações em projetos arquitetônicos.

2.2. Objetivos Específicos

- Mostar custo de uma residência unifamiliar que faz uso de painel solar no modo BAPV;
- Sugerir aplicação de placas fotovoltaicas no campus II da UNIBRA utilizando telhas e placas fotovoltaicas e vidro com OPVs de forma a ampliar a difusão dessa tecnologia;
- Analisar o custo e viabilidade da sugestão de aplicação no campus II da Unibra.

3. O EMPREGO DA TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL

Para entender sobre tecnologia sustentável é necessário primeiro entender o conceito do desenvolvimento sustentável.

O desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades. ele contém dois conceitos chaves; [...] sobretudo as necessidades essenciais dos pobres no mundo que devem ser prioridade; limitações que o estágio da tecnologia e da organização social impõe ao meio ambiente impedindo-o de atender as necessidades presentes e futuras.[...] haverá muitas interpretações mas todas elas terão características comuns e devem derivar um consenso quanto o conceito básico de desenvolvimento sustentável quanto uma série de estratégias necessárias para sua consecução.(BRUNDTLAND,1991).

A partir dessa visão que a relação homem e natureza, deixam um limite para o bem estar comum de uma sociedade, e um limite máximo para o uso dos recursos naturais. Buscando esses conceitos na construção civil, que para Cunha e Siqueira (2009), o setor deve se engajar mais e fazer introdução progressiva de sustentabilidade, buscando em cada obra soluções que sejam economicamente relevantes e viáveis para o empreendimento. Nesse ponto é onde a tecnologia sustentável entra como sendo uma solução que reduz custos e impactos negativos no meio ambiente sem prejudicar o bem comum.

O uso da tecnologia sustentável fotovoltaica integrada às edificações faz com que reduza o impacto do consumo da energia elétrica, e também dos materiais empregados, fazendo assim a troca de um material convencional por um sustentável que ao mesmo tempo irá produzir energia, gerando um bem para o usuário e o bem da sociedade, pois segundo (RÜTHER, 2004) as gerações distribuídas, diminuem os riscos de *Blackout* elétricos, pois não sobrecarrega as produtoras centraliza.

A tecnologia sustentável fotovoltaica em 2022, busca diminuir o uso de recursos naturais e seu derivado que é a poluição, com isso o mundo busca evoluir cada dia mais as tecnologias limpas, onde a fotovoltaica é considerada uma das mais promissoras quando se trata do meio urbano, por poder ocupar espaços inutilizados de um telhado para a geração.

3.1. Sustentabilidade nos projetos

Os projetos sustentáveis de acordo com Ideais, (2022) visam oferecer soluções

que sejam inovadoras para moradia, acessibilidade e produção sem que prejudique o meio ambiente, mas que realizar um projeto sem gerar nenhum prejuízo a natureza é impossível, a ideia é que tenha-se um plano para reduzir os danos ao construir, onde a arquitetura sustentável faz esse papel de buscar soluções para otimizar os recursos naturais durante seu processo, reduzindo os impactos ambientais causados pela construção civil, com a premissa que atender as necessidades humanas sem deixar de lado questões sociais, ecológicas e econômicas.

Segundo (FERRARI; MARTINS,2022 p.6 apud DARDENGO, 2017, p7) os também chamados de edifícios verdes não só restringem ou eliminam o impacto negativo no meio ambiente, mas também reduzem o uso de água, energia ou recursos naturais, e têm um resultado positivo, gerando sua própria energia ou promovendo o crescimento da biodiversidade. Ao olhar para o panorama mundial e realizarem estudos sobre sustentabilidade habitacional se diz que.

Conforme dados da Organização das Nações Unidas (ONU), em 2050 cerca de 68% da humanidade morará em cidades. Estas não chegam nem a 3% da superfície do planeta, mas consomem 78% da energia e geram 60% das emissões de gases de efeito estufa. Por isso, a própria ONU aprovou em 2016 as Novas Agendas Urbanas para assessorar os países em seus processos de urbanização e tornar as cidades lugares mais habitáveis, inclusivos, saudáveis, resilientes e sustentáveis. (IBERDROLA,2022)

Pensando em incentivar a sustentabilidade nos projetos que segundo Klabunde,(2022) em 1993 foi criado pela *United States Green Building* um certificado que tem o intuito de promover melhores práticas na construção e torná-lo sustentável além e mudar a mentalidade do mercado para melhor, o certificado em questão é denominado LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*). Mas para obter esse certificado que tem o reconhecimento internacional de acordo com (IBERDROLA, 2022) que é membro da Associação Madri Capital Mundial de Construção, Engenharia e Arquitetura é necessário seguir algumas características, que são: Inovação, que consiste na ideia inovadora sobre sustentabilidade no projeto executado; Localização que visa não construir em lugares de meio ambiente sensível e que integre o transporte público ao local, para diminuir o uso de carros particulares; Espaço sustentável que é manter a área mais preservada o possível, tendo interação com a natureza; Eficiência do uso da água, reduzir o consumo durante a construção e após; energia e atmosfera, que é diminuir o consumo e melhorar a eficiência

energética; materiais e recurso, economia de materiais e reciclagem; qualidade do ambiente interno, que visa conforto ambiental ; Prioridade regional que visa melhorias para o local onde o projeto está situado.

3.2. O surgimento e evolução das placas fotovoltaicas

Anteriormente a descoberta e criação das placas fotovoltaica segundo Solar(2020) ocorreu a descoberta das células solares fotovoltaicas em 1839 pelo físico francês Alexandre Edmond becquerel, para esse desenvolvimento era necessário um material que fosse capaz de transformar luz solar e energia elétrica, foi quando de acordo com Small (2015), em 1876 que o professor William Grylls Adms e seu aluno Richard Evans Day, testaram o efeito da luz no Selênio (Se), observando que se criava um fluxo e eletricidade, onde eles denominaram de efeito "fotoelétrico", afirma Solar(2020) que em 1883 quando Charles Fritts construiu o primeiro modo" fotoelétrico", onde sua ideia consistia, em espalhar uma camada de selênio sobre um suporte metálico e cobrir com um película fina transparente de ouro, o mesmo enviou seus painéis para *Werner von Siemens* que apresentou os módulos aos americanos na academia real de Prússia, onde pela primeira vez houve evidência da conversão direta de luz em energia elétrica.

De acordo com Customiza (2020), A primeira célula fotovoltaica de silício foi descrita de 1941 por Russel Shoemaker Ohl, foram realizadas pesquisas que permitiu abandonar o selênio (Se) que não tinha uma boa capacidade de produção de energia e começar a usar o silício (Si) como o material básicos das células. Em 1950 Calvin Fuller e Gerald Pearson começa a trabalhar na materialização da teoria do transistor construída em silício (Si), porque a mesma mostrava 6% de eficiência, ao mesmo tempo que estudavam os transistores, segundo (PUIG; JOHFRA,2007).

De acordo com (MACHADO, 2015) primeira célula solar preparada a base de silício foi desenvolvida por cientistas da Bell Labs em 25 de abril 1954, pelos engenheiros Calvin Fuller, Gerald Pearson e Darry Chapin, desde então, as pesquisas no ramo não pararam mais. Ainda de acordo com Machado (2015), em 26 de abril de 1954 o jornal *The New York Times* anunciou que as células fotovoltaicas de silício poderiam ser a possibilidade do futuro de aproveitamento de uma fonte de ilimitado o que tal afirmativa está correta, porque a quantidade de luz que o sol nos fornece diariamente é o suficiente para

alimentar a necessidade de energia diária do nosso planeta, e que a superfície da terra recebe dez mil vezes a mais a quantidade de energia do que se consome.

Com tudo (MARQUES *et al*,2009) afirma que em 1956 iniciou-se a produção industrial seguindo o desenvolvimento da microeletrônica, e quem em 1959 os Estados Unidos usa a luz solar como fonte alternativa de energia elétrica, como o objetivo inicial de aproveitar como geração elétrica para os seus satélites. Observa-se que até então por ser uma tecnologia consideravelmente nova, segundo Rütther (2004) o custo era muito alto para que se fosse usado de outras formas, então as grandes potências mundiais só usavam em satélites.

3.3. As gerações das placas fotovoltaicas

Para se entender as placas, primeiro é necessário entender como elas convergem energia solar em energia elétrica.

Os Módulos Solares Fotovoltaicos não utilizam calor para produzir eletricidade. Interpretando a palavra, “photo” significa “produzido pela luz” e o sufixo “voltaico” refere-se à “eletricidade produzida por uma reação química”, ou seja, eles são os elementos básicos para a transformação de energia eletromagnética em energia elétrica e podem ser compreendidos como dispositivos semicondutores que produzem uma corrente elétrica quando expostos à luz. (MARQUES *et al*,2009).

Observou-se que silício (Si) é o material mais usado, porém não é o único tipo de material usado em placas FV. Atualmente há desenvolvidas três gerações, composta pelas placas, em origem cronológica silício monocristalino m-Si, silício policristalino (p-si), silício amorfo (a-Si) telureto de cádmio (CdTe), seleneto de cobre, índio e gálio (CIS /CIGS), Células fotovoltaicas orgânicas (OPV) e Painel de células solares sensibilizadas por corantes (DSSC). A primeira geração é dividida em silício monocristalino e policristalino, que tem uma eficiência de 21 a 24 % de acordo com (TORRES *et al*,2019)

O silício monocristalino é considerado mais eficiente, já que possui uma estrutura uniforme com um único cristal que melhora diretamente a eficiência na condução dos elétrons, por não haver barreiras.

“O processo de dopagem de um semicondutor consiste na introdução de impurezas no material com o objetivo de modificar suas propriedades elétricas” (PEREIRA, 2016), porém para que ele tenha toda essa eficiência ele precisa passar por

complexos dopagem que tem o objetivo de criar camadas p e n, que são impurezas adicionadas, que tem o objetivo de melhorar a condutividade.

O silício policristalino, diferentemente, não tem tanta complexidade para seu desenvolvimento, já que seu processo é menos rigoroso e mais barato e é feito a partir de fusão em molde, num processo lento para ficar sólido, como aponta (TORRES *et al*,2019). Suas diferenças delas são distinguidas por sua coloração e também por sua forma, a monocristalina, o silício é solidificado em formato de barras circulares e posteriormente cortado com suas bordas arredondadas além de ter uma coloração mais escura, a policristalina é fragmentos derretidos solidificadas em formato de blocos, e posteriormente cortada em formas quadricular e tem um tom de azul, que faz que essas diferenças se tornem perceptível aos olhos humanos, como é possível ver na figura 1.

Figura 1: Placa Monocristalino ou policristalino



Fonte: Site Neosolar¹

Na tabela 1 é possível ver a vantagem e a desvantagens dos dois tipos das a primeira geração tem grandes vantagens, a monocristalina estima-se que tenha a durabilidade de mais de 30 anos e tem uma alta eficiência, porém contrapondo como desvantagem seu custo é maior, por conta do seu método de produção, que faz com que haja desperdício de uma parte no corte, já a policristalina estima-se que eles tenham a durabilidade de 25 a 30 anos e obtém um custo mais econômico, pela quantidade de silício usado ser menor comparado a outro sistema, mas tem uma

¹ Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/kit-gerador-energia-solar-hoymiles>>Acessado em 17 de Set. de 2022

desvantagem por ter menor eficiência, que faz com que o usuário necessite de mais placas para obter a quantidade de energia necessária, segundo Solar (2021).

