

## ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL: UMA REVISÃO DE LITERATURA

### PHOTOVOLTAIC ENERGY IN BRAZIL: A LITERATURE REVIEW

Alexandre da Silva<sup>1</sup>

Diego Perico<sup>2</sup>

Lucas Henrique Colaço Carneiro<sup>3</sup>

Carlos Brosato<sup>4</sup>

#### RESUMO

Analisar a importância das energias renováveis, mais especificamente a energia fotovoltaica no Brasil. Apresentar o princípio de utilização desta energia, considerando os equipamentos e materiais aplicados ao sistema, assim como a eficiência a eles envolvida, a qual tem por objetivo analisar a fundo a importância da energia fotovoltaica e sua aplicabilidade em nosso país. A energia fotovoltaica são dispositivos utilizados para realizar conversão da luz solar em energia elétrica que são compostos por células solares. O presente artigo, será desenvolvido através de análise de referências bibliográficas, artigos, periódicos, catálogos, normas técnicas, sites da internet, que abordem o tema. De acordo com a bibliografia, a energia fotovoltaica é importante fonte de energia elétrica, limpa e renovável. Podendo ser utilizada até mesmo em lugares distantes. De posse do conhecimento do funcionamento das diferentes formas de produção desta energia, e sua aplicabilidade, a humanidade só tem a ganhar. Devido a flexibilidade e a praticidade de instalação de plantas solares fotovoltaicas e sua importância na produção da energia elétrica, tão necessária em nossas vidas, produzindo-a de forma limpa e sustentável, recomendamos mais estudos na área, para que a população tenha mais conhecimento da aplicabilidade e facilidade, além da redução de custos na produção energética.

**Palavras-chave:** Energia Renovável. Fotovoltaica. Sustentabilidade. Engenharia Elétrica.

#### ABSTRACT

To analyze the importance of renewable energies, specifically photovoltaic energy in Brazil. To present the principle of utilization of this energy, considering the equipment and materials applied to the system, as well as the efficiency involved, which aims to analyze in depth the importance of photovoltaic energy and its applicability in our country. Photovoltaic energy are devices used to perform conversion of sunlight into electricity that are composed of solar cells. This article will be developed through the analysis of bibliographical references, articles, periodicals, catalogs, technical norms, internet sites, that address the theme. According to the bibliography, photovoltaic energy is an important source of electricity, clean and renewable. It can be used even in distant places. With the knowledge of the functioning of the different forms of production of this energy, and its applicability, mankind only has to win. Due to the flexibility and practicality of installing solar photovoltaic plants and their importance in the production of electric energy, which is so necessary in our lives, producing it in a clean and sustainable way, we recommend further studies in the area, so that the population has more knowledge of the applicability and ease, besides the reduction of costs in the energy production.

**Keywords:** Renewable Energy. Photovoltaic. Sustainability. Electrical engineering.

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Campo Real.

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Campo Real.

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Campo Real.

<sup>4</sup> Engenheiro Eletricista. Coordenador do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Campo Real.

## 1 INTRODUÇÃO

O uso excessivo de energia produzida por meio da queima de combustíveis fósseis pela sociedade moderna tem sido apontado como fator determinante para a elevação de temperatura do planeta e conseqüentemente, pelas alterações na natureza, ocasionados pela poluição resultante deste uso.

Com o intuito de criar um ambiente sustentável e a garantir a sustentabilidade quer sejam de caráter ambiental, econômico ou físico, levaram a que nos últimos anos, vários países realizassem pesquisas com o objetivo de reduzir a poluição e estimular a potência instalada em fontes de energia renovável (URBANETZ, 2010).

Devido à importância em se estimular a produção de energias renováveis em um país onde os recursos naturais, como a água, utilizados na produção de energia, estão cada vez mais escassos, se faz necessário entender a forma de produção e a aplicabilidade de energias sustentáveis, como a fotovoltaica.

Dentro da categoria de fontes renováveis, e objeto deste estudo, encontra-se a energia solar, que utiliza células fotovoltaicas para a conversão da radiação solar em energia elétrica, a partir do efeito fotovoltaico. Esse sistema é conhecido por sistema fotovoltaico. Tendo objetivo de analisar a importância das energias renováveis, mais especificamente a energia fotovoltaica no Brasil. Apresentar o princípio de utilização desta energia, considerando os equipamentos e materiais aplicados ao sistema, assim como a eficiência a eles envolvida. Especificando o objetivo com a realização de levantamentos bibliográficos sobre a energia solar. Este estudo se deu através da análise bibliográfica de artigos, textos e livros e sites que foram publicados nos últimos anos no Brasil.

## 2 A UTILIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

No Brasil, grande parte da população tem acesso ao recurso da eletricidade, mesmo que em muitos casos de maneira insuficiente, mas segundo reportagem do Jornal O Globo, o problema nacional está na distribuição dos recursos energéticos. O país possui uma abundância de recursos que em muitos casos estão distantes das grandes concentrações de pessoas, que são os grandes centros urbanos onde está localizada mais de 80% da população brasileira.

