Resumo

A questão do desenvolvimento sustentável na construção civil tem realizado cada vez mais abordada. A sustentabilidade deve atender as carências do homem sem consumir os recursos naturais, agregando referencias sociais, econômicos e ecológicos. Sendo assim, será feita a pesquisa de viabilidade da introdução de um conjunto com painéis fotovoltaicos para microgeração de energia elétrica em residências, observando a Resolução normativa no 482/2012 da ANEEL, transferindo em conta todos esses tópicos. Em países tropicais como o Brasil, o uso da energia solar é provável em aproximadamente todo o território. Por causa altos preços para aquisição do conjunto no país, incentivado principalmente por falta de conveniências políticas, subsídios, ele ainda não é muito usado, mas com a Resolução 482/2012 da Aneel e possível crescimento dê fabricação de painéis fotovoltaicos no Brasil, esse panorama tende a ser resolvido.

*Palavras-chave*: Painéis fotovoltaicos; Probabilidade; Energia solar.

Introdução

Nos últimos anos a demanda do desenvolvimento sustentável na construção civil tem sido muito abordada. Para debatê-la é fundamental ter em entendimento que essa sustentabilidade não se dá apenas pela proteção dos fundos naturais. Ela depende das ações do dia a dia, do custo, da realização.

A sustentabilidade é o crescimento global que atende as carências do homem sem esgotar os fundos naturais, agregando entendimento social, econômico e ecológico. Se não forem fundamentados em todos esses fundos pode ser suportável, equitativo e viável, mas não sustentável.

Segundo Egan, 2004 há oito fontes que formam as comunidades mais sustentáveis: governança; conectividade; disponibilidade de trabalhos; atribuição ambiental; justiça/igualdade; desenvolvimento; projeto e construção; vivacidade, inclusão e proteção.

Em paralelo com a questão sobre o desenvolvimento Sustentável na construção civil está a constatação sobre trabalhos nas edificações, já que a sustentabilidade é um das exigências para um bom cumprimento. A procura das edificações nesse cumprimento é crescente, apesar de ainda inseguro.

Há varias formas de aumentar a eficiência das construtoras, entre elas pudesse citar a usar da arquitetura bioclimática luz e ventilação natural, utilização racional de água e aproveitamento de água pluvial, tratamento de efluentes por local de raízes, reaproveitamento da água tratada para irrigação, etc), dispositivos economizadores de energia, geração própria de energia elétrica através da geração solar e através da geração eólica, entre outros.

Falando mais especialmente de um desses fundos , o da eficiência energética, há varias formas de alcançá-la. Usando dispositivos economizadores, elevadores suficientes de fontes eletivas de energia como a solar e a eólica para calefação da água e geração de energia elétrica são as formas mais conhecidas para tal.

A energia solar, por exemplo, é muito pouco feita no Brasil, mesmo a matriz elétrica brasileira tendo enorme atuação nas fontes renováveis. Aqui ainda há pouca indução, mas de forma tímida esse quadro está sendo voltado. Ao longo dos capítulos também será abordada a resolução da Aneel no 482/2012 que é uma forma de incentivar o uso dos painéis fotovoltaicos.

## Justificativa

No Brasil, permanecem poucos conjuntos com painéis fotovoltaicos instalados conectados à rede, mesmo sendo um grande potencial energético. A queda nos custos dos painéis fotovoltaicos e a atual resolução da Aneel no 482, aprovada em abril de 2012 e que entrou em vigor em dezembro de 2012, acelerou a procura e favorecendo ainda mais a adoção dessa tecnologia [Téchne, 2012].

Paralelamente ao conjunto de equilíbrio de energia, a ANEEL aprovou novas normas para descontos na Tarifa de Uso do Conjunto de Distribuição – TUSD e na Tarifa de Uso do Conjunto de Transmissão – TUST para usinas maiores (de até 30 MW) que usam fonte solar.

Tudo isso retrata um avanço inicial, mas ainda não é suficiente. É importante mais incentivos políticos.

Optou-se pela energia solar porque ela é uma nascente limpa que traz benefícios ao meio ambiente, ao consumidor, que pode diminuir ou até zerar sua conta de luz, e também a toda a rede de eletricidade, uma vez que a geração e o consumo no mesmo ponto crescem a eficiência e diminui a importância de infraestrutura para transmissão e distribuição de energia.