Tabela 1: Vantagens de desvantagens de silício monocristalino e silício policristalino

Silício monocristalino		Silício policristalino	
Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
Melhor eficiência	Processo de dopagem	Processo menos rigoroso	Menor eficiência
Estrutura uniforme	Custo maior	Mais barato	
Durabilidade mais de 30 anos		Durabilidade 25 a 30 anos	

Fonte: site Portal solar

A segunda geração denominada como filmes finos é dividida em por três materiais, telureto de cádmio, silício amorfo e disseleneto de cobre, índio e gálio que tem eficiência de 6 a 16% (PINHO, 2014) afirma que esta geração apresenta menor eficiência do que a primeira, e tem pouca participação no mercado por existir dificuldades associadas a disponibilidade das matérias primas, vida útil, rendimento das célula e no caso especificamente do cádmio sua alta toxicidade é o que faz haver um retardamento da sua utilização em maior escala.

O telureto de cádmio (CdTe) tem uma participação de apenas 5,1% das PV produzidas mundialmente, apesar de sua tecnologia obter custos mais baixos comparados à primeira geração, na tabela 2 é possível ver suas vantagens e desvantagens.

Devido a sua toxicidade, a produção de PV em cádmio é uma preocupação ambiental, que procurava amenizar o impacto reciclando os módulos no fim da vida útil, porém a opinião pública é negativa sobre o assunto. A figura 2 traz exemplos do filme com sua flexibilidade e aplicação em uma fachada com uma forma mais sólida.

Tabela 2: Vantagens e desvantagens de telureto de cádmio

Telureto de cádmio (CdTe)	
Vantagens	Desvantagens
Menor custo	Alta toxicidade
Eficiência energética 9 a 16%	Custo maior
Durabilidade 25 a 30 anos	Durabilidade pode ser reduzida se houver funcionamento inadequado durante algum tempo, seja por instalações inadequadas ou influência do clima

Fonte: site Portal solar

Figura 2: Filme e aplicação em fachada de telureto de cádmio



Fonte: Site Petro notícia / Site Tecnologia de materiais²

O silício de amorfo (a-Si) segundo (APARECIDA, 2016) o amorfo é um material que se difere do silício cristalino por não ter um ordenamento estrutural dos seus átomos e que por isso sua eficiência é baixa. propriedade fundamental para aplicações espaciais, além de apresentaram uma ótima estética que possibilita que possibilita a aplicação em fachadas. Porém de acordo com Rüter, (2004) é a mais pesquisada atualmente pelo seu baixo custo e processo mais simples de fabricação que possibilita a seja depositado sob substratos de baixo custo, como vidro, aço inox e alguns plásticos, desta forma módulos solares hoje se tornam flexíveis, inquebráveis, leves, semitransparentes, com superfícies curvas, como mostra na tabela 3.

² Disponível em: < <https://tecnologiademateriais.com.br/portaltm/energia-solar-no-inverno-como-e-o-desempenho-de-paineis-solares-na-estacao-mais-fria-do-ano/> <https://petronoticias.com.br/tag/telureto-de-cadmio/> > acesso em 24 de Set. 2022

Tabela 3: Vantagens de desvantagens do silício de amorfo (a-Si)

Silício de amorfo	
Vantagens	Desvantagens
Baixo custo	eficiência energética de 6 a 9%
Fabricação simples	
Filme fino Flexíveis, inquebráveis, leves, semitransparentes e com superfícies curvas	Não possui ordenamento estrutural

Fonte: site Portal solar

A figura 3, mostra a flexibilidade do módulo de silício de amorfo e sua aplicação em um telhado, podendo até dar uma trabalhabilidade curva.

Figura 3: Filme e aplicação da placa em silício de amorfo



Fonte: Edifícios solares fotovoltaicos / Site hisour³

O disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) é feito em forma de camadas que são finas o suficiente para ser flexível, sua técnica de depositar-se em substratos como vidro e plástico em alta temperatura como mostra na figura 4. Normalmente a eficiência dessa placa está entre 10 a 12%, mas aqui no Brasil algumas já chegam a 16% como mostra na tabela 4 abaixo. Para com Rüther (2014) esse tipo de tecnologia é um alto competidor no mercado por poder ser integrado às edificações, e por ter uma ótima aparência estética elas surgem cada vez mais como grandes superfícies

³ Disponível em: < <https://www.hisour.com/pt/amorphous-silicon-39639/> > acessado em 24 de Set. De 2022

onde se encontra em diversas aplicações arquitetônicas, mas a pouca abundância dos elementos e a toxicidade deve ser considerada caso a tecnologia atinja quantidades significativas de produção.

Tabela 4: Vantagens de desvantagens disseleneto de cobre,índio e gálio

Disseleneto de cobre, índio e gálio	
Vantagens	Desvantagens
Eficiência energética no Brasil 16%	Toxicidade se usado em grande quantidade
Camadas finas com aplicação em vidro e plástico flexível	
Alta absorção e resistente ao aquecimento	

Fonte:site Portal solar

Figura 4: Placa, filme e aplicação em telhado em CIGS.



Fonte: Site canal solar/ Site Dsolar/ site archexpo⁴

Pode se ver na Figura 4 a aplicação do CIGS primeiro em vidro se apresentando em sua forma rígida, depois em plástico, deixando flexível e por último a aplicação em um telhado.

⁴ Disponível em:< <https://canalsolar.com.br/filmes-finos-cigs-uma-alternativa-ao-silicio-cristalino/>
<https://pt.dsisolar.com/solar-panel/cigs-solar-module-panel/140w-flexible-cigs-solar-module.htm> <https://www.archiexpo.com/pt/prod/clix-steel-profile/product-58878-1687238.htm>> Acesso em 24 de Set. de 2022

Notar-se algumas vantagens como uma produção sustentável com uso de menos recursos e menor volume de matéria, por isso são mais baratos, são melhores absorvente de luzes difusas e por isso são mais indicados para instalação vertical, pode fabricado em diversos tamanhos, por sua flexibilidade ele não tem micro rachaduras como os cristalinos, além de ter uma aparência esteticamente bonita, mas a desvantagem é por terem uma eficiência menor, então para atingir a quantidade de energia produzida necessária, é preciso bastante espaço, além de que comparado a cristalinos ele tem uma vida útil menor.

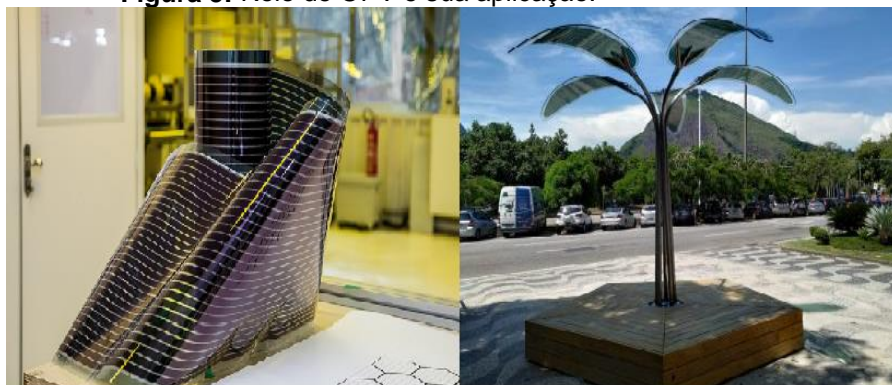
A terceira geração é composta por Células fotovoltaicas orgânicas (OPV) e Painel de células solares sensibilizadas por corantes (DSSC). As células fotovoltaicas orgânicas é um filme plástico formado por materiais orgânicos e recicláveis sintetizados em laboratório. Segundo (GALDINO *et al*, 2018) elas podem ser compostas por materiais flexíveis leves e semitransparentes, dando a possibilidade de aumento de aplicações de diferentes áreas comerciais.

Tabela 5: Vantagens de desvantagens de OPV

OPV	
Vantagens	Desvantagens
Filme plástico formado por materiais orgânicos e recicláveis	Menor tempo de vida útil
Flexíveis, leves e semitransparentes	Eficiência energética de 2 a 6%

Fonte: site Portal solar

Figura 5: Rolo de OPV e sua aplicação.



Fonte: Site petcivluem / Site sustentável blog⁵

⁵ Disponível em: <<https://petcivluem.com/2021/04/12/filmes-fotovoltaicos-organicos/>
<https://cebds.org/sunew-instala-no-rio-mobiliario-que-permite-a-recarga-de-celulares-com-energia-solar/>> acesso em 24 de Set. de 2022

A tecnologia tem algumas desvantagens que são seu tempo de vida útil e o aumento dos valores de eficiência pois sua eficiência em módulos comerciais está entre 2 a 6%, como mostra na tabela 5, a figura 5 mostra as flexibilidades e como são embalados os filmes em rolos e como ele pode ter diferentes tipos de uso devido a sua flexibilidade, servindo até de mobiliário urbano.

A DSSC(células sensibilizadas por corante) é também conhecida como célula Grazel porquê Segundo Tractz, et al. (2020) em 1991, Gräzel e colaboradores perceberam que havia uma sensibilização do TiO₂ de porosidade com o corante baseado em rutênio que apresentava características únicas de aplicação para sistemas fotovoltaicos e desde então vem sendo testado diversos matérias e suas aplicações no intuito de produzirem um sistema como maior eficiência, já que possui apenas cerca de 14% de eficiência, Porém a tecnologia possui uma grande desvantagem sua vida útil é de apenas 10 anos, como mostra na tabela 6 abaixo.

Tabela 6: Vantagens de desvantagens células sensibilizadas por corante (DSSC)

células sensibilizadas por corante(DSSC)	
Vantagens	Desvantagens
Semicondutores que ao aplicar corantes temos coloração diferente	Durabilidade de 10 anos

Fonte: site Portal solar

Figura 6: cores e aplicação da DSSC.



Fonte: Site engadget / Site pubs. ⁶ .

⁶ Disponível em: <https://www.engadget.com/2007-07-30-pink-solar-cells-provide-green-power-on-the-cheap.html> <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/cr900356p>> Acesso em 24 de Set. de 2022

No DSSC temos diversos semicondutores que podemos aplicar em junção aos corantes, que é uma grande aliada na questão estética que impulsionariam a sua comercialização. A figura 6 mostra a esquerda as diferentes possibilidades de cores que podem ser adquiridas por esse tipo de célula.

3.4 Tecnologia BIPV

Quando instalados em edifícios já construídos, os sistemas fotovoltaicos são aplicados com estruturas independentes que é conhecido como BAPV, (Building Applied Photovoltaics -Fotovoltaica aplicada à construção), quando são integrados aos edifícios como componente de construção que fornece outras funções é conhecido como BIPV (Building Integrated PhotoVoltaics-Construção de fotovoltaicas integrados.)

De acordo com (IEA, 2018) para uma construção ser declaradas como BIPV ela tem que ter funcionalidade para os edifícios, como rigidez mecânica ou integridade estrutural, proteção primária contra impactos climáticos como chuva, neve, vento, granizo, economia de energia, como sombreamento, iluminação natural, isolamento térmico.

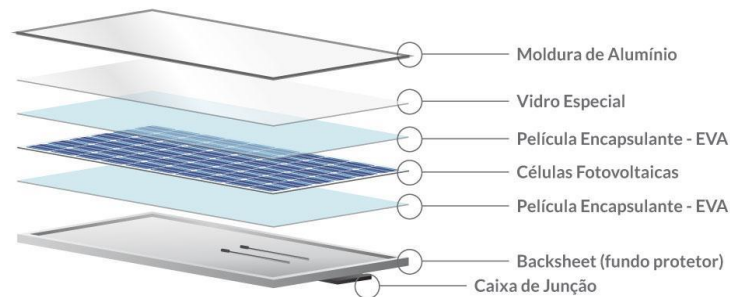
Afinal, se é possível gerar energia com alto desempenho, substituindo revestimentos passivos de fachada por revestimentos ativos e estéticos e que devolvem o investimento adicional aplicado no decorrer do tempo, que traz uma vantagem porque nas grandes cidades em geral os edifícios não possuem área suficiente para gerar a energia para atender a demanda, porém com a utilização das fachadas, que representam uma grande área na construção, poderá aumentar a produtividade, segundo BADRA, (2020).

