



**ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS**  
**ESCOLA DE FORMAÇÃO COMPLEMENTAR DO EXÉRCITO**



Cap QCO Adm Leonardo da Silva Fonseca

## **USO DE ENERGIA SOLAR EM ORGANIZAÇÕES MILITARES**

**Rio de Janeiro**  
**2019**

**Cap QCO Adm LEONARDO DA SILVA FONSECA**

**USO DE ENERGIA SOLAR EM ORGANIZAÇÕES MILITARES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Formação Complementar do Exército / Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais como requisito parcial para a obtenção do Grau Especialização em Ciências Militares.

**Orientador: TC QCO Inf Marco Lisboa**

**Rio de Janeiro  
2019**

Cap QCO Adm LEONARDO DA SILVA FONSECA

## **USO DE ENERGIA SOLVAR EM ORGANIZAÇÕES MILITARES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Formação Complementar do Exército / Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais como requisito parcial para a obtenção do Grau Especialização em Ciências Militares.

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

### **COMISSÃO DE AVALIAÇÃO**

---

Cel Marco Alexandre Lisboa- Especialista – 1º membro  
Escola de Formação Complementar do Exército

---

Maj Andrey Felicio Antunes- 2º membro  
Escola de Formação Complementar do Exército

# USO DE ENERGIA SOLAR EM ORGANIZAÇÕES MILITARES

Leonardo da Silva Fonseca<sup>1</sup>

## RESUMO

O uso da energia solar como fonte alternativa vem se consolidando nas sociedades mais avançadas do planeta desde o início do século XXI e crescendo significativamente no Brasil nos últimos anos. As Forças Armadas e, em especial, o Exército Brasileiro, berço natural de inovações tecnológicas, não poderiam ficar de fora dessa nova diretriz mundial e, nesse sentido, vem assistindo ao surgimento de várias iniciativas de implementação de sistemas de geração de energia com base na iluminação dos raios solares. O presente estudo tem como objetivo refletir sobre um melhor aproveitamento do uso da energia solar com forte ênfase para a sua vertente fotovoltaica. Trata-se de um estudo retrospectivo, de natureza aplicada, de abordagem quantitativa, do tipo descritiva. Foi feita uma consulta ao sítio eletrônico da Agência Internacional de Energia, para se obter dados sobre o consumo de energia no Brasil. Foi feita uma consulta à Diretoria de Abastecimento para se obter dados epidemiológicos de AIE e mormo no EB. Os dados foram tabulados e os resultados foram apresentados sob a forma de gráficos. Como resultados foram identificadas as principais práticas relacionadas ao uso de energia fotovoltaica. Concluiu-se que utilização da energia fotovoltaica pode trazer grandes benefícios tanto sob a ótica financeira como social e ambiental.

**Palavras-chave:** Energia. Fotovoltaica. Alternativa. Militares.

## ABSTRACT

The use of solar energy as an alternative source has been consolidated in the most advanced societies of the planet since the beginning of the 21st century and growing in Brazil in recent years. The Armed Forces and, in particular, the Brazilian Army, the natural cradle of technological innovations, cannot be left out of this new world direction. In this sense, several initiatives to implement power generation systems based on the lighting of Sun rays. This study aims to reflect on a better use of solar energy with a strong emphasis on its photovoltaic aspect. This is a retrospective study of an applied nature, quantitative approach, descriptive type. A consultation was made with the website of the International Energy Agency for data on energy consumption in Brazil. A consultation was made with the Supply Directorate for epidemiological data from EIA and mormo in EB. Data were tabulated and results were presented as graphs. How the results were identified as the main practices related to the use of photovoltaic energy. It is concluded that the use of photovoltaic energy can bring great benefits both financially and environmentally.