De toda energia elétrica consumida no Brasil, as hidrelétricas é que produzem a maior parte, cerca de 70% de toda eletricidade consumida no país. Mesmo com os problemas econômicos, ambientais e com incentivos para o crescimento de outras fontes geradoras de energia, estima-se que nos próximos anos pelo menos 50% da energia consumida continuará sendo de origem hídrica (BRASIL, 2017)

O sistema elétrico brasileiro se encaminha para a condição de mercado livre, com a introdução da figura do produtor independente de energia e também do consumidor livre. A legislação que rege a produção, transmissão e distribuição de energia elétrica no Brasil não previa ainda os sistemas solares fotovoltaicos integrados a edificações urbanas e interligados à rede elétrica convencional como os descritos neste livro. O contexto técnico-político em que tais sistemas se inserem ainda é tema em debate em todo o mundo e mais recentemente inclusive no Brasil [IEE-USP, 1998; OLIVEIRA; ZILLES, 2002]

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, órgão público responsável por regular o mercado de energia elétrica, enquadra tais sistemas no contexto da legislação energética brasileira em função de algumas leis como segue: a lei 8.631/93 dispõe sobre os níveis tarifários e a extinção da remuneração garantida; a lei 8.987/95 dispõe sobre o regime de concessão e permissão de serviço público; a lei 9.074/95 estabelece normas para outorga e prorrogação de concessões e permissões; o decreto 2.003/96 regulamenta a produção de energia elétrica de Produtores Independentes de Energia (PIEs) e Auto Produtores (APs), e o decreto 2.655/98 regulamenta o Mercado Atacadista de Energia elétrica (MAE) e define regras de organização do Operador Nacional do Sistema elétrico (ONS). A resolução 112/1999, de 18 de maio de 1999, reproduzida no Anexo I, estabelece os requisitos necessários à obtenção de registro ou autorização para a implantação, ampliação ou repotenciação de centrais geradoras de fontes alternativas de energia, incluindo as centrais geradoras fotovoltaicas (RÜTHER, 2004)

Para Pais (2012), apesar das grandes usinas hidrelétricas serem as principais fontes geradoras de eletricidade no Brasil, existe outras fontes que se destacam. Recentemente procura-se ter maior aproveitamento da energia solar no país, utilizando-se de sistemas fotovoltaicos para a geração de eletricidade. Considerando as comunidades isoladas às redes de distribuição do sistema elétrico brasileiro, a energia solar pode ser solução em diversos casos. Além obviamente da produção e inserção significativa na matriz elétrica brasileira.

## 2.1 ENERGIA SOLAR

Diariamente incide sobre a superfície da terra mais energia vinda do sol do que a demanda total de todos os habitantes de nosso planeta em um ano todo. Dentre as diversas aplicações da energia solar, a geração direta de eletricidade através do efeito fotovoltaico se apresenta como uma das mais elegantes formas de gerar potência elétrica (RÜTHER, 2004)

A busca por fontes alternativas de energia tem se tornado cada vez mais necessária no mundo de hoje, sendo motivada principalmente pela escassez de recursos naturais, como a diminuição de chuvas e a consequente redução da energia gerada por

hidrelétricas, associado à necessidade da utilização de termelétricas, o que ocasionou em um aumento significativo no preço da energia elétrica. E ainda, pela necessidade de explorar recursos renováveis que trazem flexibilidade e sustentabilidade quando da sua utilização. Diante deste cenário, a energia solar fotovoltaica apresenta-se como uma tecnologia em constante avanço, no Brasil e no mundo (ALMEIDA et. Al, S/D)

O aproveitamento da energia solar pode ser realizado diretamente para iluminação, aquecimento de fluidos e ambientes ou ainda para geração de potência mecânica ou elétrica, como fonte de energia térmica. A energia solar pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica por meio de efeitos sobre materiais, dentre os quais o termoelétrico e fotovoltaico (BRASIL, 2005). A utilização da fonte solar para gerar energia elétrica proporciona diversos benefícios, citados por ABSOLAR (2016), tanto do ponto de vista elétrico como ambiental e socioeconômico.

O Brasil, conforme o Ministério de Minas e Energia (2017), possuía, ao final de 2016, 81 MW de energia solar fotovoltaica instalados, sendo 24 MWp de geração centralizada e 57 MWp de geração distribuída. A capacidade brasileira não coloca o Brasil entre os vinte maiores líderes mundiais em produção, todos com capacidade instalada superior a 1 GWp.

## 2.2 ENERGIA FOTOVOLTAICA

No caso do efeito fotoelétrico, descoberto em 1839 por Edmond Becquerel, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica por meio do uso de células solares, o processo mais comum de geração de energia elétrica a partir da energia solar. Entre os materiais mais adequados para a conversão da radiação solar em energia elétrica, os quais são usualmente chamados de células solares ou fotovoltaicas, destaca-se o silício. Segundo Silva (2015), cerca de 80% das células fotovoltaicas são fabricadas a partir do silício cristalino.