Há muitos benefícios em usar a energia solar para geração de energia elétrica. Seguem alguns benefícios das fontes renováveis:

* Diminuição de investimentos em linhas de transmissão e distribuição;
* Diminuição de perdas por transmissão e distribuição de energia, já que a eletricidade é consumida onde é produzida;
* A colisão ambiental gerado é menor do que o provocado pelas fontes de energia como carvão, petróleo e gás, já que não produzem dióxido de carbono ou outros gases com “efeito de estufa”;
* É uma fonte inexaurível;
* Permitem diminuir as emissões de CO2, melhorando a qualidade de vida (ar mais limpo);
* Diminuem a dependência energética da sociedade face aos combustíveis fósseis, gerando autonomia energética a um país, visto que seu uso não depende da importação de combustíveis fósseis;
* O conjunto necessita de manutenção mínima;
* Não polui durante seu uso;
* É surpreendente em lugares remotos ou de difícil acesso, pois sua instalação em pequena escala não obriga a grandes investimentos em linhas de transmissão;
* Os painéis fotovoltaicos são cada dia mais potente ao mesmo tempo em que seu valor decai (isso torna cada vez mais a energia solar uma explicação economicamente viável);
* Em países tropicais, como o Brasil, o uso da energia solar é viável em praticamente todo o território, e, em lugares longe dos centros de produção energética sua utilização ajuda a diminuir a procura energética nestes (e automaticamente a perda de energia que ocorreria na transmissão).
* Além dos benefícios conceituais deve-se levar em conta a satisfação do consumidor em gerar sua própria energia.

## Objetivo

O proposito principal desse serviço é pesquisar a viabilidade da implantação de um conjunto com painéis fotovoltaicos para microgeração de energia elétrica em residências, considerando a Resolução normativa no 482/2012 da Aneel. Serão abordados aspectos sociais, econômicos entre outros.

## Metodologia

Para o implemento do objetivo desejado, primeiramente o autor realizará analise bibliográfica relacionada ao cenário de energia elétrica no Brasil, que dará base para justificar a presente dissertação.

Feita esta jornada será feita uma contextualização do conjunto em questão com o uso na construção civil, abordando o seu desempenho nas construções , assim como as etiquetagens e certificações.

Em seguida, a analise será em cima de alguns conceitos fundamentais, como “energia solar” e “sistemas de energia solar fotovoltaica”, assim como a composição desses painéis, o que gerará um conhecimento mais abrangente do que será dissertado.

O ciclo seguinte, com todo o embasamento gerado nas etapas anteriores, será abordar a pesquisa financeira para aquisição dos painéis fotovoltaicos e todo conjunto que o envolve. Seguindo, haverá um estudo de caso e para finalizar serão feitas algumas considerações finais.

## Estruturação

1º capítulo: Introdução

Nesse capítulo há uma abordagem geral do tema oferecido. Será feita uma apresentação e em seguida serão ostentados a justificativa e o objetivo feito da dissertação, descrevendo a metodologia utilizada e a estrutura do projeto em capítulos.

2º capítulo: Desafios da eficiência energética na construção civil

Esse capítulo abordará como a associação de talentos pode melhorar o funcionamento em uma construção. Será também dissertado sobre etiquetagem e certificações.

3º capítulo: Energia solar fotovoltaica e seus conjuntos

Esse capítulo tem como proposito abordar conceitos como energia solar térmica e fotovoltaica, assim como os conjuntos de energia solar fotovoltaica. Posteriormente será feita uma pesquisa geral do sistema Grid-tie (conectado à rede).

4º capítulo: Viabilidade de painéis fotovoltaicos

Nesse capítulo primeiramente será feita uma comparação de orçamento levando em conta outros países, além da tendência dos valores no Brasil. Haverá uma pesquisa da composição orçamentária do conjunto. Será abordada a resolução normativa no 482/2012 da Aneel. Em seguida será feita uma estimativa do tempo de manutenção, vida útil, assim como os prazos de proteção dos painéis fotovoltaicos.

5º capítulo: Estudo de caso: instalação de painéis fotovoltaicos para geração de energia elétrica em uma casa unifamiliar

Nesse capítulo será estudado um caso: a instalação de painéis fotovoltaicos em uma casa unifamiliar com o objetivo principal de gerar energia elétrica para outra casa de mesmo proprietário.

6º capítulo: Considerações finais

Nesse capítulo serão expostas considerações finais, assim como conclusões a que se chegaram ao longo da dissertação.