**Keywords:** Energy. Photovoltaic. Alternative. Military.

---

<sup>1</sup> Capitão QCO Administração da turma de 2011. Especialista em Aplicações Complementares às Ciências Militares pela EsAEx em 2011.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 PROBLEMA .....	3
1.2 OBJETIVO GERAL .....	4
1.2.1 Objetivos Específicos .....	4
1.3 QUESTÕES DE ESTUDO.....	4
1.4 JUSTIFICATIVA.....	5
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	5
2.1 A produção de energia no contexto brasileiro.....	5
2.2 O Arcabouço jurídico – Resolução Normativa 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica .....	9
2.3 Resolução 685 e as Novas Modalidades de Geração Solar .....	11
2.4 Energia solar fotovoltaica .....	11
2.4.1 Funcionamento dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede.....	14
3. METODOLOGIA .....	15
3.1 TIPO E NATUREZA DA PESQUISA.....	15
3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA .....	15
3.3 PROCEDIMENTOS PARA A REVISÃO DE LITERATURA.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
REFERÊNCIAS.....	22

# USO DA ENERGIA SOLAR EM ORGANIZAÇÕES MILITARES

## 1. INTRODUÇÃO

Historicamente, os grandes avanços da humanidade sempre se deram por uma necessidade de sobrevivência imediata materializada na arte de se obter os meios necessários para sua própria subsistência atendendo à sua hierarquia de necessidades (fisiológicas, segurança, sociais, autoestima e auto realização). Tal demanda permanente não raro descambou em violentos conflitos armados ao longo da nossa história e para melhor atender a essas necessidades foram sendo desenvolvidos ao longo do tempo novas tecnologias de cunho eminentemente bélico mas que posteriormente foram sendo adaptadas com sucesso às situações civis de não guerra, também chamadas de situação de paz.

Dado esse cenário evolutivo em que as necessidades militares em grande parte favoreceram e até os dias atuais favorecem o desenvolvimento de novas tecnologias que, por seu turno, são posteriormente inseridas com sucesso no meio civil, isso desde a descoberta do fogo até ao advento da fissão nuclear, o domínio das fontes de energia sempre ocupou um papel central no cenário internacional e não raro os principais conflitos armados ocorreram justamente pela disputa pelo controle vital dessas áreas. Não basta apenas conquistar um território mas se faz necessário suprir suas necessidades logísticas que em grande parte envolve o controle das fontes de energia locais. Por outro lado, em que pese o uso de combustíveis fósseis ainda ocupar um papel preponderante na matriz energética mundial, sua característica de finitude, alto potencial poluidor e o fato de suas cadeias de produção e distribuição serem dominadas em grande parte por países politicamente instáveis fez com que se criassem as condições de viabilidade econômica para o desenvolvimento de novas fontes de energia ( relação custo x benefício ), consideradas mais limpas e sustentáveis e, dentre as quais, focaremos na já mencionada energia solar fotovoltaica.

No cenário global o Brasil é destaque internacional na geração e distribuição de energia renovável ocupando atualmente a 3ª posição no ranking mundial, com destaque para a energia hidrelétrica, que representa cerca de 10% da geração mundial e mais de 80% da matriz energética nacional.

Dada a sua imensa extensão territorial e características geográficas bastante diversas, o uso da energia fotovoltaica já é uma realidade para muitas unidades onde não chegam linhas de transmissão regulares de energia elétrica devido as condições extremamente adversas do terreno combinadas aos altos custos inerentes a todo o processo.

Dentro desse contexto, o Exército Brasileiro possui alguns exemplos que merecem destaque entre os quais um dos mais notáveis é o do 7º Pelotão de Fronteira (7º PEF/5º BIS), localizado em Tunuí, no município de São Gabriel da Cachoeira (AM), que já utiliza com bastante sucesso uma usina de painéis solares fotovoltaicos instalada na área do próprio PEF como fonte de energia sustentável , com uma capacidade instalada de 187,2 Kwp.

