

## ESTUDO DE PERDA DE POTÊNCIA EM GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

### *STUDY OF POWER LOSS IN PHOTOVOLTAIC ENERGY GENERATION*

Miguel Arcanjo Faria Neto<sup>1</sup>

Luiz Augusto Meneguello<sup>2</sup>

### RESUMO

Este trabalho da área da engenharia elétrica tem como objetivo estudar as perdas de potência na geração de energia elétrica com placas fotovoltaicas. As perdas serão estudadas por meio da análise de fachadas. Visto o alto consumo energético do país, faz-se necessária uma nova fonte de geração de energia e que também não seja poluente ao meio ambiente, a geração de energia fotovoltaica é 100% sustentável. A tendência no mercado de placas fotovoltaicas (FV) crescerem no Brasil é alta, porém será gradativamente aderida pelos brasileiros, e o estudo de perdas de potência dos equipamentos será de suma importância para melhorar a geração. Para o estudo de perdas em geração de energia, analisaremos a interação do homem com a energia, a produção energética, o consumo sustentável, os gerenciamentos dos recursos energéticos e as mudanças climáticas. Somente assim, partiremos para recursos energéticos alternativos, como a geração de energia fotovoltaica, que relaciona a potência elétrica com potência química. A metodologia consiste em avaliar as fachadas de diferentes conformações urbanas para identificar seu potencial de geração de energia por meio de painéis FV.

Palavras-chave: geração de energia, fotovoltaica, potência de geração de energia.

---

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Elétrica no Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro, SP. E-mail: knuppaz@hotmail.com.

<sup>2</sup>Professor Mestre, no Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro, SP. E-mail: lameneguello@gmail.com.

## **ABSTRACT**

*This research of the Electrical Engineering aims to study the power losses in the generation of electrical energy with photovoltaic (PV) plates, and the losses will be studied through the analysis of facades. Given the high energy consumption in the country, a new source of energy generation is needed and that is also environmentally friendly. The generation of photovoltaic energy is 100% sustainable, the trend in the photovoltaic plate market to grow in Brazil is high, however it will be gradually adhered by the Brazilians, and the study of power loss from the equipment will be of paramount importance to improve generation. For the study of losses in energy generation, we will analyze the interaction of man with energy, energy production, sustainable consumption, management of energy resources and climate change. Only then, we will start for alternative energy resources, such as the generation of photovoltaic energy, which relates electrical power with chemical power. The methodology consists of evaluating the facades of different urban configurations to identify their potential for energy generation through PV panels.*

*Keywords: power generation, photovoltaic, power generation power.*

## **1. INTRODUÇÃO**

Vemos que a população atual não somente do país, mas do mundo está em crescimento constante, isto automaticamente aumenta o consumo de energia tanto pelo homem quanto da área industrial. Com isto a demanda e a geração de energia hidroelétrica acabam tendo que comportar o mesmo, abrindo as comportas e aumentando a sua geração e com isto aumenta os riscos de as turbinas não aguentarem ou sofrer um golpe de aríete, mas isto não é perigoso somente para o homem, mas para o meio ambiente também, podendo causar desastres como o rompimento das barragens.

Em outros países como França, Japão, Estados Unidos, Alemanha, Suécia, Espanha, China, Rússia, Coreia do Norte, Paquistão, Índia, entre outros utilizam a energia nuclear para manter a rede elétrica. Nesses países acaba sendo muito perigoso por sua instabilidade, e na história da humanidade já temos acidentes

nucleares, sendo no total 11 acidentes, 6 vezes no Japão, 2 nos Estados Unidos, 1 na Rússia, 1 na França e onde ocorreu o acidente mais catastrófico foi na Ucrânia, na usina soviética de Chernobyl. Há também a geração de energia eólica, mas também já há vários casos de acidentes por superaquecimento e com isso é um meio pouco usado no mundo, sem falar que depende 100% do vento e não é sempre que este elemento está presente, além de ser uma construção muito cara para pouca geração elétrica.

Visando isto, acaba sendo necessária a busca por um meio de geração de energia que seja eficiente e que não gere riscos ao meio ambiente e para o ser humano. A geração de energia elétrica por placas fotovoltaicas é uma das opções revolucionárias e que pode ser instalado em qualquer lugar, mesmo em lugares remotos. Desde que haja luz solar pode ser utilizado em qualquer lugar no planeta terra, sendo eficiente, tendo um retorno lucrativo em pouco tempo, duradouro e fácil instalação. Neste aspecto entra a vantagem de ser levantado o estudo para saber qual placa e equipamentos serão instalados para ter um maior aproveitamento energético.

Com base nestes aspectos, esta pesquisa pretende fazer um estudo teórico sobre o método de instalação, angulação da placa FV sobre o terreno e posicionamento do sol, levando em conta a posição geográfica e o tipo de telhado onde o equipamento será instalado. O objetivo principal, portanto, é analisar eventuais perdas de potência na geração de energia fotovoltaica a partir do estudo de fachadas. Será feito um levantamento técnico sobre os equipamentos usados como o modelo de placa FV, cabos, disjuntores e inversores de potência, fazendo comparações entre os tipos de fachadas e ver qual modelo de placa fotovoltaica ou qual arquitetura de fachada é mais eficaz, tendo um maior aproveitamento da geração de energia.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 MODELOS DE PLACAS**

Quase 80% dos painéis fotovoltaicos são feitos de silício (a conhecida placa solar de silício). Essa tecnologia é a mais utilizada no mundo e tem sido aprimorada ao longo dos anos. O “grau de pureza” do silício é fator importante, pois interfere na geração da energia. Por isso, é válido checar a qualidade das placas de energia solar.