3.4.1 Painéis fotovoltaicos

As placas solares também podem ser chamadas de módulo ou painel fotovoltaico, é o equipamento fundamental para produzir energia elétrica fotovoltaica. Como se pode ver na figura 7 a placa é composta por um conjunto de células que são responsáveis por converter a luz solar em eletricidade, são capazes de produzir materiais semicondutores através de correntes elétricas podendo ter fluidez de até duas camadas com cargas opostas.

As células fotovoltaicas funcionam quando atingem os fótons, fazendo com que rodeiam os átomos se desprendendo e migrando a uma parte da célula de silício que está com ausência de elétrons, assim cria uma corrente elétrica chamada de energia solar fotovoltaica.

Figura 7: Composição de módulo fotovoltaico



Fonte: Nutri solar⁷

Diversos tipos de semicondutores são usados para a fabricação das células fotovoltaicas, os silícios cristalinos (c-Si); o silício amorfo hidrogenado (a-Si:H); o telureto de cádmio (CdTe) se destacam entre as composições citadas (RUTHER, 2004).

As condições climáticas brasileiras influenciam diretamente na produção da energia fotovoltaica que são convertidas em eletricidade gerando energia solar. Vale ressaltar que as estações climáticas podem prejudicar diretamente a captação de energia, durante o inverno ocorre pouca exposição ao sol sendo insuficiente para a conversão em energia elétrica, embora a chuva possa ajudar na limpeza do painel fotovoltaico. Segundo Engie (*apud* COSTA, 2020, p.24) No outono as folhas secas acumuladas causam sombreamento impactando diretamente na conversão e fatores como resíduos de pássaros e acúmulo de poeira pode causar a redução de 15% da taxa de conversão energética, nesses casos a limpeza das placas precisa ser feito de um modo mais eficaz, pois as placas necessitam de luz solar para a geração de energia e não o calor do sol, a alta temperatura pode causar danos às placas caso não seja de uma boa qualidade, coeficientes ideais para uma placa fotovoltaica são de 0,25 a 0,47%.

⁷ Disponível em: < <https://nutrisolar.com.br/como-funciona/> > acessado em 6 de Out de 2022

O aumento dos custos dos combustíveis fósseis e novas experiências adquiridas pelas células faz com que as placas sejam mais acessíveis, porém com o custo ainda elevado. Diante disso diversas iniciativas surgiram ao longo do tempo sendo a principal *World Community Grid*, que é um dos braços tecnológicos da Universidade de *Harvard* nos Estados Unidos da América, com avanço da tecnologia o processamento a software (BOINC) utiliza do supercomputador para as pesquisas científicas, simulando painéis solares que além de buscar o baixo custo tentam achar a melhor forma de fabricação. Em 24 de junho de 2013, dentre as pesquisas foram divulgados os índices de conversão de luz solar em energia elétrica de 10% com algumas conversões superiores de 13% e mais de 20.000 promissoras moléculas processadas. Após o entendimento do que são os painéis e o seu funcionamento e sua busca por melhores eficiências, se olham como ele pode ser integrado como BIPV, já que atualmente ele é mais usado como BAPV, onde o mesmo é colocado sobre uma estrutura independente na edificação. De acordo com (FREIRE, 2018) Quando se pensa no design das residências integrando as placas, se vêem como tendência elas no exterior da edificação, fazendo combinações mediante sua coloração, porém a depender de como são aplicadas elas têm desvantagens em relação a seu desempenho de produção, já que as mesmas não ficam posicionadas em um ângulo ideal em relação ao sol.

Figura 8: Os diversos usos dos painéis integrados as edificações



Fonte: Site Shatenergy/ Site Solideo/ Site ecomontes⁸

⁸ Disponível em: < <https://www.solideo.es/que-son-los-sistemas-fotovoltaicos-bipv/>
<https://www.sharenergy.com.br/como-integrar-placas-fotovoltaicas-ao-meu-imovel/>

É notável que para o uso dessa tecnologia como BIPV é importante ter espaço, pelas dimensões de suas peças e pelas limitações que elas impõem então se analisa que as mesmas podem vir como claraboia, trazendo claridade para dentro do ambiente com sua transparência, integrar cobertura de varandas que são ideais para o Brasil por seu clima quente, onde o mesmo é fixado numa estrutura tipo pergolado de estrutura metálica ou madeira trazendo elegância e um lindo visual e integrar como envelopamento da construção permitindo bastante entrada de luz e redução da temperatura interna dos ambientes pela sombra gerada por elas em todo entorno da edificação, entre outros tipos de integração como mostra na figura 8 acima.

3.4.2 Telhas fotovoltaicas

O avanço tecnológico permitiu soluções a fontes renováveis de energia sustentáveis para melhorar a qualidade de vida, sendo assim com a descoberta das telhas solares fotovoltaicas.

As telhas são compostas por grandes ou pequenos números de células fotovoltaicas, fabricadas por elementos semicondutores que liberam elétrons em contato com as radiações eletromagnéticas (luz natural) dessa forma a fabricação da célula capta a luz natural formando a corrente elétrica.

Segundo Justos (2018), as telhas podem cobrir todo o telhado ou apenas algumas partes, geralmente são feitas em módulos com aparência e matérias de telhas normais, elas podem apresentar formatos diversos desde telhas mais planas, até as de modelos curvados mais tradicionais, porém as telhas com as características curvas não oferecem mesma área efetiva para aproveitamento energético. As telhas podem ser incorporadas a vários tipos, de células fotovoltaicas, como monocristalina, policristalina de silício de amorfo, a escolha vai depender dos níveis de eficiência requerido e a flexibilidade desejada, Como mostra na figura 9. As placas de silício monocristalino incorporado com telhas tradicionais, sendo uma telha de área plana com a as placas e outra de área curva. Para Rütther (2004). A telha fotovoltaica é uma opção para gerar eletricidade e atuar como elemento arquitetônico em telhados, cumprindo exigências físicas e estruturais devendo apresentar versatilidade em termos de tamanhos, formas e construção, montagem e, além de tudo, deve ter uma boa aparência estética aliada a um alto padrão de qualidade e durabilidade.

Figura 9: Telha solares fotovoltaicas com placas de silício monocristalino



Fonte: Site portal energia⁹

No mundo vários países deram início a fabricação e comercialização no mercado, há algum tempo, no Brasil em 2019 que foi apresentada pela primeira vez por a empresa Eternit na feira Intersolar, e no segundo semestre de 2020 que o segmento das telhas deixou os campos de pesquisa em e teve o produto homologado pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), começando sua comercialização no primeiro semestre de 2021. A instalação é viável para novas construções ou substituições das telhas antigas, por conta da inclinação e do ângulo indicado, assim a captação de luz natural é feita de forma correta, em outros casos, como por exemplo, manter a estrutura das telhas antigas a melhor sugestão é a implantação das placas solares, assim questões como ângulos podem ser resolvidas com suportes. Diferente das placas solares, as telhas trás leveza, estética e harmonia para o projeto não o deixando aparente, apresenta um melhor acabamento e dispõe a durabilidade superior, possui eficiência energética chegando de 10 à 20%, as telhas tem um sistema bem simples de executar, já que as mesmas possuem plug machos e fêmeas que são conectados entre uma e outra, fazendo uma ligação final de fiação positiva e negativa, conectadas aos inversores de geração elétricas.

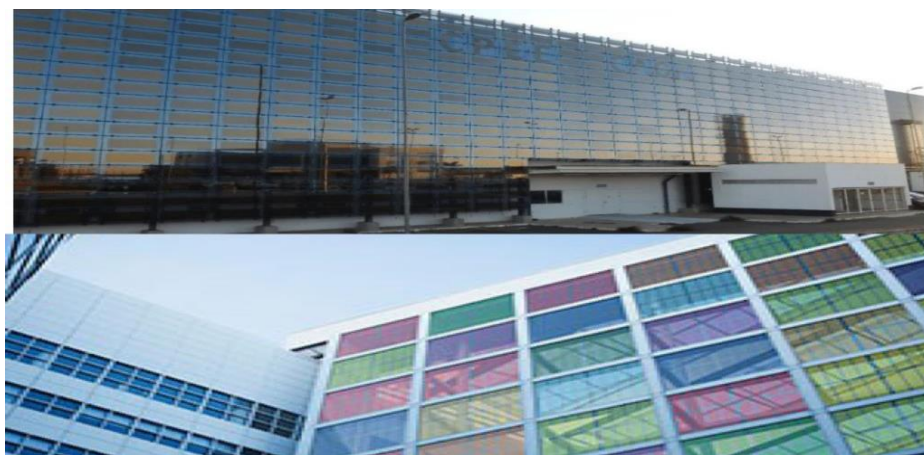
⁹ Disponível em:< <https://blog.bluesol.com.br/telha-solar-fotovoltaica-o-que-e/amp/>> Acessado em 27 de Set. de 2022

3.4.3 Vidros fotovoltaico

Conhecidos como células solares da terceira geração, as orgânicas (*organic photovoltaic*) ou sensibilizadas por corantes (DSSC – *dye-sensitized solar cell*). As células OPV levam esse nome porque usam materiais semicondutores à base de carbono para fazer a conversão de energia luminosa em elétrica. Já as DSSC funcionam através de uma reação química de oxidação-redução. Também chamadas de híbridas, pois são feitas de materiais orgânicos e inorgânicos (VASCONCELOS, 2013). Uma das gerações mais sustentáveis da energia renovável, segundo Cândido (2014, p.28) as OPVs foram inspiradas no eficiente sistema de conversão de energia da natureza, a fotossíntese.

A energia é produzida diretamente de a luz solar, tendo grande aproveitamento da luz artificial, a estrutura é basicamente uma camada de filmes orgânicos depositados sobre um substrato com contatos metálicos. Conhecida como tecnologia fotovoltaica flexível o diferencial dessas células são o baixo custo de produção devido a tecnologia de produção e matéria-prima barata, feita utilizando processos de impressão, que possibilita a fabricação de grandes painéis flexíveis, feito de plástico ou tecido, com isso permite a produção de módulos solares leves, semitransparente, customizável dos mais variados tamanhos, dessa forma conseguimos aplicar OPV e DSSC nos projetos arquitetônico sem interferir no design, é mais amplo que nas gerações anteriores Como mostra na figura 11.