A energia solar fotovoltaica, pode ser definida como a eletricidade produzida a partir da radiação solar e representa um importante tipo de energia limpa e renovável. Quanto maior for a radiação solar, maior será a quantidade de eletricidade produzida. A energia fotovoltaica também pode ser gerada mesmo em dias nublados ou chuvosos, no entanto em menor intensidade. A luz do Sol é absorvida pelas células fotovoltaicas, pequenas estruturas que formam os painéis solares que são afixados em locais onde haja incidência solar. A luz que chega nas células fotovoltaicas são carregadas de fótons, partículas que são constantemente irradiadas a partir do Sol. Os fótons reagem com essas células e estimulam os elétrons presentes no silício, fazendo com que estes se movimentam. A eletricidade é gerada a partir deste deslocamento dos elétrons, num fenômeno conhecido como Efeito

voltaico. Nas instalações solares fotovoltaicas o módulo solar fotovoltaico é a célula básica do sistema gerador (IMHOFF,2007)

Para Cresesb (2004), a energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão direta da luz em eletricidade, denominada de efeito fotovoltaico e é realizada pelos dispositivos fotovoltaicos (fv). Tal efeito foi descrito pelo físico francês Edmond Becquerel, em 1839, como sendo o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz, ou seja, no momento da interação da radiação solar com o material semicondutor, ocorre a liberação e movimentação de elétrons por este material, gerando assim essa diferença de potencial.

A conversão da energia solar em eletricidade ocorre de modo silencioso, sem emissão de gases, não necessitando de nenhum operador de sistema. Apenas a componente luminosa da energia solar (fótons) é útil para a conversão fotovoltaica. A componente térmica (radiação infravermelha) é utilizada em outras aplicações, como o aquecimento de água ou a geração de energia elétrica através de sistemas termo-solares com concentradores. (LAMBERTS et al, 2010)

As duas principais tecnologias utilizadas na produção de células fotovoltaicas destinadas a aplicações terrestres são as células de silício cristalino, na forma de finas fatias de silício (Si), com espessura entre 0,18 e 0,25 mm e as células de filmes finos, que consistem na deposição de películas de diferentes materiais sobre uma base ou substrato (RÜTHER, 2004 apud LAMBERTS et al, 2010).

No Brasil, os sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR) ainda são poucos e de caráter experimental, associados em sua maioria a projetos e concentrados nas regiões Sul e Sudeste (ZILLES, 2011)

No final de 2008, duas importantes iniciativas foram tomadas pelo governo federal, permitindo uma maior discussão sobre a energia solar fotovoltaica no país. Foi criado, no campo do Ministério de Minas e Energia (MME) o GT – GDSF (Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos) através da portaria nº36/2008, com a finalidade de elaborar estudos, propor condições e sugerir critérios destinados à elaboração de uma proposta de política de utilização da energia solar fotovoltaica conectada à rede, especialmente em edificações urbanas (JANNUZZI, 2009)

Outra iniciativa partiu do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), que encomendou um estudo ao Centro de Gestão e Estudos estratégicos (CGEE), cujo objetivo era traçar recomendações para a formulação e implementação de políticas que incentivassem a inovação tecnológica e a participação industrial do Brasil na produção de silício de grau solar e de energia solar fotovoltaica, no horizonte de 2010-2025 (JANNUZZI, 2009)

Em 17 de abril de 2012, a ANEEL aprovou a Resolução Normativa nº 482, que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos

sistemas de distribuição da energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, além de outras providências necessárias.

Buscando com isso, facilitar o acesso e a implementação de fontes de energia renováveis, como o caso da energia fotovoltaica.

### **3 METODOLOGIA**

Este trabalho seguiu os preceitos do estudo exploratório, por meio de uma pesquisa bibliográfica, que segundo Gil (2008), é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos. Nesta perspectiva foram 26 artigos científicos sobre a temática abordada, que foram acessados na base de dados Capes e o Google Acadêmico, publicados nos últimos 15 anos, mais especificamente entre os anos de 2003 e 2017.

Para a seleção de fontes, foram considerados como critério de inclusão as bibliografias que abordassem os conceitos de energia solar e mais especificamente a energia fotovoltaica. Foram excluídos artigos que não abordavam o tema, ou que foram realizados em outros países, que não o Brasil, o qual era o maior objetivo desta pesquisa.

### **4 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA**

A realização deste artigo de pesquisa iniciou com a identificação do estágio atual do conhecimento sobre o termo, como nos diz Lacerda (2012), citando Tranfield, Denyer e Smart (2003), “uma determinada área científica, seja ele teórico ou empírico, é tido como um aspecto crítico para que um pesquisador consiga posicionar seu objetivo de pesquisa em um campo abrangente e disperso”.