Quanto mais alinhada estiverem as células de silício, melhor será a taxa de conversão (PORTAL SOLAR, 2017).

A potência da placa solar também varia. Os principais painéis solares do mercado têm de 240 a 360 Watts. Mas a maioria do uso comercial e residencial utiliza os de potências acima de 275 Watts. A potência interferirá na geração e no tamanho ocupado pelos sistemas. O ideal é deixar a escolha para empresas especializadas, pois elas conseguem dimensionar a melhor performance de cada usina de energia solar personalizada à necessidade do cliente. Mas a eficiência não é a única preocupação, isso porque um bom planejamento deve levar em conta fatores como espaço disponível, garantia, custo-benefício e qualidade. Sendo assim, conhecer um pouco sobre essas variações contribuem para a aquisição de um sistema de alta performance (PORTAL SOLAR, 2017).

### **2.1.1 PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO DE SILÍCIO MONOCRISTALINO**

Os dois principais tipos de painéis solares do mercado são os monocristalinos e os policristalinos. A placa solar monocristalina é uma tecnologia mais antiga e possui uma eficiência ligeiramente maior que os painéis policristalinos. Com isso, eles tendem ser mais caros. Mas a diferença é muito pequena. Um bom planejamento irá levar em conta o equipamento que melhor satisfaça os objetivos do cliente, com o melhor custo-benefício (PORTAL SOLAR, 2017).

Identificar um painel monocristalino é fácil. Se olhados de perto, eles possuem uma cor uniforme (azul-escuro, quase preto), que indica silício de alta pureza. Essas placas são feitas com um único cristal de silício, com lâminas individuais, transformadas em células fotovoltaicas. Geralmente possuem um formato cilíndrico e atingem até 25% de eficiência média (PORTAL SOLAR, 2017).

**FIGURA 1:** Painel solar fotovoltaico monocristalino.



FONTE: [www.anetjf.com.br](http://www.anetjf.com.br)

### 2.1.2 PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO POLICRISTALINO

As placas solares policristalinas surgiram a partir dos anos 80 e utilizam os cristais de silício fundidos em blocos. Com isso, preserva a formação de múltiplos cristais. Depois de fundidos, eles são dispostos em blocos quadrados e divididos em células. O processo é parecido com o das placas monocristalinas, mas de mais fácil produção (PORTAL SOLAR, 2017).

Sendo assim, o preço dessas placas pode ser um pouco menor, assim como a eficiência, em média, de 22%. Por isso, mais uma vez, a importância de profissionais capacitados para o planejamento dos sistemas fotovoltaicos (PORTAL SOLAR, 2017).

**FIGURA 2:** Painel solar fotovoltaico policristalino.



FONTE: [www.anetjf.com.br](http://www.anetjf.com.br)

## 2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

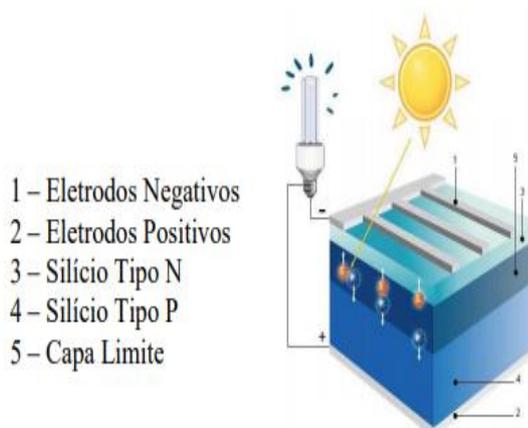
Os sistemas de microgeração solar, já consolidados como forma eficiente de geração própria, ganham, aos poucos, mais aprimoramentos em suas regulações e formas de financiamento, o que vem trazendo maior espaço para a tecnologia nas edificações pelo Brasil. Indicados para qualquer tipo de consumidor, os microgeradores geram benefícios que vão além da redução de gastos na conta. Participar de todo o processo de instalação do sistema e começar a gerar energia de maneira mais autônoma contribuem para maior conscientização no consumo e eficiência nos planejamentos energéticos da unidade. De acordo com o estudo realizado pela consultoria Clean Energy Latin América (CELA), contratado pelo Sebrae, Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e a Organização dos Estados Ibero-americanos (OEI), com o apoio da Absolar, as tecnologias cada vez mais ousadas, e o interesse no desenvolvimento deste tipo de energia fazem com que no Brasil mais de 1600 empresas atuem no segmento solar fotovoltaico, incluindo fabricação de equipamentos diversos e prestação de serviços. Segundo o mesmo estudo, outro fator importantíssimo, que alavanca o crescimento deste tipo de geração de energia no Brasil, é a queda significativa, ano a ano, dos custos para fabricação e instalação dos equipamentos necessários (MME, 2011).

A redução dos custos dos componentes vem gerando queda no valor médio de instalação de um sistema fotovoltaico. Segundo um levantamento divulgado em junho de 2017 pelo instituto Ideal, feito em parceria com a Câmara de Comércio Brasil – Alemanha do Rio de Janeiro, que ouviu 350 empresas cadastradas no programa América do Sol, o custo médio de um sistema fotovoltaico de geração distribuída de até 5 kW que abrange toda faixa residencial, teve queda de R\$ 1.000,00 em um ano. O custo médio do kW está em R\$ 7.500,00, diferente dos R\$ 8.500,00 registrados em junho de 2016. Para sistemas de grande porte (acima de 100 kW) o preço médio é da ordem de R\$ 5.570,00 por kW (MME, 2011).

