

## **Energia Híbrida e suas aplicações em sistemas Fotovoltáicos**

**SANDRA TATIANE MARTINS OLIVEIRA**

UNINOVE – Universidade Nove de Julho  
engsandratati@gmail.com

**AMANDA MIRANDA**

Universidade Nove de Julho  
mirandacal@hotmail.com

**ROGÉRIO BONETTE KLEPA**

UNINOVE – Universidade Nove de Julho  
klepao@gmail.com

**JOSÉ CARLOS CURVELO SANTANA**

UNINOVE – Universidade Nove de Julho  
jccurvelo@uni9.pro.br



## **ENERGIA HÍBRIDA E SUAS APLICAÇÕES EM SISTEMAS FOTOVOLTÁICOS.**

### **Resumo**

A Energia termo solar, originada pelo Sol, além de ser aproveitada como necessidades básicas em iluminação, alimentação, aquecimento de água, entre outras fontes; têm-se discutido sua aplicação em painéis híbridos realizando sua conversão em energia elétrica e aquecimento de água; tanto em indústrias, como principalmente em residências de uma maneira sustentável e econômica. Este trabalho tem como objetivo demonstrar a utilização da energia termo solar em um sistema fotovoltaicos, objetivando ganhos econômicos e ambientais nas residências. Comprovando que painel híbrido beneficia o usuário com economia de até 30% na conta de energia elétrica considerando uma família de 4 pessoas.

**Palavras-chave:** placas fotovoltaicas, energia híbrida, energia termo solar, coletor térmico.

### **Abstract**

Solar thermal energy, originated by the Sun, besides being used as basic necessities in lighting, food, water heating, among others; Its application has been discussed in hybrid panels, converting it into electric energy and water heating; Both in industries and mainly in homes in a sustainable and free way. This work aims to demonstrate the use of solar thermal energy in a photovoltaic system, aiming economic and environmental gains in the residences. Proving that hybrid panel benefits the user with savings of up to 30% in the electric bill considering a family of 4 people.

**Keywords:** photovoltaic panels, hybrid energy, solar thermal energy, thermal collector.



## 1 Introdução

Segundo EPE (2017), no mês de março o consumo de eletricidade na rede totalizou 40.371 GWh, apresentou um acréscimo de 2,9% ao mês do ano anterior, porém a demanda nacional aumentou para 2,0% no 10º trimestre, sendo o primeiro aumento neste período desde 2014. Este crescimento se dá através das respectivas porcentagens de cada classe: Residencial (+7,8%), Comércio e Serviços (+1,8%) e em Outras Classes (+1,6%) e o consumo Industrial registrou estabilidade (+0,1%).

Com o considerável aumento pode-se observar as regiões que obtiveram as maiores taxas de consumo como a Sudeste (10,2%) e Sul (16,7%). No primeiro trimestre, nota-se que o consumo cresceu 3,2%, alcançando 35.590 GWh, novamente as regiões Sudeste (4,5%) e Sul (7,5%) se destacam, conforme Tabela 1. (EPE, 2017)

Tabela 1 – Comparação dos trimestres das regiões.

Regiões	Taxas Trimestrais			
	2016			2017
	2º tri	3º tri	4º tri	1º tri
N	11,3%	4,9%	-4,8%	-3,6%
NE	3,2%	4,9%	3,6%	0,4%
SE	5,9%	1,8%	-0,2%	4,5%
S	6,1%	3,9%	1,8%	7,2%
CO	6,5%	1,7%	-4,7%	-0,8%
Brasil	5,8%	3,0%	0,1%	3,2%

Fonte: EPE (2017).

A ligação energia-humanidade já vem de muitos séculos, desde quando utilizava-se o sol para secar peles e alimentos, sendo comprovados em meados do século VII A.C pelos arqueólogos, e com uma simples lente de vidro podia-se também concentrar a luz do sol e através dela queimar pequenos pedaços de madeira para o originar o fogo (Kemerich, 2016).

O Sol é a combinação de gases, cujo é convertida de hidrogênio em hélio, pela qual é resultante da liberação de energia, descrita através da expressão desenvolvida por Einstein, conforme demonstrada na Figura 1 (EPE, 2016).