Para atender aos objetivos da realização deste artigo se fez necessária uma revisão da literatura acadêmica na área de produção de energia fotovoltaica. Para Lacerda (2012), citando Karlsson (2008), nos diz que essas atividades de análise da literatura auxiliam o pesquisador a obter o respaldo científico sobre seu trabalho, ao se apoiar no que tem sido publicado no assunto de interesse, justificar a escolha do tema e a contribuição da sua proposta de pesquisa. Além de restringir a abrangência da pesquisa.

#### **4.1 CRONOLOGIA DA PESQUISA**

Os procedimentos de coleta de dados bibliográficos e a pesquisa teórica foram realizados no mês de outubro de 2018.

#### 4.2 BASE DE DADOS

A elaboração da revisão teórica sobre o tema da produção se deu início com a escolha da base de dados que delimitam o campo amostral, o qual resulta em um conjunto de artigos disponíveis a serem considerados no processo de seleção de artigos (TASCA et al., 2010. Apud LACERDA, 2012). Para a presente pesquisa, foi adotada como fonte de dados a base Capes e o Google Acadêmico, mais especificamente Google Scholar.

#### 4.3 PALAVRAS-CHAVE

Depois de definido o assunto de pesquisa, partiu-se para a escolha das palavras-chave que se caracterizaram pelo primeiro filtro para a seleção dos artigos. Com vistas a isso, determinou-se que as palavras chave utilizadas seriam: “energia renovável”; “sustentabilidade”; “energia fotovoltaica”; “energia solar”. A fim de conjugar as palavras-chave ligadas à avaliação de desempenho com o outro eixo da pesquisa, buscou-se nas bases selecionadas, textos publicados nos últimos 15 anos. Restringida a pesquisa para somente artigos em português, nas duas bases de dados, chegou-se ao número de 47 artigos na base da Capes e 34 no google Scholar, totalizando 81 artigos.

Quadro 1: Definição das palavras-chave de pesquisa

|  |
|--|
| Tópico 1 (“energia renovável”) + Brasil and PDF      |
| Tópico 2 (“sustentabilidade”) + Brasil and PDF       |
| Tópico 3 (“energia fotovoltaica”) + Brasil and PDF   |
| Tópico 4 (“energia solar”) + 2003 a 2018 and PDF     |
| Tópico 5 (“energia renovável”) + 2003 a 2018 and PDF |

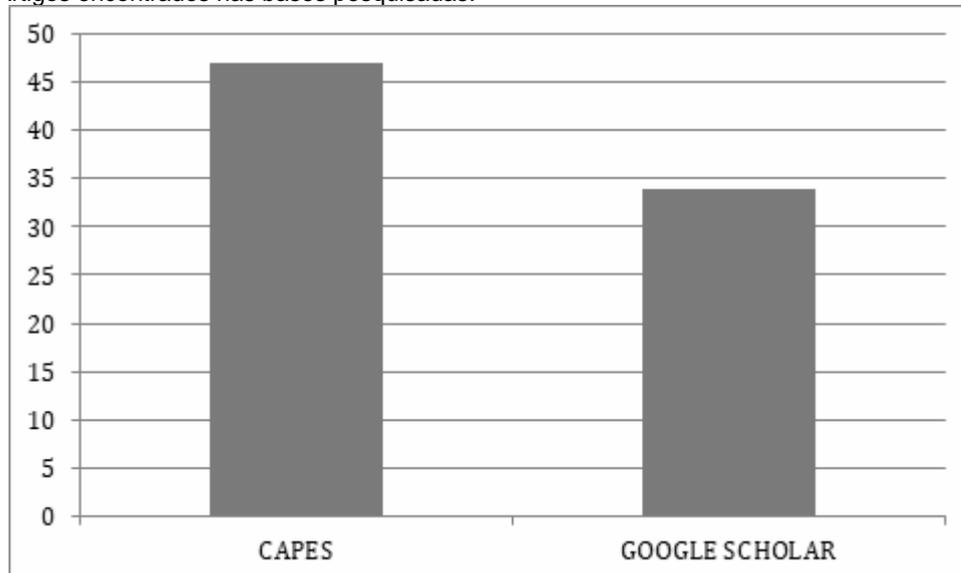
Fonte: Dados da pesquisa (2018).

#### 4.4 SELEÇÃO DOS ARTIGOS

De posse das palavras-chave e da base que se caracteriza pelo campo amostral, pode-se iniciar o processo de seleção dos artigos que compuseram o portfólio para a construção do referencial teórico da pesquisa em pauta. Tais atividades foram realizadas entre os dias 15 de outubro de 2018 a 30 de outubro de 2018. Utilizando as palavras-chave

anteriormente definidas (Gráfico 1) e a data de publicação entre os anos de 2003 à 2018, a busca nas bases de dados retornou uma massa de 81 referências. Conforme pode ser observado no gráfico 1, foram encontrados 47 artigos no portal Capes e 34 no Google Scholar.