# **Desafios da eficiência energética na construção civil**

## Associação de motivos para o crescimento do funcionamento em uma construção

A definição de funcionamento de uma construção está associada ao procedimento dela quando e uso. O prédio é um produto que deve apresentar certas características que o capacitem a cumprir metas e funções para os quais foi idealizado quando subordinado a determinadas condições de interpretação e uso; assim, ele é considerado "bem comportado" quando atende aos encargos para o qual foi planejado [Borges, 2013].

Em 1982, Gibson, definiu tal conceito como se segue: "A abordagem de desempenho, principalmente e acima de tudo, a atividade de se pensar em termos de fins e não de meios. A preocupação é com as prioridades que a edificação deve atender e não com a prescrição de como essa deve ser edificada".

Esse conceito destaca os diferentes caminhos feitos pelas abordagens prescritivas e de execução. No caso da abordagem prescritiva, a execução final obtido da construção é a interação dos comportamentos implícitos nas soluções utilizadas para cada parte da edificação. As normas técnicas vigentes no Brasil, por exemplo, são prescritivas, indicando "receitas de bolo" de como projetar ou executar, sem cobrança de resultados. Já na abordagem de execução, parte-se do comportamento global desejado para a escolha e definição dos resultados de todas as partes, que devem ter um comportamento compatível com o desejado.

Seguindo esse caminho, abordando a atividade, foi criada uma lista de exigências do usuário a serem conceituadas. A divisão se dá por 3 grupos :proteção, habitabilidade e sustentabilidade.

O uso de painéis fotovoltaicos para gerar energia elétrica é uma das funções de crescer o desempenho em uma construção e está focado na questão da sustentabilidade. Assim como o uso desse recurso, também há varias outros que crescem a eficiência. O ideal é que tenha uma associação de fatores incluindo a lista acima.

Um projeto que foi incluído pela ELETROSUL e ELETROBRÁS, em parceria com UFSC chamado “Casa Eficiente” trata dessa associação de fatores para o crescimento o desempenho de uma construção unifamiliar em diferentes níveis. Ela foi edificada para otimização da relação entre o conforto e a competência energética com a sustentabilidade, crescendo a eficiência da construção como um todo.

A meta da Casa competente, localizada em Florianópolis é tornar-se uma marca nacional para a disseminação dos conceitos de competência energética, adequação climática e uso racional da água para os técnicos que atuam no mercado da edificação civil e primeiramente do setor elétrico.

O esquema arquitetônico foi estendido para as condições climáticas da região. Na concepção da construção, buscou-se a estabilidade entre a tecnologia e o desenvolvimento de fontes naturais de energia, a partir do uso de recursos adequados do ponto de vista da competência energética e da preservação ambiental: escolha criteriosa dos materiais construtivos; profissionais de aproveitamento dos condicionantes naturais; busca pela racionalização e competência energética; uso racional de água (desenvolvimento de água pluvial, proteção de efluentes por zona de raízes e melhora de águas cinza tratadas).

Abaixo estão descritos os relevantes condicionantes desse plano: Melhor melhoria das condições climáticas locais (radiação solar, temperatura e umidade referente do ar e ventos predominantes) para definição das soluções de plano; Emprego de conjuntos alternativos de resfriamento e aquecimento ambiental; Prioridade no uso de materiais locais (renováveis ou de pequeno impacto ambiental); plano paisagístico protegendo o uso de espécies nativas da Mata Atlântica em vias de extinção e a utilização de espécies frutíferas. Proteção da vegetação para fundação de um microclima lugar agradável; Utilização racional de água. Instalações hidráulicas usando peças e linhas econômicas; Uso de equipamentos que demonstrem um baixo aproveitamento de água (ou equipamentos economizadores de água), Consumo de água pluvial, proteção de fluido por zona de raízes e melhoramento dos efluentes de águas cinza (de banho, tanque, máquina de lavar roupa e purificação ) após aproveitamento biológico; Integração do partido arquitetônico com conjunto complementares, tais como esquentamento solar e geração de energia fotovoltaica; clareza a todos os ambientes, possibilitando a visitação pública.

Pode-se analisar, a partir dos condicionantes, que esse plano utilizou vários recursos para crescer a competência da construção e isso que é o correto. Essa associação é muito eficiente para o crescimento do desempenho dela. Na questão do beneficio da radiação solar foram usados painéis fotovoltaicos para geração de energia, que é a abordagem principal desse serviço.