Figura 10: Fachadas com OPV DSSC



Fonte: Site Portal solar /site clube da construção civil¹⁰

¹⁰ Disponível em <<https://www.portalsolar.com.br/paineis-solares-integrados-a-construcao-bipv.html>> <https://c3clube.com.br/maior-fachada-fotovoltaica-do-mundo-e-construida-no-brasil/>

Acesso em 09 de out de 2022

O *playback* financeiro ou energético, termo utilizado para saber em quanto tempo o investimento se paga ou quanto tempo é necessário para produzir a mesma quantidade de energia que foi gasta na manufatura, deve ser menor que um ano (VASCONCELLOS, 2013)

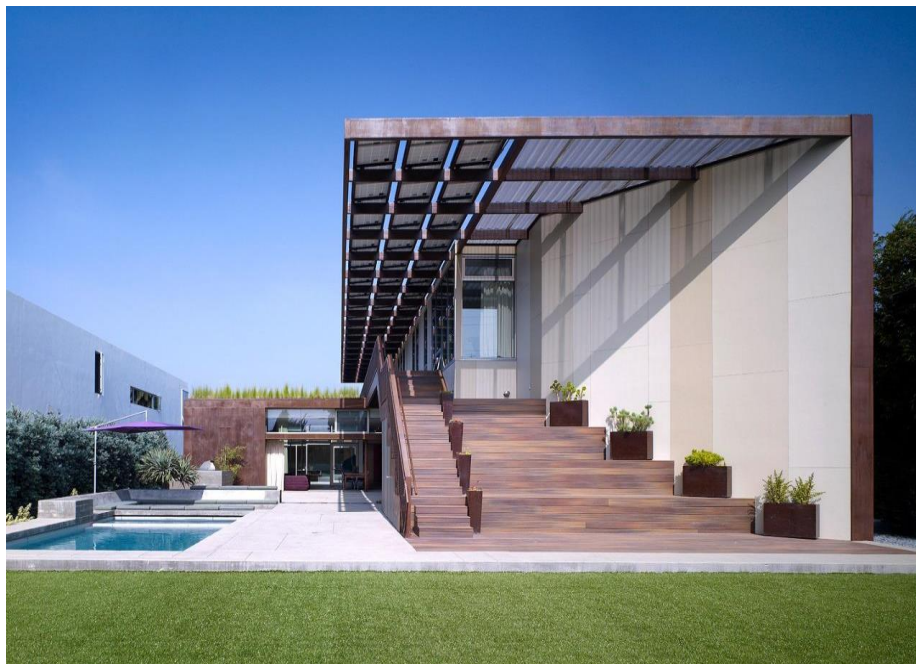
4. PROJETOS DE REFERÊNCIA

Nos projetos de referência foram buscados, projetos que fizessem a integração da tecnologia fotovoltaica, atendendo alguns critérios para ser considerada construção BIPV como mostrado anteriormente.

4.1 Casas Yin-Yang

A casa Yin-Yang é uma casa unifamiliar localizada em Venice Califórnia, possui 3.903,02 m², feito pela empresa de arquitetura Book+ Scarpa De acordo com (ARQA,2013) o objetivo era criar um projeto para uma família grande com filhos em crescimento, onde a casa se organiza em uma série de pátios e outros espaços exteriores que integram com interior da residência, além disso foi pesado no lado sustentável da residência onde foi usado bambu, pedra artificial, bancadas em azulejos e acabamentos de banheiros reciclados, que conta também com uma telhado verde, e um sistema de painéis fotovoltaicos ativos, que fornece sombra evitando o superaquecimento da casa. como é possível ver na figura 11

Figura 11: Casa Yin-Yang



Fonte: Site Book + Scarpa¹¹

A casa se organiza em uma série de pátios e outros espaços exteriores que integram o interior da residência. Já na fachada observa-se o oposto do interior, temos

¹¹ Disponível em: < <https://brooksscarpa.com/yin-yang-house> > acesso em 20 de out de 2022

um bloco sólido com portas de aço. A figura 12 mostra planta baixa onde se encontra no segundo andar para área íntima com os quartos que foram projetados de forma simples e pequenos, para assim poder valorizar o pavimento térreo onde se encontra a área de convivência e trabalho.

Figura 12: Planta baixa casa yin-yang



Fonte: Site Books Scarpa¹²

Quadro 1: Ambientes da residência Yin-Yang

1	Entrada	11	Horta	21	Banheiro master
2	Escritório	12	Sala de gravação	22	Banheiro
3	Garagem	13	Pátio	23	Pátio
4	Circulação	14	Lavabo	24	Telhado verde
5	Pátio	15	Sauna	25	Mecânico
6	Despensa	16	Varanda da frente	26	Piscina
7	Cozinha	17	Quarto	27	Quintal de jogos
8	Sala de jantar	18	Deposito	28	Jardim
9	Sala de estar	19	Closet		
10	Pátio coberto	20	Lavanderia		

Fonte: Autoral baseado em dados do site Book Scarpa

¹² Disponível em: < <https://brooksscarpa.com/yin-yang-house> > acesso em 20 de out de 2022

Segundo Construa (2021) A residência faz uma combinação elegante à tecnologia da engenharia com uma boa estética de arquitetura residencial, onde sua superfície plana e uso bifacial os painéis conseguem absorver energia pela parte superior e pela luz refletida na parte interior, além de criar uma composição interessante de estética e volumetria quando aplicados na varanda como é o caso mostrado na figura 13.

Figura 13: Casa yin-yang próximo ao telhado fotovoltaico



Fonte: Site Book Scarpa¹³

De acordo Souza (2012), o sistema energético foi desenvolvido por alunos do departamento de energia nos Estados Unidos, numa competição que posteriormente o foi adotado pelo escritório da arquitetura Book + Scarpa, com o uso dos painéis de 12 kilowatts da M&M soluções solares, que no pavimento superior faz sombra continua no corredor externo e escadas, além disso, o sistema de climatização da casa faz aproveitamento da ventilação cruzadas e aproveita a luz solar em todas as fachadas que até então a usuária não teriam recebido uma conta de luz. Com base na análise

¹³ Disponível em: < <https://brooksscarpa.com/yin-yang-house> > acesso em 20 de out de 2022

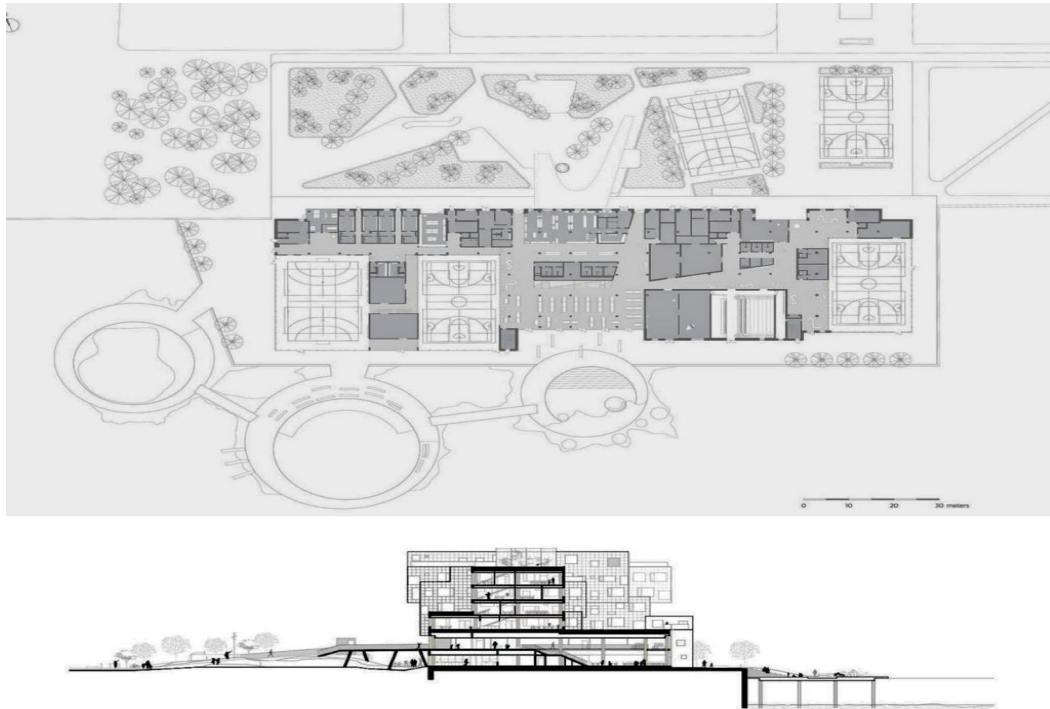
do projeto observa-se que o tipo de tecnologia usado foi de primeira geração com base em silício, pode-se considerar BIPV por ser um telhado ativo entender alguns requisitos citados acima, como integrar uma estrutura, tem proteção contra sol e chuva, sombreamento e iluminação natural.

4.2 Copenhagen International School

Apesar de ser um projeto recente, sua história se inicia há cerca de 60 anos atrás. De acordo com (CIS, 2022) começa em 1962 quando uma quantidade de pais expatriados trabalhou numa embaixada dos Estados Unidos para fornecer um currículo de inglês para as famílias expatriadas, inicialmente o curso foi oferecido a 12 alunos em uma sala alugada no *Bagsværd Kostskole og Gymnasium*, após dois anos já em 1964 foi criada a associação Copenhagen *International High School* (CIHS) que tinha o propósito de preparar estudantes dinamarqueses para o vestibular nos Estados Unidos, quando em 1968 é que o nome da escola se torna o que é hoje *Copenhagen International School* (CIS), mas ao longo do tempo corre uma alteração no seu formato de ensino, pois em setembro de 1973 Charles Gellar iniciou a *Copenhagen International Junior School* (CIJS), em 1993 as escolas CIS e CIJS sofrem um fusão que ocorre quando a escola se muda para *Hellerup* sobre o nome de CIS, anos depois em 2007 tem um centro de recursos estabelecidos para atender crianças com necessidades adicionais de aprendizagem. Em foi apenas em 2010 que o conselho da CIS garantiu um terreno em *Nordhavn* e um acordo foi alcançado para trabalhar com *CF Møller Architects* em uma base pro-Bono para projetar um campus escolar adequado para o futuro. A figura 14 mostra o pavimento térreo que é uma área comum da edificação com quadras, vestiários, auditórios e demais espaços de permanência do edifício, e o corte que permite visualizar a quantidade de pavimentos, que podem variar de cinco a sete, nos quatro pequenas torres existentes, cada um com sua especificidade. O projeto é localizado em um local de destaque no novo distrito *Nordhavn* de Copenhague e foi inaugurado em 2017 Segundo (MOLLER, 2018) A escola é composta por 25.000m² foi projetada para integrar o meio público como o meio ambiente urbano oferecendo ambientes de aprendizagem e de última geração adaptados à idade, onde o projeto fez da sustentabilidade o pivô do seu currículo, resultando numa fachada única coberta por 12.000 painéis solares, cada um devidamente inclinado para criar um efeito lantejoulado como mostra na figura 15, que

fornece mais da metade do consumo anual de eletricidade da escola, as células solares cobrem uma área Equivalente há certa de 6.048 m², produzindo 200 MWh por ano sendo uma das maiores usinas de energia solar integradas em edifícios na Dinamarca.