Outra grande referência nesse sentido foi dada pelo Hospital Militar de Área de Campo Grande (MS). Nesse caso o sistema totaliza 202 (duzentos e dois) módulos fotovoltaicos sendo responsável por uma redução significativa nos gastos totais com despesas de energia elétrica dessa organização militar.

O 7º Batalhão de Engenharia de Combate, com sede em Natal (RN) também possui um projeto inovador de aproveitamento e consumo de fontes renováveis de energia, com a radiação solar, através de um microgerador fotovoltaico interligado a rede publica. Nesse caso, o sistema é composto, basicamente, por um inversor de corrente, cabeamento de 24 (vinte e quatro) painéis solares com capacidade de geração de até 1.000 (mil) Kwh/mês, proporcionando uma economia de aproximadamente R\$ 700,00 (setecentos reais) na despesa mensal com esse insumo.

No Rio de Janeiro, que concentra a maior parte do efetivo militar, a EsLog realiza desde 2017, em parceria com uma empresa privada do setor, um curso sobre energia solar fotovoltaica voltado para seus militares da área de Comunicações bem como para os soldados eletricitas com o objetivo principal de difundir esse conhecimento no meio militar aproveitando as vantagens de sua utilização.

Ainda nessa guarnição, concentram-se os polos de tecnologia do Exército Brasileiro, como o CTEEx e o CAEx sendo esse último localizado numa área de restinga com enorme potencial para aproveitamento da energia solar.

De um modo geral o Brasil possui grande potencial para aproveitamento da irradiação solar conforme podemos observar no mapa abaixo:

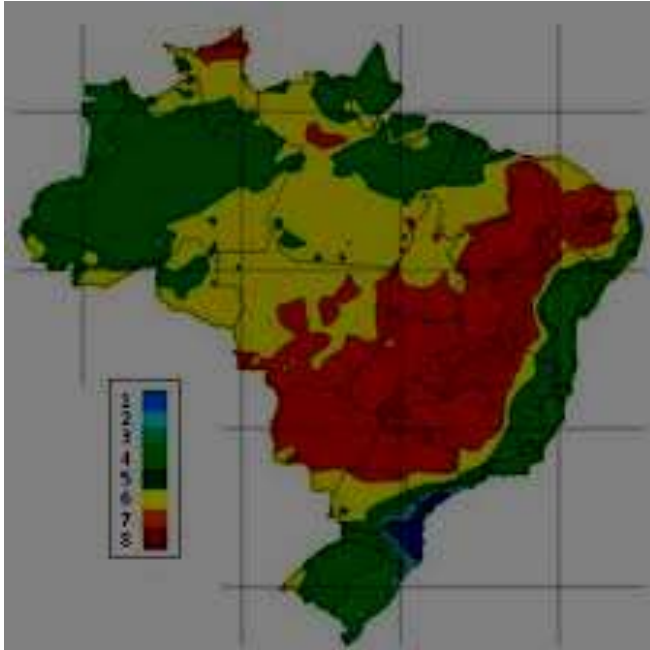


Figura 1: Aproveitamento da irradiação solar  
Fonte: abnee.org.br acesso em 30 de agosto de 2019

A energia elétrica é algo de grande relevância para o contexto social, já que por meio dela, acontece a iluminação de residências, prédios, hospitais, e tudo aquilo que dependa da eletricidade. A forma mais apropriada de viver em harmonia com a eletricidade é conhecê-la, tirando todo o proveito que a mesma possa acomodar, com intuito de usá-la com segurança e procurar a preservação ambiental (MOURA; MOTA, 2013).

A necessidade do conhecimento e de implementação de fontes alternativas de energia torna-se cada vez mais urgente, tendo em vista às crises ambientais vivenciadas. Desta forma, o estudo da viabilidade de fontes renováveis de energia e de baixo custo, mostra-se como uma opção para a geração de eletricidade sustentável (HODGE, 2011).