## Certificações e etiquetagem

Como uma forma de reconhecer os projetos que adotam soluções mais competentes aplicadas à construção foram feitas constatações e etiquetagens para classificá-los, cada embasamento em requisitos diferenciados. Elas promovem referencias úteis que determina a decisão de compra dos consumidores, que podem levar em deferência outros atributos, além de valor, no instante de aquisição. Também favorece a competitividade da indústria, por meio da indução do processo de melhoria continua promovida pela definição consciente dos clientes.

Serão abordados nesse projeto três delas para entendimento dessa questão, duas a nível nacional e uma a nível internacional. São elas: “Procel Edifica”, “Selo Casa Azul CAIXA” (nacionais) e “Certificado LEED”.

### Procel Edifica

O Procel constrói tem por finalidade desenvolver projetos com vistas à divulgação e ao incentivo à aplicação dos conceitos de competência energética em construções, orientar a viabilização da Lei de competência Energética (10.295/2001) e favorecer com a expansão, de maneira energeticamente competente, do setor de construções do país, diminuindo os valores operacionais na edificação e uso dos imóveis. Para conduzir suas finalidades, o Procel Edifica atua em varias vertentes:

“Capacitação Humana”, “Tecnologias”, “Disseminação”, “Subsídios à Regulamentação”, “Habitação e Eficiência Energética” e “Suporte” [Resultados Procel, 2013].

O plano Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) ainda tem que superar alguns desafios operacionais para que tenha grande importância na adesão em todo o país. Esses desafios estão relativos à falta de técnicos capacitados para agir tanto nos serviços público como no privado; à ausência de infraestrutura de laboratórios para analisar as construções; à falta de suporte profissional para atender aos técnicos em todo o país; à desinformação do mercado consumidor em relação à Ence (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia de construções Residenciais) das edificações.

A prática da Ence dos eletrodomésticos revelou que os consumidores brasileiros passaram a escolher os produtos analisando também seu comportamento e, consequentemente, o valor de operação. Acredita-se que o mesmo poderá acontecer com as casas , à medida que essa etiqueta se tornar reconhecida pelo público em geral.

As etiquetas avaliam a competência separadamente, sendo que “A” é a classificação de mais competência e “E” a classificação de menos competente. Elas podem ser para Unidade Habitacional Autônoma e construção Multifamiliar.

Na regra para Unidade Habitacional Autônoma há uma pesquisa geral da unidade e competências individuais. Nas competências individuais a divisão se dá por: Esquentamento de água, envoltória caso haja congelamento artificial e envoltória de verão. Caso a unidade esteja situada nas zonas bioclimáticas de 1 a 4 há, além da envoltória de verão, envoltória de inverno.

Na regra para construção Multifamiliar há dois tipos de regras: para a construção como um todo e para as áreas de utilização comum. Para área de utilização comum há uma divisão entre áreas de utilização frequente e áreas de uso eventual. Faz-se uma pesquisa de competência para o todo e depois para as partes. Em áreas de utilização frequente a divisão se dá por “iluminação”, “bombas” e “refrigeração” e em áreas de utilização frequente se dá por “iluminação”, “equipamentos” e “aquecimento de água”.

Através das pesquisas dos selos “Procel Edifica” pode-se analisar que eles levam em consideração a energia solar, mas não primeiramente os painéis fotovoltaicos que geram energia elétrica. A “Casa Eficiente”, Falada anteriormente nesse capítulo já tem esse selo. Apesar de não ser analisado nos selos “Procel Edifica”, desde 2010 os módulos mais competentes recebem o Selo Procel de Economia de Energia.

### Selo Casa Azul CAIXA

Com o Selo Casa Azul CAIXA, procura reconhecer os objetivos de empreendimentos que justifiquem suas contribuições para a diminuição de impactos ambientais, analisados a partir de critérios vinculados aos seguintes temas: qualidade urbana, projeto e conforto, competência energética, conservação de projetos materiais, administração da água e práticas sociais.

O Selo se aplica a todos os tipos de planos de empreendimentos habitacionais propostos à CAIXA para financiamento ou nos planos de repasse. Podem se candidatar ao Selo as instituições construtoras, o Poder Público, instituições públicas de habitação, cooperativas, associações e entidades representantes de movimentos sociais.

O método usado pela CAIXA para a concessão do Selo tem com finalidade analisar, durante a pesquisa de viabilidade profissional do empreendimento, o atendimento aos critérios determinada pelo instrumento, que estimula a adoção de práticas voltadas a desenvolvimento dos empreendimentos habitacionais [Guia Caixa, 2010].