### 2.2.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Segundo o instituto Portal Solar, a energia solar fotovoltaica consiste no aproveitamento da luz solar incidente (radiação eletromagnética) em uma célula fotoelétrica ou fotovoltaica. Os sistemas fotovoltaicos, com base nas propriedades dos materiais semicondutores, transformam a energia irradiada pelo Sol em energia elétrica, sem mediação de reações químicas, ciclos termodinâmicos, ou processos mecânicos que requerem peças em movimento, uma vez que a célula fotovoltaica é um dispositivo eletrônico capaz de gerar energia elétrica diretamente ao receber luz solar. Quando a luz solar atinge uma célula fotovoltaica, fótons de luz solar transmitem elétrons de energia do semicondutor, de modo que eles possam circular no seu interior. Ao colocar os contatos de metal possibilita-se que parte destes elétrons “saltem” para fora do material semicondutor, gerando uma corrente elétrica capaz de fluir através de um circuito externo (PORTAL SOLAR, 2017).

**Figura 3:** Esquema de Funcionamento Energia Solar Fotovoltaica.



Fonte: Solar Brasil, 2017

Um módulo fotovoltaico, ou um painel, é constituído por uma pluralidade de células idênticas ligadas em série e em paralelo, de modo que a tensão e a corrente fornecida pelo painel são aumentadas para corresponder ao valor desejado. A potência de um módulo fotovoltaico é expressa em watt de pico (Wp.), referindo-se à

energia fornecida nas condições normais de temperatura de 25 ° C e 1000 W / m<sup>2</sup> radiação solar (irradiação). Segundo Portal Solar, as instalações fotovoltaicas se caracterizam por:

1. Ser simples e de fácil instalação;
2. Ser modular;
3. Vida útil superior a 30 anos;
4. Nenhuma contaminação ambiental;
5. Funcionamento silencioso;
6. Elevada Confiabilidade.

Os sistemas solares fotovoltaicos são a forma como conseguimos produzir e usufruir da energia solar fotovoltaica. Os principais equipamentos que compõem o sistema são os módulos fotovoltaicos, conhecidos popularmente como placas solares, e o inversor interativo. Os módulos fotovoltaicos são compostos por muitas células solares, unidade mínima da tecnologia e responsáveis pela conversão direta da luz em eletricidade (PORTAL SOLAR, 2017).

Feitas de materiais semicondutores, mais comumente o silício, as células solares são produzidas com uma camada positiva (com falta de elétrons) e uma camada negativa (com excesso de elétrons) que, juntas, criam um campo elétrico, assim como em uma bateria. Quando os fótons atingem uma célula solar, eles liberam os elétrons em excesso dos átomos da camada negativa, que passam para a camada positiva criando assim, um circuito elétrico. Quando os elétrons fluem através desse circuito, eles geram eletricidade (PORTAL SOLAR, 2017).

Múltiplas células compõem um módulo fotovoltaico e vários destes são agrupados para formar um painel solar. Quanto mais painéis se pode implantar, mais energia se gera.

### **2.2.2 GERAÇÃO E CONVERSÃO DE ENERGIA**

Conforme os elétrons circulam em uma direção ao redor desse circuito, os módulos fotovoltaicos produzem energia em corrente contínua (CC). No entanto, a energia que consumimos em nossas casas e empresas chega até nós como corrente

alternada (CA). Como, então, os sistemas conseguem entregar a energia em CA usando um inversor (PORTAL SOLAR, 2017).

Os inversores solares pegam a eletricidade gerada pelo painel em CC e a convertem em CA, por esse motivo eles costumam ser considerados como o cérebro do sistema. Juntamente com a inversão de CC para CA, eles também fornecem proteção contra falhas elétricas e geram estatísticas do sistema, incluindo a produção de energia e rastreamento de ponto máximo de potência.

Porém, a função mais importante do inversor, após a conversão de corrente, é a realização da troca da energia gerada com a energia da rede elétrica. Por não produzirem energia durante a noite ou energia insuficiente em momentos de pouca luminosidade, os sistemas fotovoltaicos precisam ser conectados à rede elétrica para que o consumidor possa contar com a energia dela nesses momentos (PORTAL SOLAR, 2017).

Da mesma forma, naqueles momentos de maior geração, quando o sistema pode estar suprindo mais do que é consumido, é preciso que essa energia seja enviada para algum lugar, visto o caráter imediato do uso desta. Cabe, então, ao inversor realizar a troca dessa energia sistema/rede, injetando o excedente gerado na rede ou “pegando” desta nos momentos em que o sistema não consiga suprir o consumo (PORTAL SOLAR, 2017).

Primeiro, a luz solar atinge um painel solar no telhado. Os painéis convertem a energia em corrente contínua, que flui para um inversor. O inversor converte a eletricidade de CC para CA e, caso exista consumo no momento, ele irá enviá-la ao quadro de distribuição. Se não houver consumo, então, ele irá injetar essa energia na rede da distribuidora. Quando não houver geração, então, ele pega a energia da rede e envia para o quadro de distribuição, e é extremamente simples e limpo, e está ficando mais eficiente e acessível a cada ano (PORTAL SOLAR, 2017).