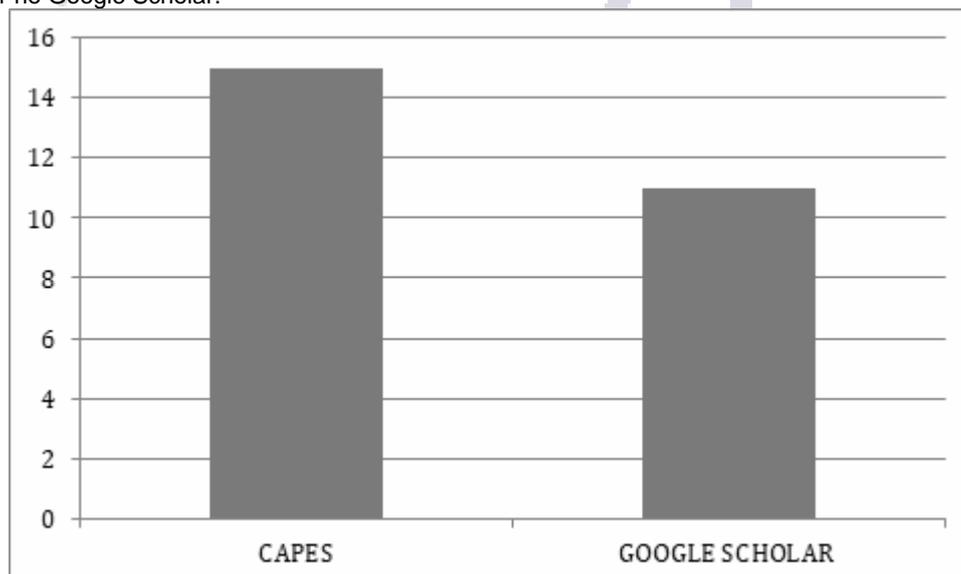
Gráfico 1: Artigos encontrados nas bases pesquisadas.



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Dos 81 artigos analisados, 40 foram excluídos devido à falta de alinhamento com o objeto de pesquisa e os outros 26 foram utilizados. De acordo com o gráfico 2, observamos a quantidade de artigos utilizadas de cada base de dados pesquisada.

Gráfico 2: Definição dos artigos a serem utilizados, de acordo com as bases pesquisadas, sendo 15 no portal Capes e 11 no Google Scholar.



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Retiramos que este estudo não tenta construir um referencial teórico por si só, mas contribui para que estudos sobre o este assunto sejam baseados em um processo estruturado para a seleção e evidenciação dos artigos, autores e periódicos mais relevantes na área e que suportarão trabalhos acadêmicos e científicos futuros.

## 5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para melhor entendermos a aplicabilidade da geração de energia fotovoltaica, devemos entender as tecnologias utilizadas para sua geração.

### 5.1 EFEITO FOTOVOLTAICO

De acordo com Suzuki e Rezende (2013), o efeito fotovoltaico acontece em materiais semicondutores, e foram descobertos a pouco mais de meio século. São bastante úteis na produção da energia fotovoltaica porque possuem a característica de hora se comportar ora como condutores e hora como isolantes. O semicondutor mais utilizado usado no Brasil, para a produção da energia fotovoltaica, segundo Shayani (2006), é o silício.

### 5.2 CÉLULA FOTOVOLTAICA

Ao explicar a célula fotovoltaica, Suzuki e Rezende (2013), definem como o local onde ocorre a conversão da radiação solar em corrente elétrica. É nelas que ocorre o efeito fotoelétrico e são responsáveis pela conversão da luz do sol em eletricidade. Podendo ser fabricadas de diversos tipos de materiais, mas os mais comumente utilizados são os que utilizam a tecnologia de silício cristalino, que podem ser classificados de acordo com a sua estrutura molecular, que são os monocristalinos, policristalinos e silício amorfo.