Ter painéis fotovoltaicos para criação de energia elétrica é um dos itens que contam pontuação. Ele se encaixa na categoria 3 - competência Energética, mais especificamente no item 3.8 – Fontes alternativas de energia. Além da energia solar fotovoltaica, esse item também considera a energia eólica.

### LEED

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) é um sistema

internacional de certificação e apoio ambiental para construções, usando em 143 países, e possui o intuito de orientar a transformação dos planos, obra e operação da construções, sempre com foco no desenvolvimento sustentável de suas atuações [GBC Brasil, 2013].

A procura pelos registros e certificações LEED tem aumentado a cada ano. Seus incentivos são:

* Econômicos
  + - Diminuição dos custos operacionais
    - Diminuição dos riscos regulatórios
    - Valorização do imóvel para revenda ou arrendamento
    - Crescimento na velocidade de ocupação
    - Crescimento da retenção
    - Modernização e menor obsolescência da construção
* Sociais
  + - Melhora na proteção e priorização da saúde dos servidores e ocupantes
    - Inclusão social e crescimento do senso de comunidade
    - Capacitação técnica
    - Conscientização de servidores e clientes
    - Crescimento da produtividade do funcionário; aumento na recuperação de doentes (em Hospitais); melhora no comportamento de alunos (em Escolas); crescimento na vontade de compra de consumidores (em Comércios).
    - Estimulo aos fornecedores com grandes responsabilidades socioambientais
    - Crescimento da satisfação e bem estar dos clientes
    - Estímulo a políticas públicas de fomento a Construção Sustentável
* Ambientais
  + - Uso racional e aumento da extração dos recursos naturais
    - Diminuição do consumo de água e energia
    - Implantação consciente e ordenada
    - Mitigação dos efeitos das mudanças climáticas
    - Uso de materiais e tecnologias de menor impacto ambiental
    - Diminuição tratamento e reuso dos resíduos da construção e operação.

Internacional LEED possui 7 dimensões a serem avaliadas nas construções . Todas elas possuem pré-requisitos (práticas obrigatórias) e créditos, recomendações que quando atendidas protegem pontos a construção.

A importância que aborda os painéis fotovoltaicos para criação de energia elétrica e conta na pontuação é “Energia e Atmosfera”. Segue sua descrição:

• Energy & atmosphere (Energia e Atmosfera) – Promove competência energética nas construções por meio de estratégias simples e inovadoras, como por exemplo, simulações energéticas, medições, comissionamento de conjuntos e utilização de equipamentos e sistemas eficientes.

O nível da certificação é definido, conforme a quantidade de pontos adquiridos:

Selo LEED: mais de 40 pontos; o Selo LEED Silver: mais de 50 pontos; o Selo LEED Gold: mais de 60; o Selo LEED Platinum: mais de 80 pontos.

# **Energia solar fotovoltaica e seus sistemas**

## Energia solar térmica e fotovoltaica

A energia solar é abundante e pode ser usada de varias formas. A maneira mais simples de utilizar essa energia é através de soluções de arquitetura que privilegiem a luz solar ou o controle natural da temperatura. Há também a chance de se usar de sistema de captação da energia solar para depois reaproveita-la.

Ela chega a Terra nas maneiras da térmica e luminosidade . Sua irradiação por ano na superfície da Terra é bastante para atender milhares de vezes o consumo por ano de energia da terra. Essa radiação, porém, não atinge de forma uniforme toda a crosta terrestre. Depende da latitude, da estação do ano e de condições atmosféricas como nebulosidade e umidade relativa do ar.

 Energia solar térmica:

A energia é absorvida por meio de painéis solares térmicos, também chamados de coletores solares. São os conjuntos mais simples, econômicos e reconhecidos de aproveitar o sol, sendo usados em residências, hotéis e instituições para o aquecimento de água para chuveiros ou piscinas, aquecimentos de ambientes ou até em regras industriais. Os painéis são simples e têm a função de transportar o calor da radiação solar para a água ou óleo que passa no meio deles para então ser usados como fonte de calor.

 Energia solar fotovoltaica

Os sistemas de energia solar fotovoltaica são capazes de criar energia elétrica por meio das chamadas células fotovoltaicas. As células fotovoltaicas são montadas em painéis solares fotovoltaicos e são capazes de modificar a radiação solar prontamente em energia elétrica por meio do chamado “efeito fotovoltaico”.