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. INCLINAÇÃO E ORIENTAÇÃO DOS MÓDULOS SOLARES**

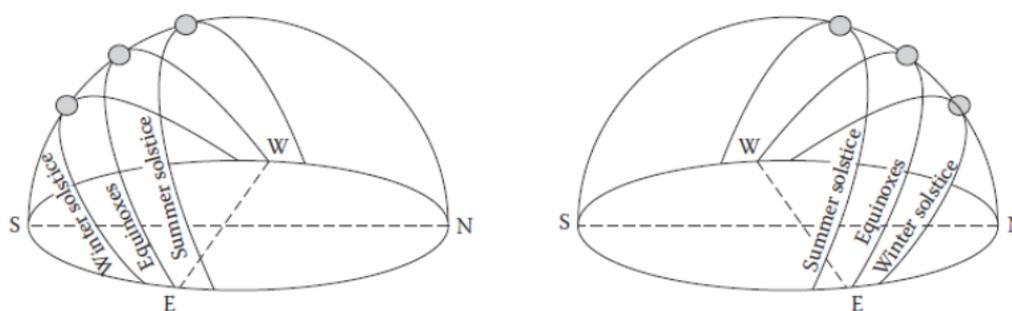
Há apenas duas orientações básicas que devem ser seguidas para a correta instalação de um módulo solar:

1. Sempre que possível, orientar o módulo de forma em que sua face voltada para o norte geográfico, o que maximiza a produção média diária de energia;

2. Ajustar o ângulo de inclinação correto do módulo com relação ao solo para otimizar a produção de energia ao longo do ano.

Para isso, deve-se levar em conta a latitude geográfica da localidade onde o sistema é instalado. Explanando as orientações anteriormente ditas, a trajetória do Sol na abóboda celeste ocorre sobre a linha do equador terrestre, com variações conforme as estações do ano. Para quem encontra-se no hemisfério sul, essa trajetória é visualizada sempre ao norte. Por esse motivo, é imprescindível a orientação do módulo solar a essa direção. (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

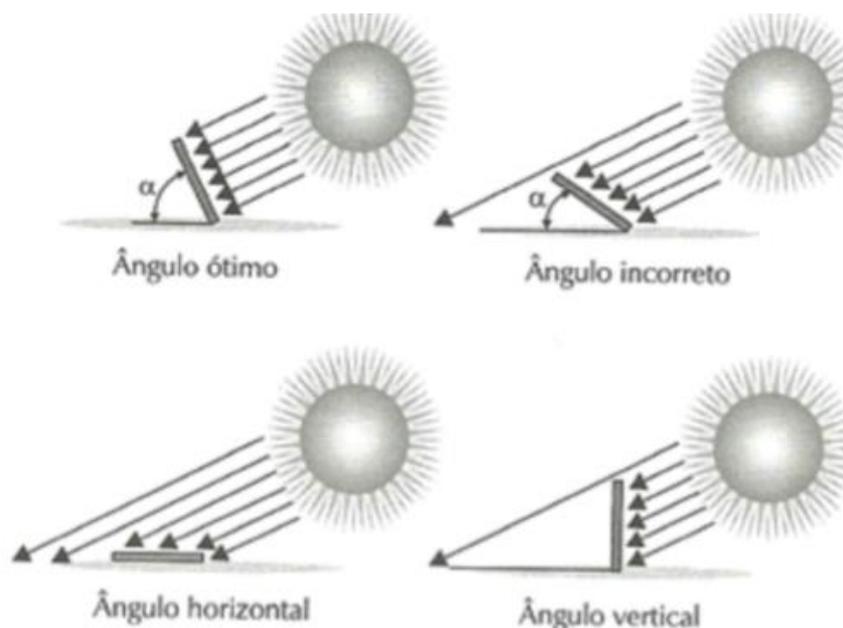
**Figura 4:** Movimento aparente do Sol observado a partir do hemisfério norte (esquerda) e sul (direita)



Fonte: (FOSTER; GHASSEMI; COTA, 2009).

Em relação com a segunda orientação, o planeta Terra possui uma pequena inclinação em seu eixo de  $23,5^\circ$ , levando em conta o fato de que a superfície do planeta é curva, temos um resultado onde a incidência não uniforme dos raios solares ao longo de sua superfície. Para compensar esse fato, é necessário encontrar um ângulo de inclinação de tal forma a captação dos raios solares seja otimizada. Um ângulo com inclinação não ideal implicaria no não total aproveitamento do recurso solar, conforme é mostrado na figura 5. O ângulo em questão depende da latitude em que se encontra o local de instalação do sistema fotovoltaico. Latitudes maiores implicam em ângulos de inclinação maiores.

**Figura 5:** Demonstração do ângulo ótimo para inclinação de painéis solares.



Fonte: (VILLALVA; GAZOLI, 2012)

### 3.2 CENÁRIO DE PERDAS

As perdas em sistemas fotovoltaicos influenciam seu desempenho e rendimento, e são causadas por alguns fatores. Os mais importantes são o sombreamento, temperatura no módulo e desvio no rendimento nominal do módulo devido à radiação, que não se mantém uniforme durante o dia. Porém, outros fatores ainda devem ser levados em consideração, como, por exemplo perdas nos condutores, eficiência do inversor, mismatch no MPPT, diodos e conexões, degradação dos módulos e também sujeira nos mesmos (FOSTER; GHASSEMI; COTA, 2009).

**TABELA 1:** Eficiência média de componentes de um sistema fotovoltaico.

Componente	Eficiência
string fotovoltaica	80 – 85%
Inversor	80 – 90%
Cabeamento	97 – 98%
Desconexões e fusíveis	98 – 99%
Eficiência total do sistema	60 – 75%

Fonte: (FOSTER; GHASSEMI; COTA, 2009).