Figura 14: *Planta baixa térrea e corte*



Fonte: *Site architecture and wonder*¹⁴

Figura 15: *Copenhagen International School*



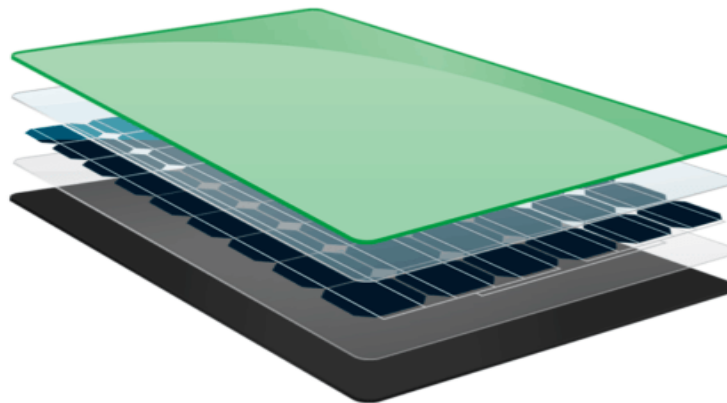
Fonte: *Site Swissinso*¹⁵

¹⁴ Disponível em: <https://architectureandwonder.com/c-f-moller-architects-copenhagen-international-school-nordhavn/> acessado em 2 de Nov de 2022

¹⁵ Disponível em: < <https://www.swissinso.com/technology> > acesso em 13 de Out de 2022

A tecnologia usada na CIS é Chamada de *Kromatix* que de acordo com Green (2021), foi desenvolvido pela empresa *SwissInso* na Suíça, que consiste em uma placa de vidro opaco para painéis solares que confere ao módulo uma cor uniforme, ocultando os componentes solares enquanto mantém uma alta geração de energia, além de sua proteção térmica. Como mostrado na Figura 16, elas são compostas por multi camadas depositadas na superfície interna do vidro, através de processos Nanotecnológicos altamente eficientes e ecológicos, com características de transmitância solar, absorção mínima e alta durabilidade. De acordo Swissinso (2022), com a para a sua coloração não são usados pigmentos ou corantes fazendo com que a cor não desapareça com o passar do tempo devido a exposição ao sol, isso significa que o produto não tem tinta e nem matriz, mas sim deposição atômica transformando o vidro solar em cor.

Figura 16: Detalhamento de Placa Kromatix



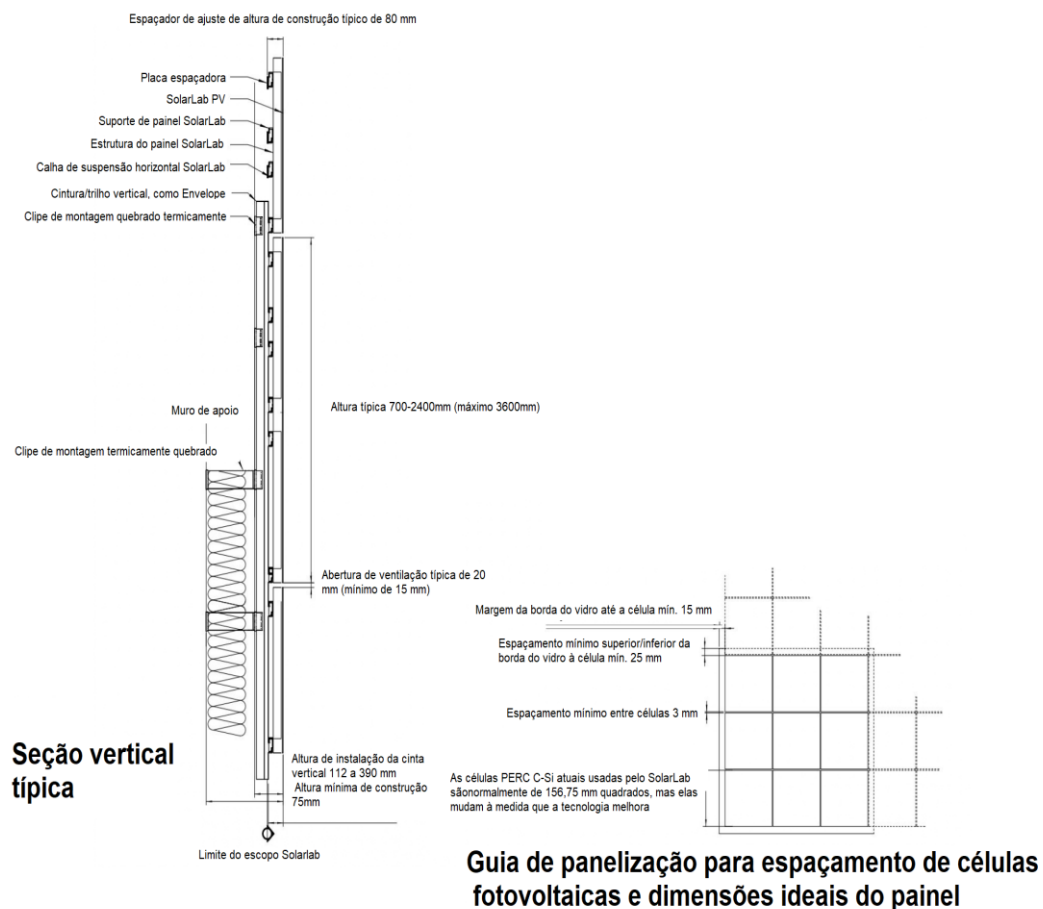
Fonte: Site Going Green ¹⁶

O Kromatix pode ser fabricado em diversos tamanhos, e atualmente se tem nas cores cinza, azul, azul verde, laranja, bronze e latão. Na CIS foi usado a cor Azul verde, como medidas de 0.72x0.70 metros que foram ligados em série de seis, produzidos com a colaboração da Solvis e projetados e instalados pela SolarLAB e sua capacidade de instalada é de 720kWp. A solar Lab fornece o detalhamento e todos os componentes usados para a fabricação de uma fachada vertical com essa, de acordo com (SOLARLAB, 2022) A estrutura é básica é parecida à maioria dos

¹⁶ Disponível em: < <https://goinggreen.com.br/conheca-o-revestimento-fotovoltaico-colorido-para-fachada/>> acesso em 13 de Out de 2022

revestimentos leves de fachada dos edifícios convencionais, onde o seu produto é composto por três camadas funcionais, desde a fixação à parede ou vigas verticais, aos trilhos horizontais que suspendem aos painéis BIPV personalizados, onde os limites de escopo típicos para uma fachada são as vigas verticais ou a fachada de suporte e o lado CA dos inversores trifásicos, mas não inclui a instalação, pois a mesma leva de 1/2 a 1 hora/m² dependendo da complexidade e escala arquitetônicas do projeto complexidade e escala. a figura 17, mostra todo detalhamento necessário para aplicação dos painéis de forma projetual.

Figura 17: Detalhamento de projeto de fachada SolarLab



Fonte: Site SolarLab¹⁷

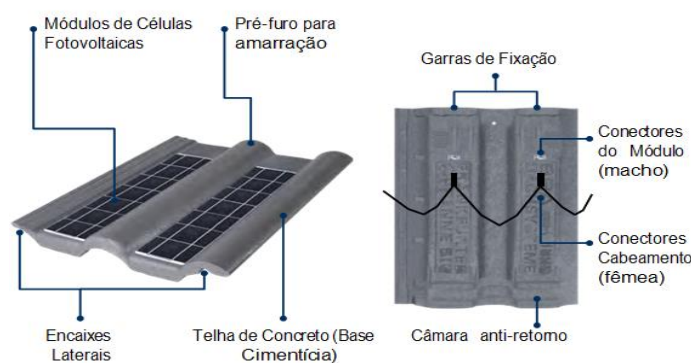
¹⁷ Disponível em: <https://solarlab.dk/> Acesso em 2 de Nov de 2022

Com base no que foi analisado sobre o projeto, é visto que o mesmo se caracteriza com uma construção BIPV, porque além de gerar energia o projeto tem uma fachada ativa, que protege de chuvas, diminui a sensação térmica do ambiente, além de possibilitar a entrada de luz para os ambientes, trazendo mais qualidade para a edificação e trabalhando a sua eficiência como um todo, analisa-se também que diante as placas ao ser colocadas com uma inclinação que dá efeito de lantejola nas fachadas, isso ainda faz com que as mesmas seja autolimpantes, não precisando da manutenção de limpeza com conta frequência.

4.3 Residência unifamiliar em São Sebastião-SP

O projeto denominado é como piloto e está localizado no Brasil, em São Paulo na cidade de São Sebastião, que possui telhas BIG-F10 detalhadas na figura 18 que explica sua estética e seu sistema de comunicação que de acordo com (NOGUEIRA,2021) as telhas são chamadas de BIG-F10 e sua base é produzida de concreto que passaram 3 anos em adaptação e teste para os que os materiais pudessem ser integrados. A ideia do concreto como material de base e sua trabalhabilidade de forma onde a forma da telha convencional poderá ser mantida. A telha solar mede 36,5 por 47,5 com potência de 9,126W e cada telha é capaz de gerar 1,15 Kw/Mês com vida útil de aproximadamente 20 anos.

Figura 18: Detalhamento de telha da BIG-F10



Fonte: Tegula solar¹⁸

O projeto conta com 760 telhas dispostas em cerca de 100 m² em sua fachada principal mostrado na figura 20, com potência de 6,96 KWp, com estimativa de geração média de 630 Kwh/Mês, que conta com um inversor WEG. A telha é de fácil

¹⁸ Disponível em: < <https://www.tegulasolar.com.br/> > Acesso em 02 de Nov de 2022

instalação e não precisa estrutura adicional apenas que o telhado esteja na inclinação de 30°, não necessita de mão de obra especializada para posicionar as telhas, por conter um sistema simples com dois circuitos de 12 e um de sete que são ligados com conectores machos e fêmeas e ligados a FV positivo e FV negativo como mostra a Figura 19.

Figura 19: Séries de cabeamento.



Fonte: Tegula solar¹⁹

No projeto a cor usada foi cinza pérola, porém há disponível outras cores como: marfim palha, bege colonial, vermelha e cinza grafite, a base da sua tecnologia é a da primeira geração de silício monocristalino, Além de tudo é um produto não interfere na arquitetura das construções, com pesos semelhantes ao das telhas convencionais, mas que agrega valor ao telhado. O projeto é mais um que se enquadra na categoria BIPV, por oferecer proteção, conforto térmico e acústico.

Figura 20: Residência unifamiliar em São Sebastião-SP



Fonte: Site The greennest post²⁰

¹⁹ Disponível em: < <https://www.tegulasolar.com.br/> > Acesso em 02 de Nov de 2022

²⁰ Disponível em: < <https://thegreennestpost.com/empresa-brasileira-desenvolve-telha-solar-que-pode-ser-instalada-em-qualquer-casa-para-gerar-eletricidade/> > Acessado dia 25 de Out de 2022

5. ANÁLISES E APLICAÇÕES

Nessa fase irá ser feita uma análise de geração, consumo, custo e economia e viabilidade de uma mini geração do sistema fotovoltaico de uma casa residencial unifamiliar e para uma unidade acadêmica além de uma análise irá ser sugerido um dimensionamento de uns sistemas fotovoltaicos integrado às edificações.

5.1. Residência unifamiliar

A casa é localizada na Rua Maria Aparecida de Barros, no bairro do Timbi em Camaragibe, onde a família possui uma mini geração de energia solar ligada à rede pública de energia, como mostra a figura 21. O proprietário teve a ideia após analisar que sua conta obtinha um valor elevado mensal, devido à demanda de consumo que sua residência exigia.

Figura 21: Minigeração de residência unifamiliar em Camaragibe



Fonte: Autoral

Foi então que começou uma pesquisa para entender melhor como funcionam, os benefícios que traria para ele a curto e longo prazo, chegando à conclusão que a melhor opção seria adquirir já, pois futuramente as micro e mini gerações passaria a ser tarifadas, como acontece em 6 de janeiro de 2022 pela lei 14.300/2022 que foi sancionada, que prevê 1 anos de intervalo transitivo para projetos pedidos e para indivíduos que formalizarem esses pontos nesse intervalo não vão pagar a tarifa de Uso do Sistema de Distribuição, nova taxa que será implementada para os consumidores a partir de 7 de janeiro de 2023.