## Sistemas de energia solar fotovoltaica

Um conjunto de energia solar fotovoltaico é capaz de criar energia elétrica por meio da radiação solar. Existem dois tipos essenciais de sistemas fotovoltaicos: conjuntos isolados (Off-grid) e sistemas conectados à rede (Grid-tie).

Os conjuntos isolados são caracterizados por não se interligar a rede elétrica. São usados em lugares remotos onde não há entrada de energia elétrica ou onde o preço de se interligar a rede elétrica é elevado. O sistema abastece exatamente os aparelhos que usaram a energia. A energia gerada é armazenada em baterias que asseguram o fornecimento em períodos sem sol.

Já os sistemas conectados à rede são caracterizados por estarem interligada à rede elétrica que fornece a população. Os sistemas conectados têm uma enorme vantagem com relação aos conjuntos isolados por não usarem baterias e controladores de carga. Isso os torna cerca de 30% mais competentes e também assegura que toda a energia seja utilizada.

## Sistema Grid-tie

### Elementos do sistema

Como está se questionando de uma casa unifamiliar na cidade do Rio Janeiro, será adotado o conjunto conectado à rede, Grid-tie, já que no lugar possui acesso à rede elétrica e pretende-se diminuir parcial ou totalmente o seu consumo.

Para esse sistema são necessários os seguintes equipamentos:

* Painéis fotovoltaicos;
* Inversores;
* Cabos, estruturas de fixação para os painéis e seguranças elétricas.

Os painéis fotovoltaicos constituem o papel de coração, “bombeando” a energia para do conjunto. Podem ser um ou mais painéis e são dimensionados conforme a energia necessária. São responsáveis por modificar energia solar em eletricidade.

Os inversores modificam a corrente contínua em corrente alternada e ajustam a voltagem conforme com a necessidade, além de sincronizar o conjunto com a rede.

Esse conjunto joga a energia excessiva na rede e o relógio mostra esse excedente como crédito que será recompensado pelo consumo durante a noite, dias com nuvens ou até mesmo nos meses decorrentes. Para isso, a concessionária mudara o relógio por um relógio bidirecional. É como se a rede pública estivesse com sua “bateria", recebendo a energia para o uso em outro instante, por isso não são necessárias baterias.

### Composição dos painéis fotovoltaicos

A sustentação dos painéis fotovoltaicos é feita principalmente de módulos com células fotovoltaicas.A célula fotovoltaica é a unidade essencial desenvolvida para fazer a conversão direta de energia solar em elétrica. O módulo é a unidade feita por um sistema de células solares, interligadas eletricamente com o intuito de criar eletricidade. Já os painéis são dois ou mais módulos fotovoltaicos associados à eletricamente, montados de maneira a formar uma única estrutura [ Cartilha Educativa – Eletricidade Solar, 2013].

### Matéria-prima das células fotovoltaicas

O silício ainda é a matéria-prima mais usada para a realização das células fotovoltaicas, porém outros fatores também podem ser usados para a sua produção. Os avanços nas analises permitiram aos módulos aumentar mais flexibilidade, competência e durabilidade. As principais tecnologias que estão hoje disponíveis no mercado são (classificação conforme a matéria-prima com que as células são feitas) [Tecnologias no mercado, América do Sol, 2013]:

1. [Silício Cristalino (c-SI):](http://www.americadosol.org/silicio-cristalino/)

Esta inovação é hoje a mais tradicional e com crescimento em escala de produção a nível comercial no mercado fotovoltaico. Os painéis solares com células de silício cristalino são normalmente azuis porque está é a cor com a qual a célula apresenta a melhor competência na conversão de energia solar para elétrica, mas já existem fabricantes que produzem painéis coloridos, como vermelhos ou verdes, com o intuito de atrair usuários que desejam criar projetos arquitetônicos que primam pela estética. Isso eleva o preço dos módulos.

As células podem ser de dois tipos: silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si).

* Silício monocristalino (m-Si):

Além de ser a mais velha tecnologia fotovoltaica, as células de silício monocristalino (m-Si) são também as com as maiores competências em aplicações comerciais.

* Silício policristalino (p-Si):

Estas células são feitas por diversos cristais, que são fundidos e solidificados. Por causa das bordas das partículas dos cristais (mais cristais, logo mais bordas) é que a competência das células de policristalino é menor que as monocristalino. Por outro lado, elas valem bem menos para serem produzidas, exigem menos materiais e energia. Tudo isto reflete no custo final das células, que acaba sendo menor que as monocristalinas.