No entanto, as análises feitas sobre as perdas, de maneira diferente e mais específica, porém levando em conta os pontos principais apontados na figura anterior. O resultado é mostrado na TABELA 1.

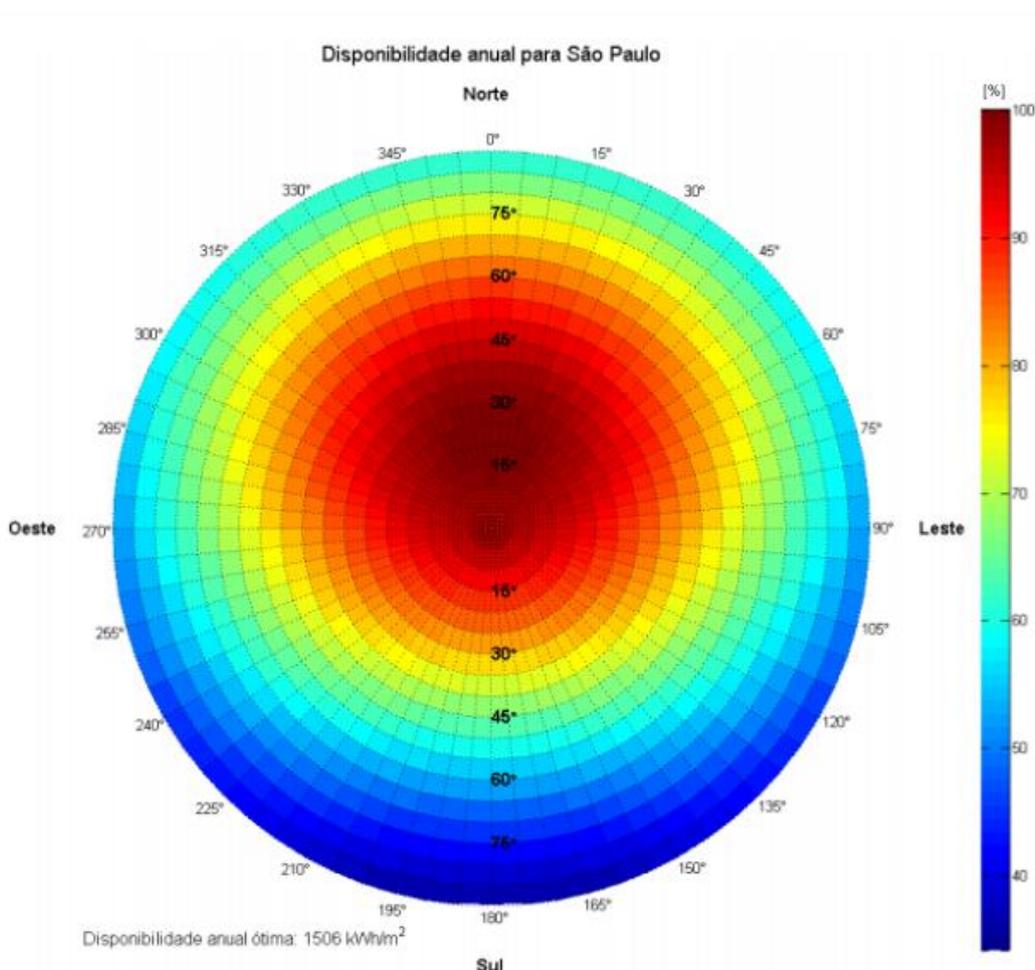
**TABELA 2:** Perdas típicas em um sistema conectado à rede.

Perda	Valor Considerado	Variações da perda
Desvio no rendimento nominal do módulo e da radiação de $1000W/m^2$	2,5%	-5% a 10%
Temperatura no módulo	3,5%	-3% a 6%
Perdas nos condutores do lado CC	2%	1% a 3%
Perdas nos condutores do lado CA	1%	0,7% a 2%
Eficiência do Inversor na conversão {Mismatch} no MPPT	1,5%	1% a 15%
{Mismatch} no MPPT	2%	1,5% a 3%
Sombreamento	0%	0% a 100%
Diodos e Conexões	0,5%	0,3% a 1%
Transformadores (como os de isolamento no inversor, por exemplo)	2%	2% a 4%
Sistema {Solar-Tracking}	0%	0% a 2%
Degradação na incidência solar inicial	1%	1% a 10%
Indisponibilidade do sistema	0%	0% a 0,5%
Sujeira nos módulos	2%	2% a 25%
Total de perdas	18%	

Fonte: (MIRANDA, 2014).

Deve-se ainda considerar as perdas de degradação dos painéis. Segundo (JORDAN; KURTZ, 2013), estima-se um decaimento médio anual de 0,8% na eficiência de células de silício cristalino. Outro ponto muito importante há de ser levado em consideração quando se trata da correta inclinação e orientação dos painéis fotovoltaicos, a questão arquitetônica. Na grande maioria dos casos, os painéis são instalados de acordo com a fachada dos estabelecimentos, o que nem sempre obedece às orientações listadas anteriormente, resultando no não total aproveitamento do recurso solar. A figura 6 mostra a disponibilidade de energia em uma superfície com inclinação e orientação variada, tendo como base a cidade de São Paulo.

**FIGURA 6:** Relação entre a disponibilidade de energia em uma superfície com orientação qualquer e em uma superfície com 23,5° de inclinação para a cidade de São Paulo.