Visando isso, o proprietário decidiu realizar o pedido e se diz bastante satisfeito com isso. Com base na satisfação do consumidor, decidiu-se realizar uma análise

sobre os rendimentos da sua minigeração e ver o quão rentável é. O proprietário nos passou os dados necessários para a realização dessa análise, como fotos, contas de luz, e aplicativo que mede a sua geração e dados, desde a sua instalação até o momento atual dos dados coletados com a data de 24 de outubro de 2022.

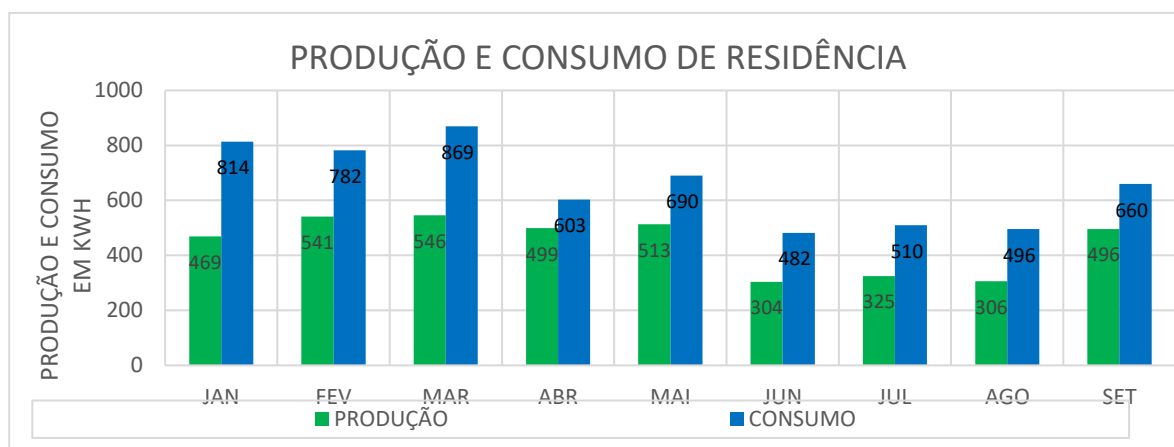
Quadro 2: Dados da minigeração

DADOS DA MINIGERAÇÃO	
DATA DA INSTALAÇÃO	20/04/2020
TEMPO	2 anos e 5 meses
TIPO DE PLACA	Silício policristalino
QUANTIDADE	20
DIMENSÕES	1X2,00 m
DIMENSÃO EM M ²	40m ²
PESO	22kg
POTÊNCIA	310-340W

Fonte: autoral baseado em dados fornecidos pelo proprietário

Com base na data de instalação até o presente momento, o aplicativo na tela do consumidor mostra a redução de impacto no meio ambiente causada por ele ter adquirido o sistema sendo 23.196,62 de kg CO², 9.270,93 kg de carvão e 1.275 de redução de desmatamento de árvores. No gráfico 1 abaixo é possível ver produção vs consumo da minigeração, com dados de janeiro a setembro de 2022, com o acúmulo total 3999 kwh gerados e 5906 kwh consumido, sendo deste valor total consumido, 76,38% injetados pela minigeração. A com geração média mensal fica em torno de 444,33 kw/h.

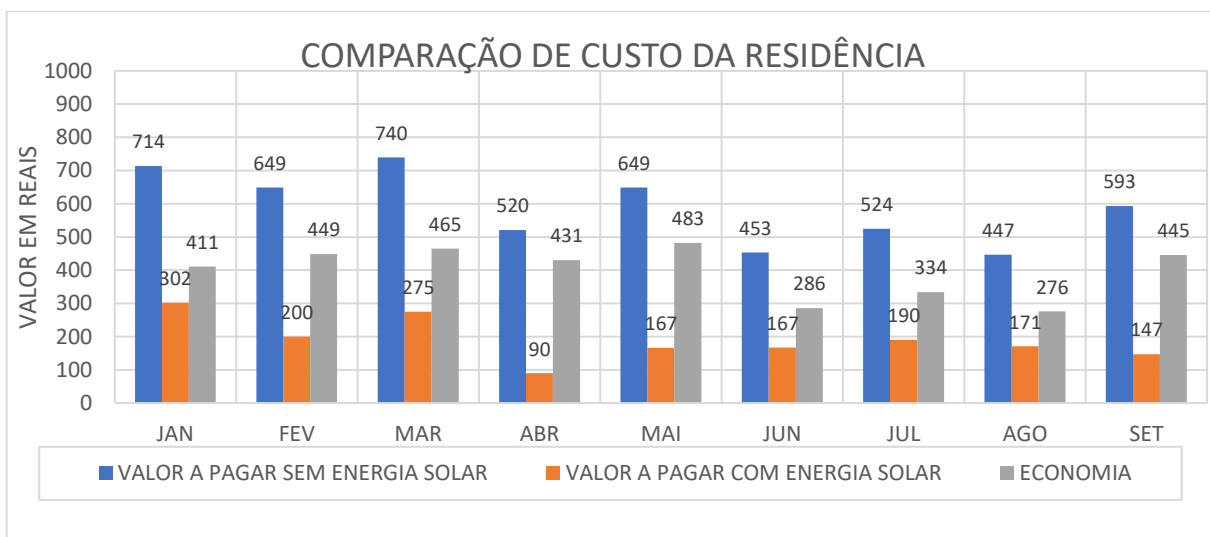
Gráfico 1: Produção e consumo da residência.



Fonte: Autoral baseado em contas de luz fornecidas pelo proprietário.

Para estudo de custo, rendimento e economia foi através de contas de luz de janeiro a setembro de 2022 e informações de compra do proprietário. O gráfico abaixo, mostra quando ele iria pagar de fatura mensal sem a energia solar, o que ele paga com energia e o quanto ele economizada por mês, e visto que o valor total sem energia solar até o presente momento seria de R\$ 5.289,00, com energia ele pagou até o presente momento R\$ 1.710,00 e foi economizado R\$ 3.579,00, corresponde a uma economia de 81,6%.

Gráfico 2: Comparação de custo da residência.



Fonte: Autoral baseado em contas de luz fornecidas pelo proprietário.

Uma das preocupações do consumidor ao comprar é o tempo que ele terá o retorno do capital investido, também foi realizado essa análise com base em dados do proprietário, ele informa que investiu um valor total de R\$ 26.910,00, sendo deste valor 15.910,00 de material e 11.000,00 de mão de obra. Com base nos dados fornecido pelo aplicativo do usuário, foi adquirido a quantidade de kwh que foi produzido desde a instalação até a data da coleta, através disso é calculado pelo valor do kwh quanto ele economizou a cada ano até setembro de 2022, é somado e dividido pela quantidade de meses de funcionamento da geração, dando um valor médio mensal de R\$ 393,33 com isso ficará em torno de 3 anos e 5 meses restante para chegar a valor investido, estimando-se que mantendo essa média de produção e economia o retorno financeiro do valor investido se dará no ano de 2026, como mostra o gráfico 3.

Gráfico 3: Tempo de retorno financeiro



Fonte: Autoral baseada em dados fornecidos pelo proprietário

Com base em todas as análises realizadas, é visto que é um investimento alto e tem retorno em longo prazo, mas que irá trazer, além de economia para o usuário, o bem comum, pois cada mini geração instalada injeta a energia não consumida na rede de energia pública, de sobrecarregando o sistema de abastecimento público cada vez mais evitando apagões, além de ser uma energia limpa que agrega os diversos conceitos da sustentabilidade que melhora a qualidade de vida da sociedade.

5.2 UNIBRA

Nessa fase vamos de propor uma aplicação, e nada melhor do trazer todo o conceito BIPV abordado para a realidade acadêmica mais próxima, com isso foi realizados estudos e para propor aplicações da tecnologia fotovoltaica no campus 2 da UNIBRA no sistema on-grid que significa conectado à rede de energia pública. A ideia consiste em apresentar três formas de usar o BIPV.

A primeira forma é usar o parte do laboratório saúde e parte sua área de telhado das para realizar a troca das telhas e ingressar com as telhas de Eternit com o sistema solar integrado, segunda usar a fachada do edifício e realizar uma aplicação de filme OPV , terceira é usar o espaço cajás, e remodelar o pergolado existente e inserir placas de energia solar, e irá ser feito uma análise de cada um desses locais visando propor uma quantidade de produtos fotovoltaicos, estudar a produção mensal, economia, retorno financeiro, e viabilidade. A figura 22 abaixo mostra os três pontos onde serão sugeridas as aplicações

Figura 22: Pontos de aplicações e análises



Fonte: ite archdaily²¹

Para o telhado foi escolhido a telha de Eternit solar modelo BIG-F10C cor cinza pérola, cada telha possui peso médio de 5,7kg por telha com potência de 9,16 W e produção estimada de 1,15 kWh/mês e tem vida útil de até 20 anos. Como mostra na tabela 7 abaixo será usado apenas 354,20 m² de uma área de 525,1 m² de telhado, essa área será composta por telha com as placas composta por 12 células de silício monocristalino e no restante será preenchido de telhas comuns de fibrocimento. Sabe-se que é usado 7,5 telhas por m² multiplicando esse valor por pela quantidade de metros quadrado que se irá utilizar chega-se à o valor 2.657 telhas multiplicando pelo valor de 1,15 kwh por mês que cada telha produz chega ao valor médio mensal de 3.055,4 kwh/mês. A tabela 8 traz todos os componentes necessários para instalar um sistema, como as telhas BIG-F10C, Inversor Solar *Growatt On Grid 15kw*, *String box*, medidor de corrente, cabos, por ser um telhado já existente é preciso contratar mão de obra para tirar as telhas antigas e colocar as novas e mão de obra especializada para fazer a ligação do sistema do local conectado à rede pública de energia, lembrando que a área não utilizada para produção receberá telhas de cimento da mesma marca e modelo. O cálculo da tabela 7 foi baseado no valor do m² que custa em torno de R\$ 764,75 o que dá em torno de R\$ 101,96/telha multiplicando esse valor pela quantidade de telha que se á definiu, na tabela 1 chegará ao valor total de

²¹ Disponível em:< <https://www.archdaily.com.br/br/914465/unibra-ibgm-hanazaki-paisagismo>> acesso em 29 de Nov e 2022

R\$270.907,72 telhas fotovoltaicas, quando adicionamos os demais componentes e suas respectivas quantidades necessárias chega a um valor em torno de R\$333.070,30. Com a produção média mensal estima-se que o valor economizado será de R \$1.995,57 por mês, para que haja um retorno financeiro que levará 14 anos.