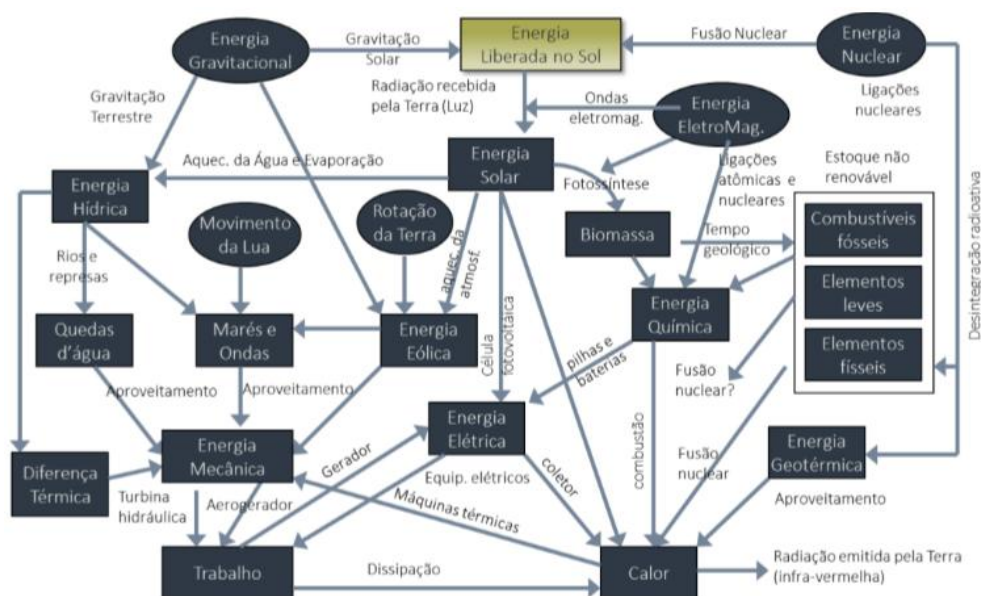


Figura 1. Origem e transformações energéticas.

Fonte: Adaptado de (EPE, 2016).



A maioria das fontes renováveis são a energia hidráulica, a energia eólica, a energia de biomassa, combustíveis fósseis e a energia dos oceanos que provém indiretamente de energia solar. A energia elétrica é imprescindível fonte na qualidade de vida da sociedade, sendo uma das atividades mais importantes, podendo ser substituída por uma fonte inesgotável e limpa, ou seja, através da energia solar. A partir da energia solar, a geração captada torna-se uma das alternativas mais promissoras tanto como fonte de calor como de luz (Longo, 2015).

A energia originada pelo Sol é aproveitada nas necessidades básicas que se refere a iluminação, alimentação e aquecimento. A respeito dessa riqueza gerada naturalmente, pode-se reaproveitar essa fonte através de duas tecnologias: a fotovoltaica, na qual é convertida em eletricidade; e a termo solar convertida no aquecimento da água, é alternativa mais sustentável e gratuita, é uma energia limpa (EPE, 2016).

Para compreender o quão importante é a energia solar Longo (2015), relata que quantidade de radiação que o sol fornece à Terra, equivale a 7.500 vezes o consumo de energia primária de sua população. A radiação pode variar conforme a posição geográfica, chegando a atingir  $170 \text{ W/m}^2$ . Se considerar uma porcentagem correspondente à 0,1% da energia solar convertida em energia com eficiência de 10%, ultrapassaria quatro vezes mais a geração de energia mundial de 3.000 GW.

Quando a radiação solar alcança a superfície terrestre, ocorre duas divisões de componentes, uma delas trata-se de direção direta, ou seja, aquela que origina-se diretamente da direção do Sol que por sua vez possui sombras nítidas. A outra é a direção difusa, a que provém de todas as direções, aquela que ao atingir a superfície terrestre se espalha pela atmosfera terrestre, conforme demonstra a Figura 2.

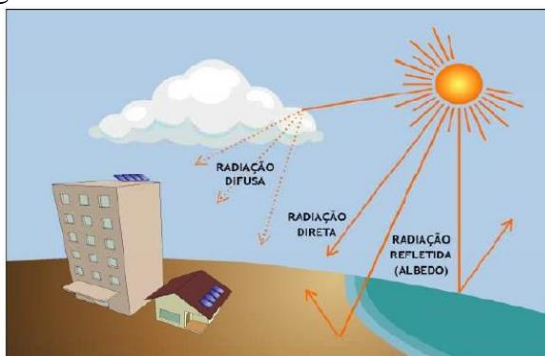


Figura 2. Radiação solar direta, difusa e albedo.