Fonte: (ALMEIDA, 2012).

Como São Paulo possui sua latitude de um valor próximo a 23°S, é possível observar que o maior aproveitamento da energia solar se dá com o módulo inclinado entre 15° e 30° e com sua face orientada para o norte. Já com o módulo orientado para o sul, pode-se constatar que seu aproveitamento cai drasticamente. Assim, pode-se afirmar que apesar de todos os dados colhidos e obtidos referentes às perdas, para uma melhor análise, é necessário sempre levar em consideração a realidade do local onde será instalado o sistema.

### 3.3 ESTUDO DE CASO

Nesta parte será demonstrado todo o roteiro do dimensionamento e instalação do sistema de 2 clientes da empresa CSE SOLARENERGY, um cliente 1 é da cidade de Campinas/SP do bairro Residencial Mont Blanc e o outro cliente 2 é da cidade de Vinhedo/SP do condomínio Terras de São Francisco, ambos projetos de 2015, Vale salientar que o sistema projetado neste estudo de caso foi idealizado para integrar de forma harmoniosa o projeto arquitetônico, sem nenhuma restrição quanto às escolhas da arquiteta a respeito do tipo de arborização e de cobertura, demonstrando que é possível realizar bons projetos arquitetônicos integrados a sistemas de geração de energia elétrica.

O projeto do cliente 1 consiste em 14 módulos de placa fotovoltaica de 315Wp totalizando 4.410Wp instalados, com classificação de unidade consumidora B1, que é residencial/trifásico (127V/220V), o inversor de potência utilizado é o PVI-4-2-TL OUTD-S -ABB, com geração mensal de 607 KWH, na figura 7 pode ser visto a placa de identificação do projeto.

**FIGURA 7:** Placa de identificação e autenticação do projeto fotovoltaico.



Fonte: (<http://www.csesolar.eco.br/>, 2015).

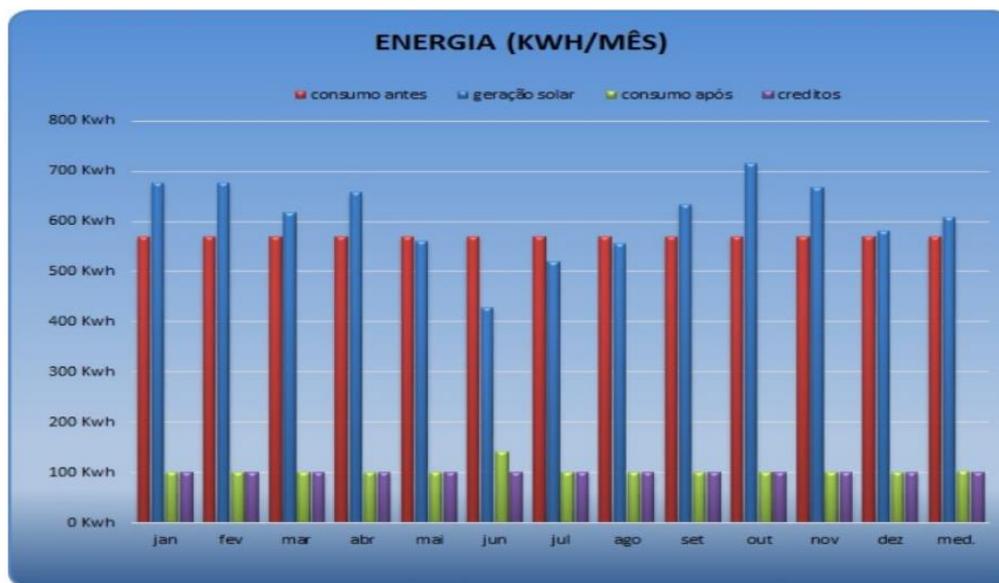
O projeto do cliente 2 consiste em 12 módulos de placa fotovoltaica de 260Wp totalizando 3.120Wp instalados, com classificação de unidade consumidora B1, que é residencial/trifásico (127V/220V), o inversor de potência utilizado é o PVI-3-0-TL OUTD-S -ABB, com geração mensal de 404 KWH, na figura 8 pode ser visto a placa de identificação do projeto.

**FIGURA 8:** Placa de identificação e autenticação do projeto fotovoltaico.

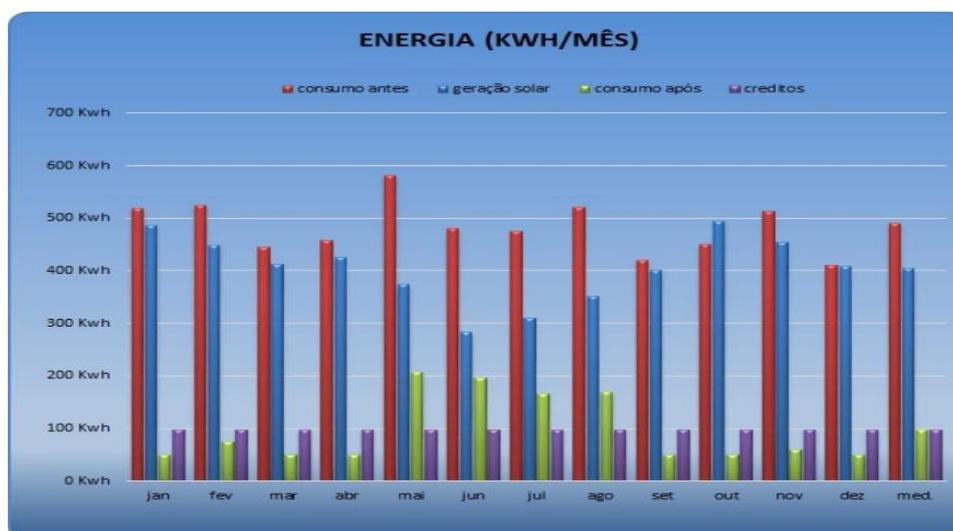


Fonte: (<http://www.csesolar.eco.br/>, 2015).