2. [Silício amorfo hidrogenado (a-Si):](http://www.americadosol.org/silicio-amorfo-hidrogenado-a-si/)

Nessas células as camadas são extremamente finas, muitas vezes tendo não mais do que 0,5 micrometros de espessura com uma estrutura amorfa, o que diminui e reduz os níveis de competência quando comparado com as células cristalinas. Sua competência não passa de 6%.

Seu modo de fabricação permitiu o desenvolvimento de módulos solares flexíveis, inquebráveis, leves, semitransparentes, com superfícies curvas que crescem a versatilidade na sua aplicação, principalmente em projetos de integração as construções.

Seu valor por metro quadrado é, em média, a metade do valor do silício cristalino. Outro diferencial desta tecnologia é que ela não apresenta redução na potência com o crescimento da temperatura de operação, o que é uma vantagem em países de climas quentes como o Brasil. Em outras tecnologias, o crescimento da temperatura ambiente provoca perdas no desempenho dos módulos.

Há também células que usam como matéria-prima o [Telureto de cádmio (CdTe),](http://www.americadosol.org/telureto-de-cadmio-cdte/) diasseleneto de cobre (gálio) e índio (CIS e CIGS), mas é menos comum no mercado.

### Dimensionamento do sistema

Para dimensionar um conjunto fotovoltaico interligado à rede são necessários alguns dados básicos da casa como: consumo médio mensal (kWh), tipo do conjunto (mono, bi ou trifásico) e lugar da instalação para obter a irradiação do lugar. A partir desses dados pode ser realizada uma estimativa da potência para o conjunto, assim como a área que será ocupada e as emissões de CO2 que serão evitadas. Essas estimativas podem ser realizadas em alguns sites na internet em que são oferecidos simuladores.

Não é necessário produzir toda a energia consumida. Equipamentos de alto consumo como chuveiro elétrico requerem muitos painéis e, entretanto, devem ser substituídos por outras soluções quando possível. Esse, por exemplo, pode usar energia solar térmica, mais competente e barata para esta aplicação [Neosolar, 2013].

Com o reconhecimento da capacidade do conjunto (potência) é possível avaliar quantos painéis serão necessários. Parte-se do consumo de energia em kWh da unidade consumidora - o sistema deve ser dimensionado para produzir no máximo 100% da energia média consumida, pois o consumidor não será remunerado pela produção de energia em abundancia. O tamanho do sistema também fica restrito à área disponível para instalação dos painéis.

Em seguida determina-se o lugar da instalação dos painéis. A produção maior se dará em função da disponibilidade de sol, do apoio e inclinação dos painéis. A melhor orientação é voltada para a linha do Equador (direção Norte, para a maioria dos Estados brasileiros). A inclinação dos painéis de maior produção é aquela onde a luz incide o mais perpendicular possível ao projeto do painel e é função da latitude do local. A inclinação ótima pode variar se houver meses historicamente muito nublados. Por fim, recomenda-se inclinação mínima de 10º para evitar o acúmulo de água e facilitar a limpeza natural com a chuva.

Além do apoio e inclinação, a quantidade de luz recebida também pode ser prejudicada por instrumentos ou edificações próximas ao conjunto fotovoltaico. Pequenas sombras podem prejudicar muito a criação de energia. Além de edifícios árvores, chaminés, antenas e objetos menores devem ser analisados. Deve ser elaborada uma pesquisa de sombreamento para todo o ano, pois a posição do sol muda os ângulos de incidência e as sombras.

Avalia-se, por fim, a radiação solar no local. Essa noticia é feita em um mapa solarimétrico, sendo que um dos mais utilizado no Brasil foi feito pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). A radiação frequentemente é dada em kWh/m²/dia ou HSP/dia (Horas de Sol Pico por dia), que não quer dizer o número de horas de sol em um dia, mas sim o correspondente a uma hora padrão de 1.000 W/m². No Brasil, a radiação fica entre 4 kWh/m²/dia no Sul e 6,5 kWh/m²/dia no interior do Nordeste.

Abundancia de painéis é marcado conforme a energia que se deseja produzir*.* O arranjo fotovoltaico (combinação dos painéis em série ou em paralelo) deverá ser compatível com o inversor usado. Para isso, as especificações profissionais dos painéis e inversores devem ser consultadas de modo a marcar o tamanho e a quantidade das séries de painéis, bem como a quantidade de inversores essenciais [Téchne, 2012].