Fonte: Longo (2015).

Existe uma parcela da radiação solar pela qual ao encontrar com a Terra é refletida pelo solo, é chamada de albedo. Para maior entendimento Longo (2015), exemplifica: Em um dia nublado temos 100% de radiação difusa e em dias sem nuvens temos somente 20% de radiação difusa, sendo 80% radiação direta. Os projetos para sistemas fotovoltaicos, tem uma demanda mínima de irradiação de 3 a 4  $\text{kWh}/(\text{m}^2.\text{dia})$  (125 a  $166 \text{ W/m}^2$ ), ou seja, mesmo em dias nublados os painéis captam a energia através da luminosidade, que por sua vez com o uso de baterias, acumulam e armazenam energia.

O Brasil por estar situado em uma região com maiores incidências de raios solares, beneficia os altos índices de irradiação. Por estar próximo à linha do Equador, ocorre uma variação solar ao decorrer do ano, porém, mesmo com essa variação ainda existe presente, bons níveis de irradiações, podendo dessa maneira obter o aproveitamento energético através do recurso solar EPE (2016).



Portanto este trabalho elucida a proposta de conversão de energia solar, através da captação por um painel híbrido, transformando essa energia em eletricidade e consumo de água quente; como uma proposta econômica e sustentável para residências.

## **2. Referencial Teórico**

### **2.1 Energia Termo Solar**

Segundo Cresesb (2014), energia termo solar é a quantidade de energia captada através do sol e transformada em calor, não se refere necessariamente em ser somente captada mas sim em como armazená-la. Para isso os equipamentos para o aproveitamento de energia são os respectivos coletores solares.

Coletores solares são aquecedores (líquidos ou gasosos) sendo diferenciados por coletores concentrados e coletores planos, cada um com sua finalidade específica. O fluido quando aquecido e acondicionado em local térmico isolado, pode ser utilizado até o seu uso final, ou seja, ele absorve e armazena. Os coletores concentrados são classificados com a temperatura acima de 100<sup>0</sup>C, podendo atingir temperatura até 400<sup>0</sup>C para assim ser ligado as turbinas de vapor e gerar eletricidade. Já os coletores planos, atingem temperaturas mais baixas aproximadamente 60<sup>0</sup>C, são mais utilizados em residências e comércios, com a finalidade de obter água aquecida para piscinas, limpeza de hospitais, ar quente para secagem de grãos, água aquecida através dos chuveiros etc..., a fim de economizar na energia elétrica, aproveitar esta fonte gratuita e valiosa (Cresesb,2014).

#### **2.1.2 Energia Fotovoltaica**

Os sistemas fotovoltaicos estão presentes no cotidiano sem ao menos ser notado, como por exemplo nas calculadoras, relógios, etc. Esta tecnologia pode ser utilizada de forma mais complexa na geração de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos. Os painéis são constituídos por várias células fotovoltaicas, onde na sua estrutura é composta de silício (Pinto, 2015).

A energia solar fotovoltaica é a energia convertida da luz solar para a eletricidade. A conversão ocorre devido ao efeito fotovoltaico, ou seja, quando ocorre uma diferença de potencial de um material semicondutor devido à absorção de luz. A célula fotovoltaica, composta deste material é uma peça importante no processo dessa conversão. Por causa da baixa tensão e da corrente de saída, as células se agrupam até se formarem um módulo fotovoltaico (Pinto, 2015).

#### **2.1.3 Vantagens e Desvantagens do Uso da Energia Solar Fotovoltaica**

De acordo com Pinto (2015), a tecnologia da energia solar traz benefícios com a sua utilização, no que se diz respeito ao baixo impacto ambiental, sem poluidor o meio ambiente e nem causar ruídos. De fácil transporte e uma alternativa sustentável para lugares com difícil acesso de energia elétrica. Ideal em edifícios que não possua muito espaço, ela não exige uma área adequada, tornando-se um material como parte do revestimento sem comprometer a arquitetura tanto em prédios como casas residências, obtendo um custo reduzido e ao mesmo tempo tornando-se uma construção diferenciada e inovadora. As desvantagens relacionadas ao uso da energia solar fotovoltaica referem-se à radiação solar, ou seja, a incidência de luz solar pode variar de acordo com o período do dia e as estações do ano e o custo das células fotovoltaicas ainda é elevado (Pinto, 2015).