Foi feita análise no dimensionamento de carga em cada cliente, utilizando gráficos de geração de energia de ambos e comparando o rendimento em 12 meses e assim obtendo uma média de geração de acordo com o consumo elétrico, investimento e outras possíveis variáveis. Após análise de 12 meses de geração de energia obtemos do cliente 1 e o cliente 2, e o gráfico obtido são:

**Gráfico 1:** Geração de energia em relação ao consumo do cliente 1.

Fonte: (<http://www.csesolar.eco.br/>, 2015).

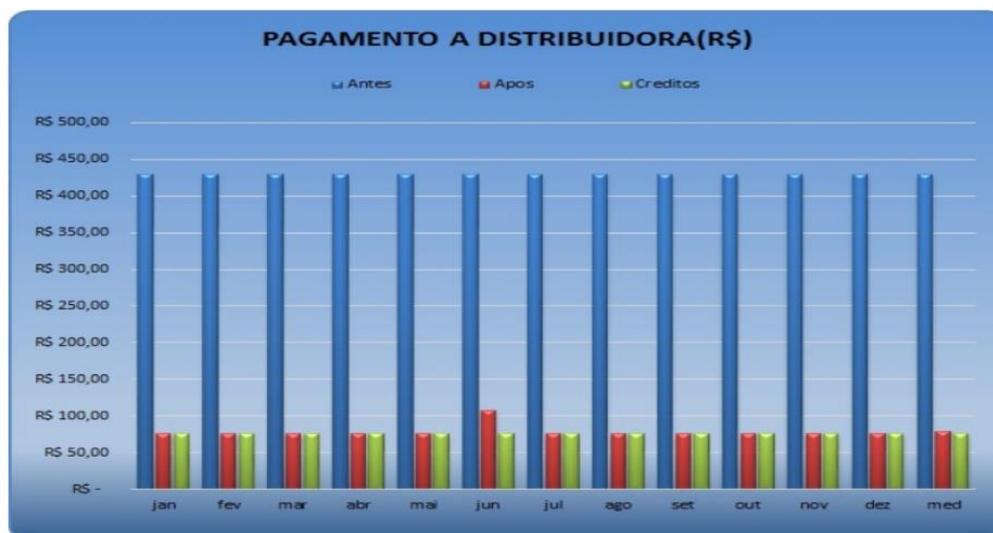
**Gráfico 2:** Geração de energia em relação ao consumo do cliente 2.

Fonte: (<http://www.csesolar.eco.br/>, 2015).

A redução de consumo do cliente 1 observando o gráfico 1 é de 82% sendo de 5 640 KWH/ano enquanto a do cliente 2 ouve uma redução de 80% sendo 4 622KWH/ano.

Após a análise de geração, consumo e redução, foi feito a análise do retorno do investimento no projeto, a baixo está o gráfico de ambos os clientes, considerando os fatores, dentre eles os reajustes das tarifas de energia elétrica e a inflação, então foi feito uma estimativa do retorno financeiro sobre o investimento.

**Gráfico 3:** Investimento do projeto do cliente 1.



Fonte: (<http://www.csesolar.eco.br/>, 2015).

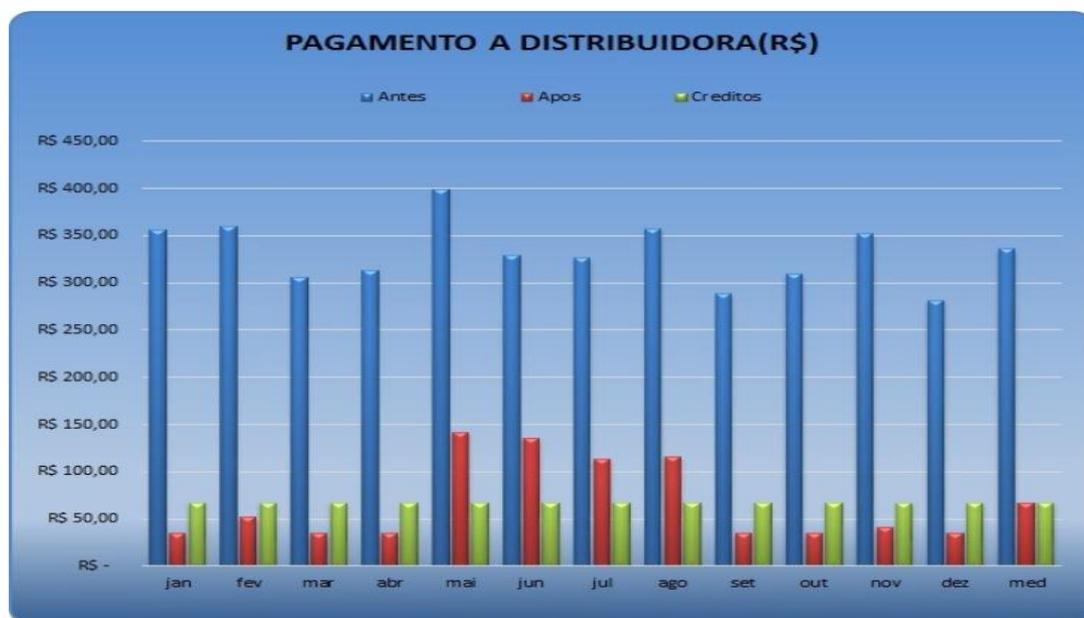
**Gráfico 4:** Retorno do investimento cliente 1.