Tabela 7: Análise de dimensionamento e produção de telhas fotovoltaicas

TELHAS FOTOVOLTAICAS					
ÁREA	DIMENSÕES	ÁREA M² DE COBERTA	ÁREA UTILIZADA S EM M²	QTDE. DE TELHA FOTOVOLTAICA POR ÁREA	KWH/MÊS
1	10,25X18,06	185,1	132,5	994	1.142,8
1.1	12,03X7,02	84,5	50,4	378	434,3
2	10,16X16,81	170,8	120,8	906	1.042,3
2.1	12,07X7,02	84,7	50,6	379	436,0
TOTAL		525,1	354,2	2.657	3.055,4

Fonte: Autoral baseada em dados fornecidos pela unibra

Tabela 8: Custos para obter o sistema com telhas fotovoltaicas

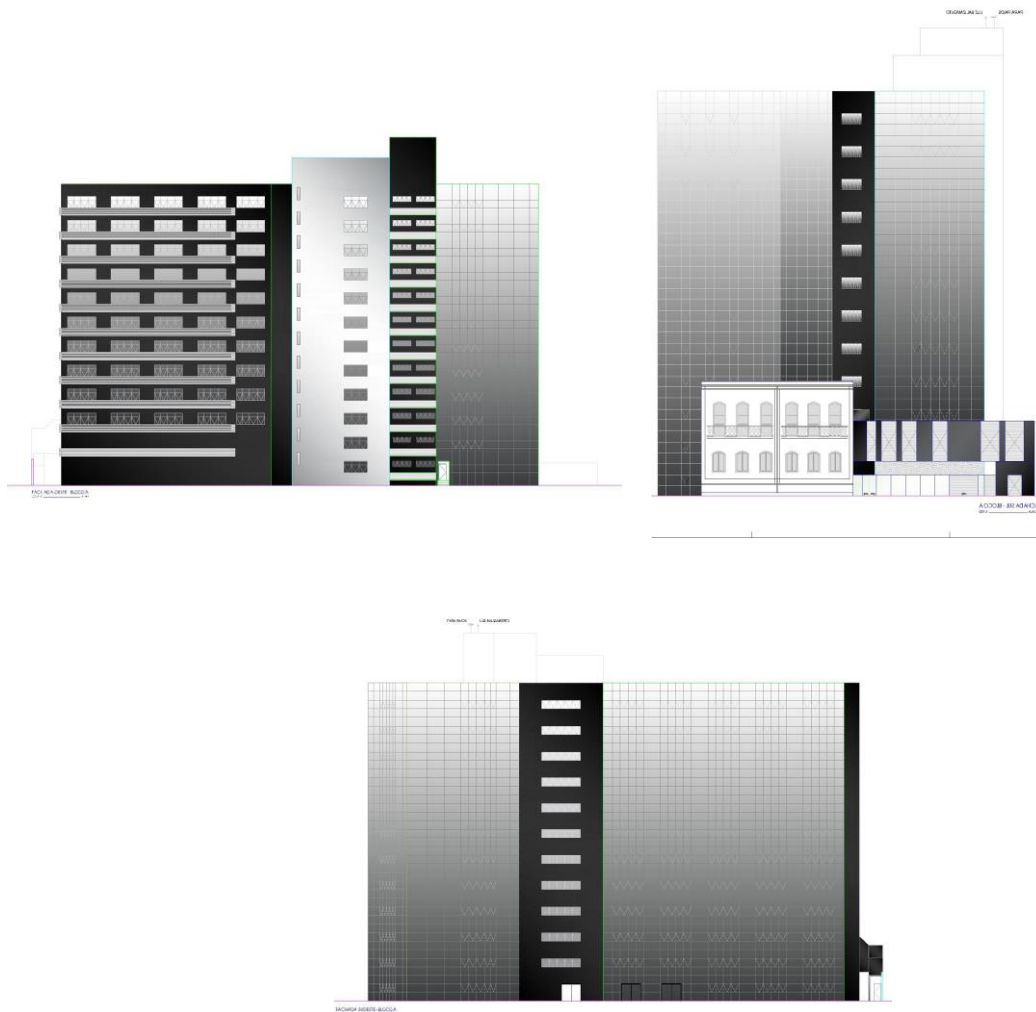
CUSTO DOS COMPONENTES E MÃO DE OBRA				
ITENS		QTDE	VALOR UN.	VALOR TOTAL
TELHAS FOTOVOLTAICAS BIG-F10C	UND	2657	R\$101,96	R\$270.907,72
TELHA DE CONCRETO	UND	1282	R\$4,69	R\$6.012,58
INVERSOR	UND	1	R\$17.000,00	R\$17.000,00
CABOS	UND	2	R\$700,00	R\$1.400,00
STRING BOX	UND	1	R\$6000,00	R\$6000,00
MEDIDOR DE CORRENTE	UND		R\$200,00	R\$0,00
MÃO DE OBRA	DIA	7	R\$250,00	R\$1.750,00
MÃO DE OBRA ESPECIALIZADA	VB	1	R\$30.000,00	R\$30.000,00
TOTAL				R\$333.070,30

Fonte: Autoral baseada em dados fornecidos por sites de especializados

Para a fachada do edifício do Campus 2 da UNIBRA foi escolhida a tecnologia de terceira geração, conhecida como filme fotovoltaico, a marca escolhida foi a da Suwen que é produzida aqui no Brasil, foi escolhido de sua linha o filme depositado e substrato de plástico flexível nomeado como Suwen flex que mede 15,5x 5,3x0,63mm

que pesa em torno de 900g com adesivo com potência de 21,7W que gera 5,2 kwh por mês e tem vida útil de aproximadamente 20 anos. A área escolhida de utilização será as fachadas oeste, sul e sudeste na parte que é composta por vidro espelhado como mostra a figura 23 com as plantas de fachadas.

Figura 23: fachadas oeste, sul e sudeste do edifício do campus 2 da UNIBRA.



Fonte: Projeto em dwg fornecido pela unibra.

Aplica-se os filmes fotovoltaicos colados em na fachada de vidro formando uma um tipo de película e que bloqueia os raios UV em até 99%, os raios infravermelhos em até 75% e deixa passar 70% da iluminação, lembrado que ele possui o mesmo sistema que o método tradicional.

Na tabela 9 a somatória das fachadas espelhadas é 2.719,5 m² com utilização total de área de 1.917,20 m² de fachada que irá necessitar do equivalente a 2.334 painéis, gerando em um mês 12.135,69 kwh/mês. Quando se analisa o valor atual dos quilowatts/hora estima-se que irá haver economia de R\$7.926,18 Estima-se que o

valor do metro quadrado custa em torno de R\$1.000,00 com todos os materiais inclusos chegando assim no valor de R\$ 1.917.000,00 de investimento, levando assim 20 anos e 11 meses.

Tabela 9: Análise de dimensionamento e produção de filmes fotovoltaicos

FILMES FOTOVOLTAICOS					
FACHADA	DIMENSÕES	ÁREA EM M² DA FACHADA	ÁREA UTILIZADAS EM M²	QTDE. DE FILMES POR ÁREA	KWH/MÊS
SUDOESTE	14,49X38,80	562,2	358,4	436,3	2.268,79
SUDOESTE	31,09X38,50	1.197,0	887,7	1.080,5	5.618,75
SUL	11,60X38,80	450,1	312,7	380,6	1.979,35
OESTE	13,15X38,80	510,2	358,4	436,3	2.268,79
TOTAL		2.719,5	1.917,20	2.334	12.135,69

Fonte: Autoral baseada em dados fornecidos pela Unibra.

No espaço dos caixas foi pensado em usar uma estrutura existente de pergolado a para instalação de painéis fotovoltaicos de primeira geração, o painel utilizado é a base de silício monocristalino qualidade com 144 com potência de 450W, Dimensões: 2094 x 1038 x 35mm com área equivalente a 2,18m², com produção média mensal de energia de 56,25 Kwh/mês com o peso aproximadamente de 24 kg. Com uma vida útil de 25 a 30 anos Com área total de 136,90 m² irá se utilizar 132,50m² dispondo de 16 painéis com produção média de 900 Kwh/mês, que irá resultar na economia média mensal de R\$ 581,81 por mês, O tabela 11 mostra o valor total para obter um sistema, com kit placas, inversor solar fotovoltaico on-grid 8kw, cabos, string box, medidor de corrente e mão de obra especializada, chegando a um valor total de R\$ 37.486,00 baseado no atual valor do kwh para ter o retorno financeiro deste investimento será necessários 5 anos e 1 mês

Tabela 10: Análise de dimensionamento e produção placas fotovoltaicas

PLACAS FOTOVOLTAICAS					
ÁREA	DIMENSÕES	ÁREA M²	ÁREA UTILIZADAS EM M²	QTDE. DE PLACA FOTOVOLTAICA	KWH/MÊS
PERGOLADO	10X13,69	136,90	132,5	16	900
TOTAL		136,90	132,5	16	900

Fonte: autoral baseada em dados fornecidos pela unibra.

Tabela 11: Custos para obter o sistema com placas fotovoltaicas

CUSTO DOS COMPONENTES E MÃO DE OBRA				
ITENS		QTDE.	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
KIT PLACAS C/16	UND	1	R\$16.786,00	R\$16.786,00
INVERSOR	UND	1	R\$8.000,00	R\$8.000,00
CABOS	UND	1	R\$700,00	R\$700,00
STRING BOX	UND	2	R\$700,00	R\$1.400,00
MEDIDOR DE CORRENTE	UND	1	R\$600,00	R\$600,00
MÃO DE OBRA ESPECIALIZADA	UND	1	R\$10.000,00	R\$10.000,00
TOTAL				R\$37.486,00

Fonte: autoral baseada em dados fornecidos por sites especializados.

6. CONCLUSÕES

Tendo em vista os aspectos observados na análise e sugestões de aplicação e visto que o sistema no modo BAPV da residência unifamiliar é viável, pois o retorno financeiro do investimento fica em torno de 6 anos, e a vida útil das placas adquiridas é de 25 a trinta anos, podendo render ainda para o cliente mais 19 anos de economia. A análise de sistema no modo BIPV como telhas, foi visto que não é muito viável, devido aos seus altos custo e pouca produção impacta diretamente no tempo de retorno, deixando assim em 14 anos, com placas de apenas 20 anos de vida útil, ficando assim apenas 6 anos de economia. Os filmes usados como sugestão para fachada, é visto como não viável, devido a seu alto custo de material, que impacta diretamente no tempo de retorno do valor investido, que duraria 20 anos e 11 meses, sendo a vida útil dos filmes de apenas 20 anos, causando assim um prejuízo no final, já o sistema de placas sugerido para ser implantado no espaço cajá, é considerado viável, pelo seu tempo de retorno financeiro ser em torno de 5 anos e ter vida útil de mais de 30 anos, podendo resultar em mais de 25 anos de economia. Após estudos concluiu-se que existem algumas vantagens e desvantagens, sendo as vantagens as edificações mais sustentável com variados possibilidade de produção, a redução de impactos ambientais e técnica com crescimento no mercado mundial da construção civil, e tendo como desvantagens preço do material, preço de mão de obra e disponibilidade no mercado, entretanto nas aplicações sugeridas no edifício e no laboratório de saúde utilizando o método BIPV é visto que o grande fator impactante para o avanço da implantação dos sistemas é o custo elevado que faz com que a viabilidade de uma projeto seja baixo devido a sua eficiência de produção, porém na aplicação do sistema no espaço cajá também foi pensado para ser BIPV, protegendo o ambiente de chuva e sol, onde o custo chega a ser viável, fazendo a utilização de placas mais tradicionais no mercado, onde o custo é a eficiência são as melhores. Acredita-se que para o método para BIPV avançar, necessitará de alguns anos, para que haja estudos que consiga reduzir o custo, melhorar a eficiência e tempo de vida útil dos sistemas, equiparando com o método mais tradicional, para assim as grandes metrópoles possam adquirir uso de tecnologia fotovoltaica integradas às edificações.

7. REFERÊNCIAS

ANEEL. Geração distribuída, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>> Acesso em: 10 de Set. De 2022.

ANEEL. **Sistema de informação de geração da ANEEL**. 2022. Dados atualizados diariamente. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNjc4OGYyYjQ0YWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2liwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>. Acesso em: 24 set. 2022.

ARQA. **Yin-Yang House en Venice, CA**. 2013. Disponível em: <https://arqa.com/arquitectura/casa-ying-yang-en-venice-los-angeles.html>. Acesso em: 20 out. 2022.

BADRA, Mateus. **'BIPV é o mercado que mais cresce no mundo', diz especialista**: de acordo com o executivo, o bipv é um segmento que vem crescendo também no Brasil. De acordo com o executivo, o BIPV é um segmento que vem crescendo também no Brasil. 2020. Disponível em: <<https://canalsolar.com.br/bipv-e-o-mercado-que-mais-cresce-no-mundo-diz-especialista/>> Acesso em: 06 out. 2022.