#### **2.1.4 Componentes de um sistema fotovoltaico**



Conforme Cresesb (2008), o sistema fotovoltaico classifica-se em sistemas isolados, conectados à rede e híbridos. Todos os sistemas devem possuir uma configuração básica para que se possa ter uma unidade de controle e uma unidade de armazenamento, com a finalidade de chegar energia para o usuário, conforme na Figura 3.

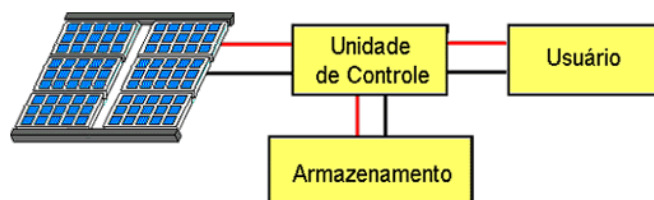


Figura 3. Esquema de configuração básica de um sistema fotovoltaico  
 Fonte: CRESESB (2008).

## 2.2 Sistemas Isolados

Considera-se isolados pelo simples fato de obter alguma forma de armazenamento de energia, podendo ser realizado através de baterias com a finalidade de utilizá-la em aparelhos domésticos, na qual se bombeia a água para fins de uso tanto em sistemas de abastecimento como no caso da irrigação. Já nos casos da necessidade de armazenamento de energia em baterias, utiliza-se um dispositivo para controlar a carga e a descarga, este dispositivo serve para controlar o uso da bateria sem causar danos de sobrecarga ou descarga. O controlador de carga é usado em sistemas pequenos onde os aparelhos utilizados são de baixa tensão e corrente contínua (CC). Importante ressaltar que para alimentação de equipamentos de corrente alternada (CA) é necessário um outro aparelho chamado inversor, a função dele é de agregar um seguidor de ponto de máxima potência necessário para aprimorar a potência final produzida, na utilização de eletrodomésticos convencionais, de acordo com a Figura 4 (Cresesb, 2008).

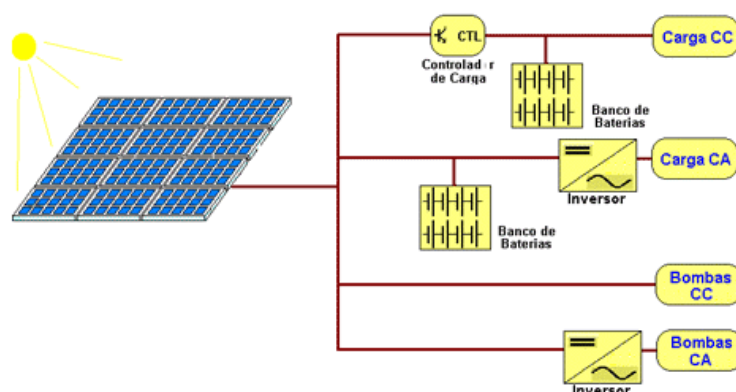


Figura 4. Esquema de configuração básica de um sistema fotovoltaico.  
 Fonte: CRESESB (2008).

### 2.2.1 Sistemas Conectados à rede

Este sistema é uma opção diferenciada, com a finalidade utilizar um número maior de painéis fotovoltaicos, sem adquirir o armazenamento de energia devido a entrega completa e direta na rede. Ela funciona como uma fonte que auxilia no sistema elétrico de grande porte. São conectados em inversores e direcionados diretamente na rede sem ser prejudicada em nenhum momento, como demonstrado na Figura 5. (Cresesb, 2008).

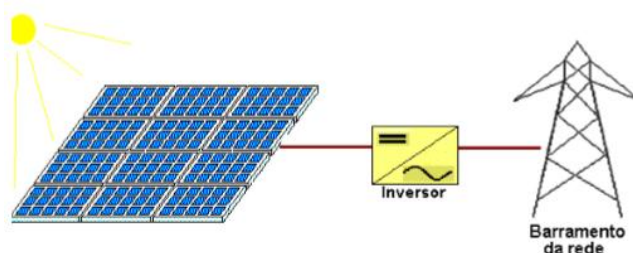


Figura 5. Esquema de configuração básica de um sistema fotovoltaico  
 Fonte: CRESESB (2008)

### 2.2.2 Sistemas Fotovoltaicos / Térmico Híbrido (PV/T)

No decorrer dos 30 anos, diversas pesquisas com coletores PV/T foram realizadas no intuito de aumentar a eficiência da célula solar. De acordo com Hipólito (2015), a eficiência do painel fotovoltaico diminui com o aumento da temperatura aproximadamente em  $45^{\circ}\text{C}$ . O interesse surgiu ao perceber a redução de temperatura do sistema com a troca do calor em contato com a água ou ar. Após pesquisas, observou-se que a eficiência da água aumentou por obter uma capacidade térmica maior, ou seja, a água pode ser utilizada nas residências e até nas indústrias, por um sistema simples e uma solução de baixo custo.