Fonte: (<http://www.csesolar.eco.br/>, 2015).

Após a análise do gráfico 3 e 4 da geração prevista para cada mês, sendo possível contabilizar o quanto pode ser economizado ao longo do ano, com a somatória mensal, obteve uma economia de 82% na conta de energia, previsto R\$4.254,00/ano, em 62 meses do cliente 1.

**Gráfico 5:** Investimento do projeto do cliente 2.



Fonte: (<http://www.csesolar.eco.br/>, 2015).

**Gráfico 6:** Retorno do investimento cliente 2.



Fonte: (<http://www.csesolar.eco.br/>, 2015).

Após a análise do gráfico 5 e 6 da geração prevista para cada mês, sendo possível contabilizar o quanto pode ser economizado ao longo do ano, com a somatória mensal, obteve uma economia de 80% na conta de energia, previsto R\$3.171,91/ano, em 68 meses do cliente 2.

#### **4 CONCLUSÃO**

Após fazer um comparativo, foi visto que foi feita análise de consumo energético e feito um projeto que tenha uma geração maior do que a consumida, assim podendo obter crédito e poder haver o retorno financeiro, com isso em média a 5 anos o projeto será pago, mesmo que o cliente 1 tenha uma quantidade de módulos maior, a geração energética é semelhante com a mesma finalidade.

Os resultados revelaram que o projeto da implantação de energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética é viável para o período analisado, considerando os dados projetados. Conclui-se que, além de reduzir custos e de apresentar viabilidade econômica financeira para a Instituição de Ensino analisada, a energia solar, uma das mais importantes dentre as fontes de energias renováveis, gerará benefícios inestimáveis também ao meio ambiente.

#### **REFERÊNCIAS**

ALTER Systems: Alternative energy products and services. Berkeley, CA. Disponível em: Acesso em: 16 ago. 2008.

ANA – Agência Nacional de Águas. A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil / The Evolution of Water Resources Management in Brazil. Brasília, 2002.

ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS, The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 1ª Edição, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa No 482, de 17 de abril de 2012. p. 1-4. Agência Nacional de Energia Elétrica (2005). Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2. ed., Brasília.

*Revista Inovação, Tecnologia e Sustentabilidade na Engenharia Elétrica.* ISSN: 2674-7685  
Bebedouro SP, 3 (1): 40-60, 2020. [unifafibe.com.br/revistaeletrica](http://unifafibe.com.br/revistaeletrica)

BASTOS T.X.; PACHECO N.A.; NECHET D.; SÁ T.D.A. Aspectos climáticos de Belém nos últimos cem anos. Embrapa Amazônia Oriental: Documentos 128, Belém, 31 p, 2002.

BRANDÃO C, BRASIL P. C, Artigo, Estudo da Viabilidade do Poliestireno Expandido (EPS) na produção de edificações com baixo impacto ambiental, 2015.

BRITO G., VANIA C., ALMEIDA A. Manual ABNT: Regras Gerais de Estilo e Formatação de Trabalhos Acadêmicos, 4ª edição Revisada e Ampliada, São Paulo 2014.

CARNEIRO. J. Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos, Projeto Interdisciplinar, Universidade do Minho, 2009.

CHERQUI, F. et al. A Step Toward the Global Assessment of District Projects : solar indicators and way to quantify them. In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE, 9., Montreal, 2005. Proceedings...Montreal, p. 167-174, 2005.

CAMUS, C.; EUSÉBIO, E. Gestão de energia: energia solar. Lisboa: ISEL, 2006.

FEMIA, N., G. PETRONE, G. SPAGNUOLO and M. Vitelli (2005). Optimization of Perturb and Observe Maximum Power Point Tracking Method. IEEE Transa

GONÇALVES, F.A.V.S. Avaliação técnica e econômica da implantação de sistemas fotovoltaicos no Aeroporto Internacional de Belém. 2013. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

<http://www.csesolar.eco.br/clientes/>

<https://www.portalsolar.com.br/>

<https://www.anetjf.com.br/blog/placa-solar-fotovoltaica-modelo-tipos/>

JELLE, B. P.; BREIVIK, C.; RØKENES, H. D. Building Integrated Photovoltaic Products: a state-of-the-art review and future research opportunities. Solar Energy Materials and Solar Cells, v. 100, n. 7465, p. 69-96, maio 2012.

MARQUES, K.; PEREIRA, T.P.; ASSIS, S.V. Análise do comportamento mensal do Índice de Limpeza. In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, edição XI. Anais..., Rio de Janeiro, 2000.

SANTANA, M. Influência de Parâmetros Construtivos no Consumo de Energia de Edifícios de Escritório Localizados em Florianópolis - SC. Florianópolis, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento da Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

VARTIAINEN, E. Electricity Benefits of Daylighting and Photovoltaics For Various Solar Facade Layouts in Office Buildings. Energy and Buildings, v. 33, n. 2, p. 113-120, 2001.

WEBER, E.J. Estimativa e mapeamento da radiação solar incidente em superfícies com topografia heterogênea na zona de produção vitivinícola Serra Gaúcha. 2001. 145 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.