No mercado há oportunidade de compra de painéis com varias potências. Exemplo: uma casa dimensionou seu sistema e o resultado foi à carência de 2000 Wp de potência para 100% do fornecimento. Sabendo que uma loja vende painéis de 240 Wp, serão essenciais 9 painéis.

A área a ser produzida pelos painéis depende do volume e características do conjunto bem como da forma como eles deverão ser montados nos sistemas. Um sistema de 1000 Wp ocupa uma área de aproximadamente 7 m2 de painéis. Entretanto, se estiverem inclinados sobre uma superfície plana como uma laje, um painel pode fazer sombra sobre o outro e eles deverão ficar distantes, exigindo uma área até duas vezes maior [Neosolar, 2013].

# **Viabilidade de sistemas de geração de energia elétrica por painéis solares fotovoltaicos**

## Comparação orçamentária entre países

O Brasil é o maior produtor mundial de quartzo e desse elemento se parte para a obtenção de silício, que é a matéria-prima mais usada na produção das células fotovoltaicas [Diário do Grande ABC, 2013]. Apesar desse enorme potencial, só em 2011 foi feita a primeira fábrica de painéis fotovoltaicos do país, em Campinas – SP – a Tecnometal. Ela tem pratica para produzir 25 MW anuais. Esse montante equivale a quatro vezes a atual demanda brasileira por painéis solares, o que marca o otimismo da instituição com o cenário nacional e o da América do Sul, para onde pretende exportar [Rotas Estratégicas, 2011].

Recentemente o Brasil está diante da chance de produzir silício de grau solar a valores  [competitivos](http://www.dgabc.com.br/Noticia/459740/concordata-na-china-e-oportunidade-no-brasil?referencia=minuto-a-minuto-topo), pois acaba de obter um equipamento que purifica o silício. O equipamento veio da Alemanha e está recentemente no Laboratório de Metalurgia e Materias Cerâmicos (LMMC), localizado no Instituto de analise tecnológico (IPT), São Paulo. Custou cerca de R$ 1,4 milhões, dinheiro que veio por parte da Funtec (Fundo Tecnológico), do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) e da MinasLigas (Companhia Ferroligas Minas Gerais).

Essa é só uma parte dos R$ 12,5 milhões que será aplicado. O equipamento chamado de ‘forno de condensação direcional’ é o primeiro na América do Sul. Com a compra do equipamento o Brasil pode sim se tornar líder na corrida pelo silício grau solar e pela energia solar fotovoltaica [IPT, 2012].

Essa ainda é uma investigação, por enquanto o Brasil não aparece de forma relevante no ranking dos países que mais investigaram e produziram painéis fotovoltaicos em 2012 – Alemanha, Itália, China, Estados Unidos e Japão.

No Brasil não é possível gerar energia elétrica e vendê-la como em outros países, há apenas um sistema de compensação de energia que foi regulamentado pela Aneel muito recentemente, em 2012. Na Alemanha, por exemplo, há as chamadas tarifas feed-in que são cada vez mais reconhecidas como um tipo de política competente para se promover energias renováveis: trata-se de um mecanismo que assegura que o produtor de energias renováveis possa vender energia a um preço fixo feito por contrato, por um período de tempo marcado (geralmente 5, 10, 15 ou 20 anos) [IEDI, 2011].

Para a subtração dos preços deveriam ser consideradas ainda as linhas de financiamento e vantagens fiscais para o setor. A experiência internacional revela a necessidade da concessão de crédito mais barato para financiar planos de energias renováveis e a indústria nacional de componentes, ou seja, os fornecedores da cadeia de geração de energias renováveis.

Também, poderiam ser aventadas parcerias público-privadas competentes para implantação de projetos de energias renováveis, como ocorre de maneira exitosa nos Estados Unidos [IEDI, 2011].

O valor dos painéis fotovoltaicos, incluindo sua instalação, no Brasil ainda é elevado em comparação com as fontes tradicionais de energia. Estima-se, em 2010, em torno de 4,60 USD / Wp, o que equivale a aproximadamente R$ 10,60 / Wp [América do Sol, 2013].

O custo na prática para os consumidores é grande no Brasil do que em países como a China, por exemplo, porque não há subsídios do governo, além de essencialmente todo material ser importado, mas compensa por outro lado devido a mão de obra para instauração ser mais barata.