Sistemas híbridos são aqueles que apresentam diversas fontes para a geração de energia diferenciada, como em turbinas eólicas, geração diesel e conforme Figura 6. (Cresesb, 2008).

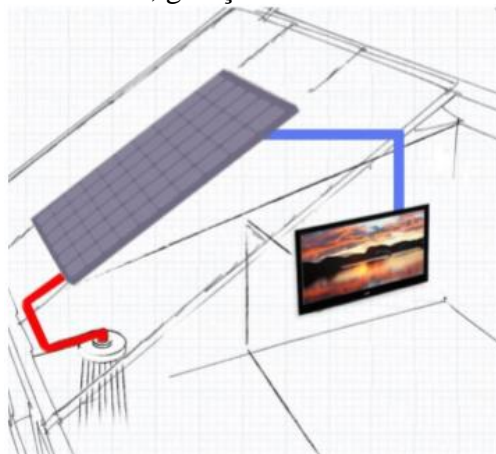


Figura 6 – Instalação esquemática do painel solar híbrido.  
 Fonte: Hipólito (2015).

Para Ancines (2016), o sistema de operação de um coletor solar híbrido térmico fotovoltaico PV/T (*Photovoltaic Thermal Hybrid Solar Collector*) trata-se de uma conversão conjunta de radiação solar em eletricidade e de calor. A tecnologia desse coletor é constituída em um sistema térmico ligado a um módulo fotovoltaico, composto por uma placa absorvente com os tubos, uma cobertura de vidro e um isolamento, como demonstrado na Figura 7.

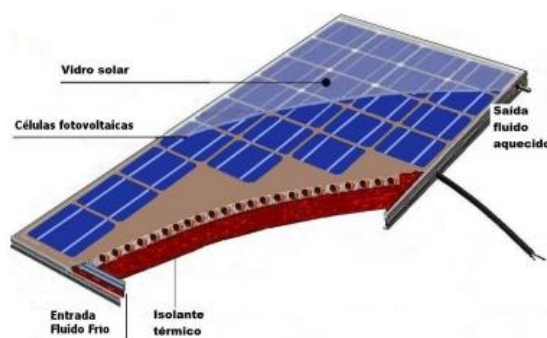


Figura 7. Desenho de um módulo híbrido  
 Fonte: Ancines (2016).

Uma das vantagens desse sistema é o aproveitamento de energia solar, em um painel capaz de utilizar essa fonte e gerar dois tipos de combinações diferentes e proveitosas em uma única placa, ou seja, em uma mesma área (Ancines, 2016).

Segundo Hipólito (2015) os painéis fotovoltaicos com células policristalinas são os mais usuais. Quando o painel convencional está em uso ele pode chegar a uma temperatura acima de  $65^{\circ}\text{C}$ , pois somente uma parte dessa temperatura é transformada em eletricidade e a outra parcela é perdida na forma de calor, porém se conectar um trocador de calor com uma circulação de água, junta com a parte inferior do painel, o que era perdido passa a ser aproveitado como aquecimento de água, fazendo com que a temperatura do painel permaneça mais baixa, de acordo com a Figura 8.