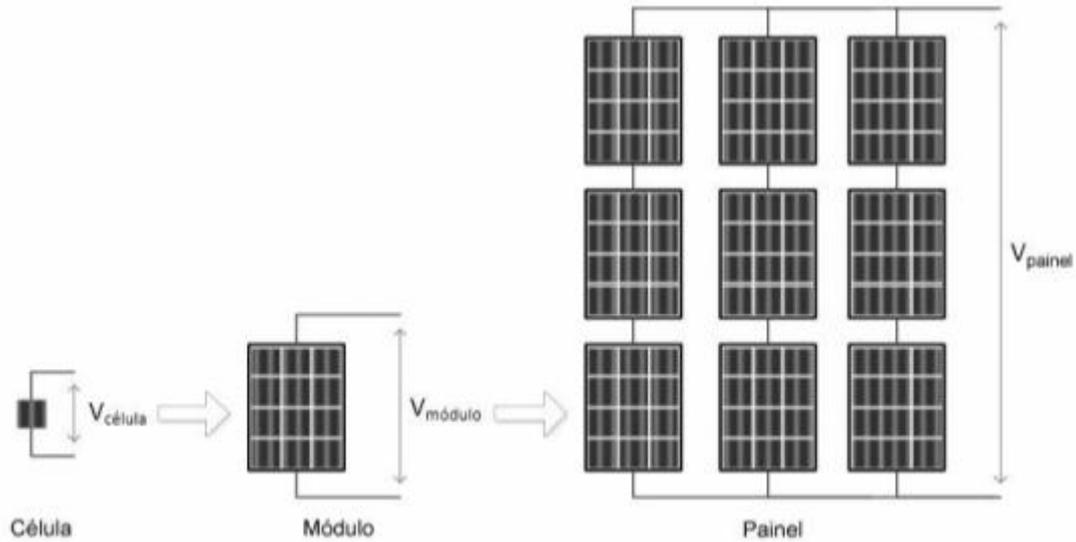
### 5.3 MÓDULO FOTOVOLTAICO

Egido, Montero e Arribas (1999) afirmam que módulo fotovoltaico é um conjunto de células fotovoltaicas. Estas células são protegidas contra as intempéries, e são associadas eletricamente para a transmissão de corrente. Um módulo pode possuir um número variado de células, geralmente são formados por 33 a 36 ligadas em série ou em paralelo, mas este número depende da necessidade de tensão e corrente (CASTRO, 2003).

Segundo Castro (2003), para a união de vários módulos eles podem ser ligados também em série e em paralelo, com a finalidade de obter-se mais potência e criar assim os painéis fotovoltaicos.

Como pode ser percebido na figura 01.

Figura 1: Montagem de um painel fotovoltaico

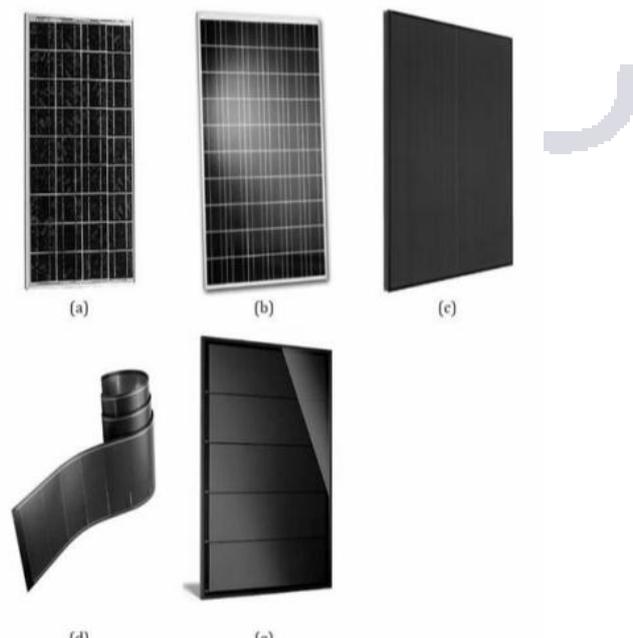


Fonte: ALMEIDA (2012), Apud Suzuki e Resende (2013)

O módulo fotovoltaico também possui curvas  $I \times V$  e  $P \times V$  que derivam da combinação das curvas características das células fotovoltaicas que o compõem (ALMEIDA 2012).

A Figura 02 apresenta módulos fotovoltaicos de diferentes tecnologias.

Figura 2: Tecnologias de módulos fotovoltaico



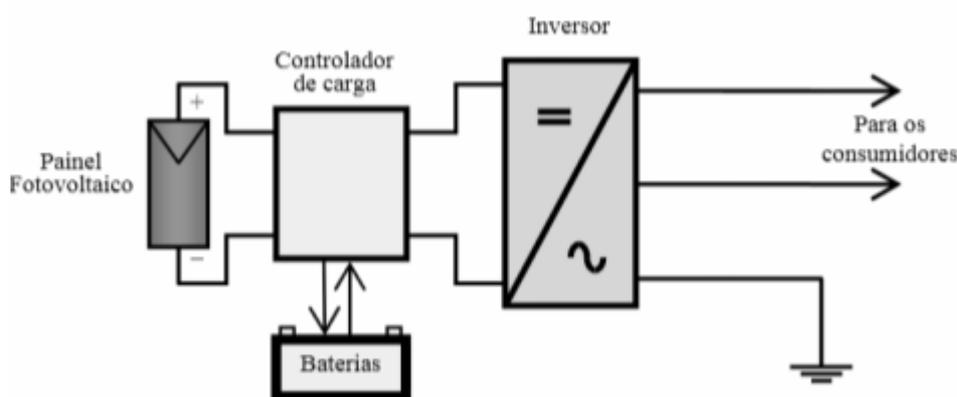
Fonte: ALMEIDA (2012), Apud Suzuki e Resende (2013)

Os sistemas fotovoltaicos podem ainda ser classificados em duas categorias, Segundo Jucá e Carvalho (2013), podem ser classificados como isolados ou conectados à rede elétrica. Esta classificação se refere a como o sistema se relaciona com relação à rede elétrica.