BÜHLER, Alexandre José; SANTOS, Fernando Hoefling dos; GABE, Ivan Jorge. **UMA REVISÃO SOBRE AS TECNOLOGIAS. Congresso Brasileiro de Energia Solar**, Gramado, v. 1, n. 7, p. 1-8, abr. 2018. Anual. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/267>. Acesso em: 18 set. 2022.

CANDIDO, K. Caracterização de sistemas orgânicos candidatos a fontes de energia renovável. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis. Goiás: GO, 2014. 120p.

CONSTRUA. **Painéis solares: eficiência sem abrir mão da estética em projetos residenciais**. eficiência sem abrir mão da estética em projetos residenciais. 2021. Disponível em: <https://revistaconstrua.com.br/noticias/arquitetura/paineis-solares-eficiencia-sem-abrir-mao-da-estetica-em-projetos-residenciais/>. Acesso em: 20 out. 2022.

COSTA, Raycam Evaristo de Oliveira. **O uso de placas fotovoltaicas**: uma revisão bibliográfica. 2020. 33 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/5962/1/RaycamEOC_MONO.pdf. Acesso em: 06 out. 2022.

CUNHA, Livia Cristhina da Costa; SIQUEIRA, Rodrigo Anderson Cantuário de. **ASPECTOS SUSTENTÁVEIS DA CONSTRUÇÃO DE UMA SUBESTAÇÃO NO INTERIOR DA BAHIA**. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL,

4., 2013, Bahia. **Anais [...] .** Bahia: Congrea, 2013. v. 4, p. 1-8. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/VII-028.pdf>. Acesso em: 25 set. 2022.

CUSTOMIZA. **História da Energia Solar.** 2020. Disponível em: <http://www.customizaenergia.com.br/blog/historia-da-energia-solar/>. Acesso em: 18 set. 2022.

ECORI. **Módulos Fotovoltaicos – Monocristalino ou Policristalino:** qual a melhor dessas duas tecnologias para o Brasil? Qual a melhor dessas duas tecnologias para o Brasil? 2018. Disponível em: <https://www.ecorienergiasolar.com.br/artigo/modulos-fotovoltaicos---monocristalino-ou-policristalino---qual-a-melhor-dessas-duas-tecnologias-para-o-brasil>. Acesso em: 17 set. 2022.

FADIGAS, Profa Eliane Aparecida Faria Amaral. **Energia Solar Fotovoltaica:** fundamentos, conversão e viabilidade técnico-econômica. São Paulo: Gepea, 2016. 71 slides, color. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/56337/mod_resource/content/2/Apostila_solar.pdf. Acesso em: 24 set. 2022.

FERRARI, Stephanie Grace Frescurato; MARTINS, Fabiano Battermaco da Silva. **SUSTENTABILIDADE NAS EDIFICAÇÕES: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE PRÉDIO VERDE. Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula,** Rio de Janeiro, v. 5, p. 1-22, jul. 2022. Semestral. Disponível em: <http://revistas.icesp.br/index.php/TEC-USU/index>. Acesso em: 29 nov. 2022.

FREIRE, Felipe. **Como integrar placas fotovoltaicas ao meu imóvel?:** placa fotovoltaica integrada à residência. Placa fotovoltaica integrada à residência. 2018. Disponível em: <https://www.shareenergy.com.br/como-integrar-placas-fotovoltaicas-ao-meu-imovel/>. Acesso em: 09 out. 2022.

GALDINO, Janis Joplim Bezerra *et al.* **Caracterização de módulos fotovoltaicos orgânicos comerciais.** In: Congresso brasileiro de energia solar, 7., 2018, Gramado. **Anais [...].** Gramado: Cbnes, 2018. p. 1-18. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/343#:~:text=Resumo,serem%20leves%2C%20semitransparentes%20e%20flex%C3%ADveis>. Acesso em: 18 set. 2022.

GREEN, Going (ed.). **CONHEÇA O REVESTIMENTO FOTOVOLTAICO COLORIDO PARA FACHADA.** 2021. Disponível em: <https://goinggreen.com.br/conheca-o-revestimento-fotovoltaico-colorido-para-fachada/>. Acesso em: 13 out. 2022.

IEA (org.). **International definitions of “BIPV”.** 2018. Disponível em: <https://iea-pvps.org/publications/>. Acesso em: 6 out. 2022.

IBERDROLA. **Los edificios 'verdes' marcan el camino hacia un urbanismo más sostenible y eficiente.** 2022. ESPANHA. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/edificios-verdes-sustentaveis#:~:text=Uma%20constru%C3%A7%C3%A3o%20verde%20ou%20sustent%C3%A1vel,do%20meio%20onde%20est%C3%A1%20inserido>. Acesso em: 29 nov. 2022.

JUSTO, Constantino Dário. **Viabilidade tecno-económica de telhas fotovoltaicas**. 2018. 48 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2018. Disponível em: https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/9927/1/6289_13359.pdf. Acesso em: 06 out. 2022.

IDEIAS, Plantar. **COMO FUNCIONA UM PROJETO SUSTENTÁVEL?** 2022. Disponível em: <https://plantarideias.com.br/como-funciona-um-projeto-sustentavel/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20um%20projeto,sem%20prejudicar%20o%20meio%20ambiente..> Acesso em: 05 jan. 2022.

INSON, Nathalia. O que é telha solar? Como funcionam, preço e vantagem de usar no projeto, 2021. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/telha-solar/>. Acesso em: 10 de Set. De 2022.

JOÃO TAVARES PINHO (Rio de Janeiro). Cepel (org.). **Introdução**. In: JOÃO TAVARES PINHO (Rio de Janeiro). Cepel (org.). **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel, 2014. p. 47-65. disponível em: <https://www.portal-energia.com/downloads/livro-manual-de-engenharia-sistemas-fotovoltaicos-2014.pdf> > Acesso em :18 Set. de 2022

KLABUNDE, Carolina. **Certificação Led**: saiba o que é e qual a sua importância. saiba o que é e qual a sua importância. 2022. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/o-que-e-certificacao-leed/#:~:text=Criada%20pelo%20United%20States%20Green,mentalidade%20do%20mercado%20para%20melhor...> Acesso em: 05 jan. 2022.

MACHADO, Carolina T.; GALDINO, Marco Antônio. Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**, [s. l], v. 7, n. 1, p. 1-18, 14 out. 2014. Mensal. Disponível em: <https://rvq-sub.s bq.org.br/index.php/rvq/article/view/664/508>. Acesso em: 18 set. 2022.

MARQUES, Rubéria Caminha; KRAUTER, Stefan C. W.; LIMA, Lutero C. de. Energia solar fotovoltaica e perspectivas de autonomia energética para o nordeste brasileiro. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 30, n. 2, p. 153-162, dez. 2009. Disponível em: <https://ojs.unifor.br/tec/article/view/1049>. Acesso em: 20 set. 2022.

SOLAR. Quais os tipos de painel solar, 2021. Disponível em: <https://solareolicarenovavel.com/quais-os-tipos-de-painel-solar-fotovoltaico/>. Acesso em: 10 de Set. de 2022.

MOLLER, Cf (ed.). **Copenhagen International School - Nordhavn**. Disponível em: <https://www.cfmoller.com/p/Copenhagen-International-School-Nordhavn-i2956.html>. Acesso em: 07 out. 2022.

PATEL, Nilay. **Pink solar cells provide green power on the cheap**. 2007. Disponível

em: <https://www.engadget.com/2007-07-30-pink-solar-cells-provide-green-power-on-the-cheap.html>. Acesso em: 24 set. 2022.

PEREIRA, João Marcelo Marques. **Desenvolvimento de um processo de dopagem com ácido fosfórico para obtenção de fitas de silício tipo n**. 2016. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016. Cap. 1. Disponível em: <https://silo.tips/download/desenvolvimento-de-um-processo-de-dopagem-com-acido-fosforico-para-obtenao-de-fi>. Acesso em: 17 set. 2022.

SOLAR, Portal. Energia solar no Brasil, 2021. Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/> >. Acesso em: 10 de Set. de 2022.

PUIG, Pep; JOFRA, Marta. Caderno fotovoltaico disponível. 2007. Disponível em: < <https://www.fenercom.com/publicacion/energia-solar-fotovoltaica-2007/> >. Acesso em: 17 de Set. De 2022.

RUTHER, RICARDO. **Edifícios solares fotovoltaicos**: O potencial da geração fotovoltaica integrada às edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública NO Brasil. 1ª. Florianópolis: UFSC, 2004.

SANTOS, Altair, Concerto fotovoltaico já é uma realidade e conquista mercado de telhas, 2021. Disponível em: < <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/concreto-fotovoltaico-ja-e-realidade-e-conquista-mercado-de-telhas/> >. Acesso em: 10 de Set. De 2022.

SOL, Bleu (org.). Painel Solar (Placa Solar): a verdade sobre o preço e como funciona. a Verdade sobre o Preço e como funciona. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/painel-solar-preco-e-como-funciona/>. Acesso em: 06 out. 2022.

SOLARLAB. **Customizing solar facades**. 2022. Disponível em: <https://solarlab.dk/solar-facade-solutions/>. Acesso em: 24 out. 1996.

SMALL, Philip. **Uma breve história da tecnologia de energia solar**. 2015. Disponível em: <https://www.solarmaxtech.com/blog/p.150817000/a-brief-history-of-solar-power-technology/>. Acesso em: 18 set. 2022.

SOUZA, Eduardo. **Painéis Solares fotovoltaicos**: casa yin yang / brooks + scarpa architects. Casa Yin Yang / Brooks + Scarpa Architects. 2012. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-58270/paineis-solares-fotovoltaicos-casa-yin-yang-brooks-mais-scarpa-architects>. Acesso em: 20 out. 2022.

SPITZCOVSKY, Débora. Nova telha solar da Tesla custa o mesmo valor de uma telha convencional. Disponível em: < <https://thegreenestpost.com/nova-telha-solar-da-tesla-custa-o-mesmo-valor-de-uma-telha-convencional/> >. Acesso em: dia: 10 de Set. De 2022.

SWISSINSO. **Kromatix™**.2022 Disponível em: <https://www.swissinso.com/technology>. Acesso em: 13 out. 2022.

TORRES, Douglas Guedes Batista et al; **Células fotovoltaicas: desenvolvimento e as três gerações**. Paraná: Crea-Pr, 03 nov. 2019. Edição Especial. Disponível em: <https://revistatecie.crea-pr.org.br/index.php/revista/article/view/540>. Acesso em: 17 set. 2022.

TRACTZ, Gideã Taques *et al*. Células Solares Sensibilizadas por Corante (CSSC): : perspectivas, materiais, funcionamento e técnicas de caracterização. **Revista Virtual de Química**, [s. l], v. 12, n. 3, p. 3-3, 29 jun. 2020. Disponível em: <https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/3612>. Acesso em: 21 set. 2022.

TURANO CONSTRUTORA (Montes Claros). **Organic Photovoltaic (OPV)**: conheça a 3ª geração da tecnologia de células solares. 2021. Disponível em: <https://www.turanoconstrutora.com.br/organic-photovoltaic-opv-conheca-a-3-geracao-da-tecnologia-de-celulas-solares>. Acesso em: 21 set. 2022.

VASCONCELOS, Y. O desafio do Sol. Pesquisa FAPESP. Maio: 2013, ed. 207, 72-75p.