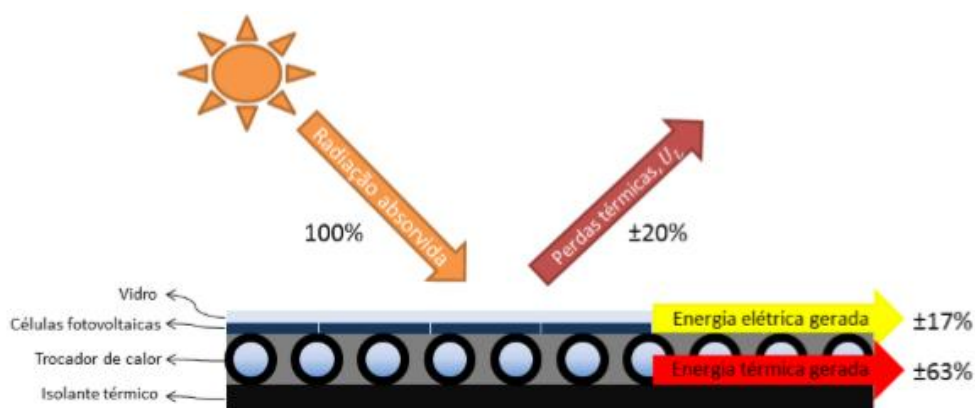


Figura 8. Visão esquemática do painel solar híbrido.  
 Fonte: Hipólito (2015).

Observa-se também na Figura 9, que a radiação convertida em energia térmica e elétrica chega cerca à 80%.



Figura 9. Trocador de Calor.  
 Fonte: Hipólito (2015).



Para exemplificar de que forma foi realizado esse experimento, nas Figura 10 e 11, observa-se de que maneira foi pensado no resultado final do sistema híbrido. Primeiramente, o painel solar para aquecimento da água e em seguida o painel fotovoltaico, duas tecnologias individuais. Na parte da frente do painel é gerado a eletricidade através do Sol e na parte de trás do painel por canais que circulam a água, com o trocador de calor é possível transformar em água quente.



Painel solar para aquecer água



Painel Fotovoltaico  
Hídrico



Painel Sola

Figura 10. Esquema de desenvolvimento do Sistema Híbrido  
Fonte: Hipólito (2015).

Para melhor compreensão, Hipólito (2015), depois de realizar os cálculos e colher as informações necessárias, criou um modelo experimental, conforme descrito por ele: uma bancada que compõe em um painel solar híbrido, uma placa fotovoltaica convencional (245 Wp), um reservatório térmico de 100 litros, um controlador de pressão, um banho térmico, um piranômetro, válvulas, tubos e vinte termopares instalados por toda bancada, conforme demonstrado na foto abaixo.



Figura 11. Visão esquemática do painel solar híbrido.  
Fonte: Hipólito (2015).

Os testes foram realizados em um dia de sol forte para que ocorresse de forma correta a fim de poder avaliar o desempenho e falhas se fosse o caso. Este experimento procura determinar entrada de água no painel com diferentes temperaturas, para que possa acompanhar a saída da mesma, coletando mais informações da radiação e potência gerada nesse painel híbrido.

Segundo Hipólito (2015):

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE), por meio da Nota Técnica DEA 19/14, publicada em 2014, estima que as residências brasileiras, a partir da instalação de painéis fotovoltaicos em seus telhados, podem gerar 230% da energia elétrica que consomem.



Pelas informações extraídas sobre o assunto, esse tipo de fonte limpa é uma alternativa viável pois a geração de energia e de água quente, beneficia o usuário pois trata-se de um sistema único para duas funções. Hoje existe alguns projetos como “Minha Casa, Minha Vida” que possui essa fonte renovável tanto em energia elétrica como geração de água quente, porém de forma individual, ainda é um número pequeno pois a manutenção gera gastos, mas que aos poucos irá aumentar conforme a conscientização e apoio do governo.

Vale ressaltar que a geração de energia solar pode ser realizada diretamente no local de habitação, conhecida mais como geração distribuída e regulamentada desde 2012 conforme Resolução Normativa de Nº 482 da ANEEL, onde estabelece que todas as pessoas gerem sua própria energia pagando somente a diferença entre o que consomem e o que produzem.

### **3. Metodologia**

Este artigo foi desenvolvido através de levantamentos em literaturas acadêmicas, pesquisas bibliográficas e artigos, realizadas através de coleta de dados e informações na base de dados dos Periódicos Capes, Google Scholar, Odebrecht, entre outros pertinentes ao tema abordado.

Buscou-se extrair conceitos relevantes sobre energia termo solar e energia híbrida com o intuito de integrar os dois conceitos em uma única placa fotovoltaica, a fim de suprir as duas necessidades básicas. Inicialmente a pesquisa foi realizada através de buscas literárias e de informações públicas, artigos, dissertações, teses, sites, a fim de compreender o melhor aproveitamento dos recursos naturais.