O sistema fotovoltaico isolado é aquele que não está conectado à rede elétrica de energia. Utilizado normalmente em lugares isolados onde não há a cobertura da rede elétrica. É utilizado junto com um banco de baterias recarregáveis que armazena a energia para os horários em que não há radiação solar (GALLI, 2003). Para Rütther et al. (2007) este tipo de sistema é composto de painéis fotovoltaicos, controlador de carga, baterias e inversor.

Podemos observar melhor na figura 03

Figura 3: Organograma de sistema



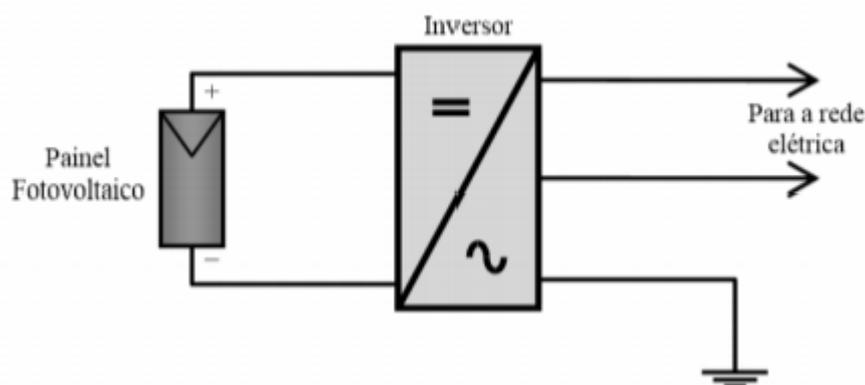
Fonte: RÜTHER et al. (2007) Apud Suzuki e Resende (2013)

Para Jucá e Carvalho (2013), o sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica é o sistema que utiliza a rede elétrica já instalada. Para este tipo de sistema não há necessidade da utilização de um sistema com baterias, que acumule a energia e representa uma complementação para a geração de energia para a rede em que está conectado (JUCÁ; CARVALHO, 2013).

Porém, segundo Jucá e carvalho (2013), é necessário a integração de um controlador de carga, o qual tem como principal objetivo a proteção das baterias de eventuais sobrecargas e de descargas excessivas. Já que ele evita a sobrecarga energética e protege o sistema, desligando o abastecimento quando a bateria está carregada totalmente. E o inversor transforma a corrente contínua para corrente alternada, para que possa alimentar os aparelhos elétricos.

Conforme se observa na figura 04, a qual mostra a configuração básica do sistema conectado à rede elétrica.

Figura 4: Organograma inversor



Fonte: Rütther et al. (2007) apud Suzuki e Resende (2013)

Os inversores podem ser definidos como dispositivos utilizados para fazer a ligação entre o gerador fotovoltaico (conjunto de módulos fotovoltaicos) e a carga de corrente alternada dos equipamentos ou diretamente à rede. Possui ainda o objetivo de converter o sinal elétrico de corrente contínua proveniente do gerador fotovoltaico num sinal de corrente alternada, sendo que, numa fase posterior, ajusta o sinal para a frequência e nível de tensão da rede à qual está ligado (RÜTHER et al., 2007).

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede podem ser classificados como de grande ou de pequeno porte. As grandes centrais fotovoltaicas são as de grande porte, elas ocupam uma grande área e geralmente estão localizadas em locais afastados dos grandes centros urbanos. Os sistemas de pequeno porte formam a chamada geração distribuída e se constituem de painéis instalados nas edificações residenciais e comerciais. Este sistema tem como principais vantagens a diminuição das perdas, por ser produzida próximo aos consumidores, não ocupa grandes espaços livres, diminui os investimentos em linhas de transmissão, melhora a qualidade da energia distribuída (CÂMARA, 2011).

## 6 CONCLUSÕES

Projetos utilizando a luz solar como recurso energético, gerando energia elétrica, vem ganhando cada vez mais reconhecimento e representatividade na matriz energética brasileira. Uma das principais tecnologias utilizadas recentemente em nosso país é a energia solar fotovoltaica. Apesar de ainda apresentar necessidade de incentivos econômicos para se tornar popular, esses sistemas que se utilizam do efeito fotovoltaico já estão sendo utilizados em sua maioria, em residências e em menor escala para fins comerciais.

Devido a flexibilidade e a praticidade de instalação de plantas solares fotovoltaicas autônomas, sugerimos o desenvolvimento de novos estudos sobre a viabilidade técnica e

econômica de todos os recursos utilizados em sua aplicação. Pois a importância de se diminuir a utilização de energia elétrica produzida pelas hidrelétricas é de conhecimento de todos, por isso precisamos investir em novas tecnologias que produzam essa energia tão necessária de forma limpa e sustentável.



## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10899:2006 – Energia Solar Fotovoltaica** – Terminologia. 2006.