Foram pesquisados também além do conceito, a utilização da placa fotovoltaica com duas funções ao mesmo tempo, com a geração de energia e aquecimento de água nas indústrias, comércio, residências e o mais importante sem agredir o meio ambiente.

### **4. Análise dos Resultados**

Comprovou-se que o painel híbrido beneficia o usuário com economia de até 30% na conta de energia elétrica e no que se refere ao espaço, apenas com 6m<sup>2</sup> para uma família de 4 pessoas. Destaca-se a redução de custos, a contribuição com o meio ambiente e a geração de energia limpa e satisfatória.

O painel híbrido proporciona ao usuário praticidade, com redução de materiais utilizados, custos de instalação e manutenção, pois trata-se de um único painel com duas funcionalidades, comparados com ao dos painéis convencionais.

Com a expansão dessa tecnologia, nota-se um diferencial entre as duas fontes renováveis: no sistema fotovoltaico convencional a conversão solar em eletricidade é de aproximadamente 15%, o restante infelizmente se perde como calor. No sistema híbrido, esse calor que se perde no painel convencional é reaproveitado para o aquecimento da água para o consumo, ou seja, utilizando esse novo método de sistema híbrido se pode aproveitar até 80% dessa energia convertida tanto em eletricidade como em água quente sem ocasionar nenhum desperdício no painel, melhorando ainda sua eficiência energética e na durabilidade, pois a temperatura das células fotovoltaicas são reduzidas.

### **5. Considerações Finais**



Os resultados encontrados são positivos tanto na geração de energia elétrica como aquecimento de água através do reaproveitamento solar, sem emissão de poluentes na natureza.

Conclui-se que a o painel híbrido é um sistema econômico, podendo ser muito utilizado em projetos populares ocupando pouco espaço e possibilitando a expansão no mercado sustentável, por ser um investimento de médio prazo, ainda assim se torna viável na obtenção das duas funções em mesmo painel, além de facilitar o transporte para sua montagem e benefícios energéticos, sociais e ambientais.

## 6. Referências

AECWeb – Entenda as diferenças e vantagens das energias solar fotovoltaica e termossolar. *Revista Digital da Construção Civil*. Disponível em: < [https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/entenda-as-diferencas-e-vantagens-das-energias-solar-fotovoltaica-e-termossolar\\_8414\\_10\\_0](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/entenda-as-diferencas-e-vantagens-das-energias-solar-fotovoltaica-e-termossolar_8414_10_0)>. Acesso em: 30 Abril 2017.

Hipolito L.H. Analysis and application of photovoltaic/thermal hybrid solar systems (pv/t) for low-income residences in brazil /Florianopolis - SC, August, 2015.

Ancines, C. A. Comparação entre o desempenho de um coletor híbrido térmico fotovoltaico com o de um coletor plano e um módulo fotovoltaico convencional. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 20, pp 04.81-04.92, 2016.

ANEEL–Agência Nacional de Energia Elétrica Disponível em < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> >. Acesso em 01 Maio 2017.

CRESESB- Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. 2008. Disponível em: < [http://cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&cid=341](http://cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=341) >. Acesso em: 30 Abril 2017.

Kemerich, P.D. Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo. *Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)*, v. 20, n. 1, p. 241-247, 2016.

Duffie, J. A.; Beckman, W. A. *Solar Engineering of Thermal Processes*. [S.l.]: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2013.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica / Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord.). 452p. – EPE: Rio de Janeiro, 2016.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica de 2017. Rio de Janeiro. Disponível em < <http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/> >. Acesso em 13 de Abril 2017.

Longo, M. *Análise da produção de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos ligados a rede instalados na cidade de Lajeado/RS*. 2016. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIVATES.

Pinto, M.A. Utilização de painéis solares fotovoltaicos no segmento residencial. 2015.



**VI SINGEP**

Simposio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade  
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

**V ELBE**

Encontro Luso-Brasileiro de Estratégia  
Iberoamerican Meeting on Strategic Management

Santos, R.C.O. Automatização residencial e utilização de fontes de energia limpa para diminuição do consumo nas redes elétricas. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 11, n. 3, 2015.

Sonai, G. G.; Melo JR, M. A.; Nunes, J. H. B.; Megiato JR, J. D.; Nogueira, A. F. Células solares sensibilizadas por corantes naturais: um experimento introdutório sobre energia renovável para alunos de graduação. *Química Nova*, v. 38, n. 10, p. 1357-1365, 2015.