ALMEIDA, Eliane et. al. **Energia Solar Fotovoltaica: Revisão Bibliográfica. Artigo de Conclusão de Curso de Engenharia Bioenergética da FEA-FUMEC.** Disponível em < [www.fumec.br/revistas/eol/article/download/3574/1911](http://www.fumec.br/revistas/eol/article/download/3574/1911)>. Acesso em: 20 ago. 2018.

ALMEIDA, Marcelo P. **Qualificação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede.** Dissertação de Mestrado em Energia, Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, SP. 2012.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR). **Geração Distribuída Solar Fotovoltaica.** Encontro Nacional dos Agentes do Setor Elétrico – ENASE. Rio de Janeiro, 2016.

BAUER, Wolfgang; WESTFALL, Gary D.; DIAS Helio. **Física para Universitários - Eletricidade e Magnetismo.** São Paulo: AMGH Editora LTDA, 2012.

BRASIL, Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Atlas da Energia Elétrica do Brasil.** 2.ed. Brasília – DF, 2005.

BRASIL. NOTA TÉCNICA DEA 001/17. **Projeção da demanda de energia Elétrica para os próximos 10 anos (2017-2026).** Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro, 2017.

CÂMARA, Carlos F. **Sistemas Fotovoltaicos conectados à rede elétrica.** Monografia de Especialização em Fontes Alternativas de Energia. Universidade Federal de Lavras, MG. 2011.

CASTRO, Adriana P. de A. S.; LABAKI, Lucila C.; CARAM, Rosana M.; BASSO, Admir; FERNANDES, Mauro R. Medidas de refletância de cores de tintas através de análise espectral. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p.69-76, mai./jun. 2003.

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** Rio de Janeiro: CRESESB, 2004.

EGIDO, Miguel A.; MONTERO, Mercedes; ARRIBAS, Luis. y. **Energia Solar Fotovoltaica y Coperación ao Desarrollo.** Madrid: Lepala, 1999.

GALLI, Claudio. **Sobre Volta, Batatas e Fótons.** Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003.

GHENSEV, Almir. **Materiais e Processos de Fabricação de Células Fotovoltaicas.** Monografia de Especialização em Fontes Alternativas de Energia. Universidade Federal de Lavras, MG. 2006.

GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6.ed, São Paulo: Atlas, 2008.

IMHOFF, J. **Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007.

JANNUZZI, Gilberto de Martinho (coord). **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil: Panorama da Atual Legislação**. Campinas, SP: International Energy Initiative para a América latina (IEI-LA) e Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2009.

JUCÁ, Sandro C. S.; CARVALHO, Paulo C. M. de. **Métodos de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos: Aplicações em dessalinização**. Duque de Caxias, 2013.

LACERDA, Rogério Tadeu de Oliveira; ENSSLIN, Leonardo. ENSSLIN, Sandra Rolim. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Revista Gestão e Produção**, São Carlos, v. 19, 2012.

LAMBERTS, R. et al. **Casa Eficiente: Consumo e Geração de Energia**. Florianópolis: UFSC, 2010, v. 2.

NASCIMENTO, C. **Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2004.

PAIS, Paloma Santana Moreira. **Demanda de Energia Elétrica no Brasil no Período Pós Racionamento**. Dissertação de Mestrado em Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2012.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios Solares Fotovoltaicos: O potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Editora Labsolar, Florianópolis, 2004.

SHAYANI, Rafael A. **Medição do Rendimento Global de um Sistema Fotovoltaico Isolado Utilizando Módulos de 32 Células**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Publicação PPGENE.DM-265/06, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 184p. 2006.

SUZUKI, Eimi Veridiane. REZENDE, Fernanda Dutra. **Estudo da Utilização da Geração Fotovoltaica para Auxiliar a Suprir a Demanda Crescente de Energia Elétrica no Brasil**. Monografia apresentada à Universidade Tecnológica do Paraná, no Curso de Especialização em Eficiência Energética. Curitiba, 2013.

URBANETZ JUNIOR, J. Sistemas fotovoltaicos conectados a redes de distribuição urbana: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade. **Revista SODEBRAS**, v. 8, 2013.

VASCONCELOS, Yuri. O Desafio do Sol. **Revista Pesquisa FAPESP**, ed. 207, mai. 2013.

ZILLES, R. Perspectivas de Aplicação de sistemas de Geração Fotovoltaica Conectados à Rede Elétrica no País. In **Seminário de Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Rede Elétrica** – Abinee, 2011. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/3zilles.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

### INFORMAÇÕES DO TEXTO

Recebido em: 28 de novembro de 2018.

Aceito em: 25 de maio de 2019.

### INFORMAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

Este artigo deve ser referenciado da seguinte forma:

SILVA, Alexandre da et al. Energia fotovoltaica no brasil: uma revisão de literatura. **PI – Pesquisa e Inovação**, Guarapuava, v. 1, n. 1, p. 100-115, jan./jun. 2019.