## 1.1 PROBLEMA

A implantação de um sistema fotovoltaico como fonte de energia elétrica renovável, constituir-se-ia em uma alternativa sustentável para as organizações militares?



## 1.2 OBJETIVO GERAL

Estudar a implantação de um sistema fotovoltaico como fonte de energia elétrica renovável como alternativa sustentável para as organizações militares.

### 1.2.1 Objetivos Específicos

Com a finalidade de delimitar e alcançar o desfecho esperado para o objetivo geral, além de responder às questões de estudo, levantou-se os seguintes objetivos específicos que direcionaram a consecução do objetivo geral deste trabalho:

- 1) analisar, por meio de revisão bibliográfica, a produção de energia no contexto brasileiro;
- 2) pesquisar, por meio de revisão bibliográfica, o arcabouço jurídico - Resolução Normativa 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica;
- 3) discorrer sobre a Resolução 685 e as Novas Modalidades de Geração Solar;
- 4) pesquisar, por meio de revisão bibliográfica, o funcionamento dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede.

## 1.3 QUESTÕES DE ESTUDO

- 1) Seria possível a implantação de um sistema fotovoltaico como fonte de energia elétrica renovável como alternativa sustentável para as organizações militares?
- 2) A difusão do sistema fotovoltaico poderia trazer impacto positivo, tanto do ponto de vista econômico-financeiro quanto social ambiental, tendo em vista a preservação dos recursos naturais disponíveis?
- 3) Até que ponto o Exército Brasileiro vem acompanhando essas mudanças que ocorrem principalmente no cenário internacional, com várias iniciativas práticas espalhadas por todo o território nacional do uso de energia renovável?
- 4) O Exército Brasileiro tem contribuído para o sucesso dessas iniciativas?

## 1.4 JUSTIFICATIVA

Este trabalho justifica-se pelo fato de que hoje em dia uma das áreas mais admiráveis da tecnologia e inovação, e uma das que aparece em evidência, é o estudo de novas fontes de energia renovável. É de essencial importância o avanço dessas tecnologias, a fim de que no futuro se possa ter uma redução significativa nas emissões de gases de efeito estufa, agredindo menos o meio ambiente, com a diminuição do uso de combustíveis fósseis. Com as dificuldades relacionadas a implementação dessas fontes de energia renovável, são imprescindíveis cada vez mais, estudos para otimizá-las.

Vários estudos vêm sendo realizados sobre o contexto climático e a exigência da redução da geração de energia elétrica a partir de fontes fósseis, com favorecimento do aumento da comercialização de novas fontes de energias renováveis no Brasil.

A matriz elétrica brasileira tem uma forte base hidráulica, entretanto, o estímulo para outras fontes de energia renováveis "modernas" ainda é muito baixo em comparação com a média mundial, não obstante dos esforços do Governo Federal por meio do Programa de Investimentos em Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa).

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A produção de energia no contexto brasileiro

Na contemporaneidade, os padrões de produção e consumo adotados pelas sociedades estão abalizados na cultura do desperdício de recursos energéticos e naturais. O comportamento da economia é de grande seriedade para a melhor abrangência sobre a demanda e a expansão de oferta de energia. Por isso, torna-se cada vez mais urgente compreender as formas de produção de energia podem se diferenciar conforme sua fonte geradora. As fontes energéticas podem ser classificadas como não-renováveis ou renováveis. As não-renováveis são aquelas dependentes de recursos naturais limitados ou que processo de renovação pode superar a expectativa de existência da espécie humana no meio ambiente, como o

urânio e os combustíveis fósseis (petróleo, o carvão mineral e gás natural). As renováveis podem ser continuamente produzidas, espontaneamente ou através de práticas conservacionistas, dentre elas pode-se destacar o ar, a água e a vegetação (PEREIRA, 2014).

Com o advento da Revolução Industrial, a competitividade econômica dos países e a qualidade de vida das pessoas são essencialmente dependentes da energia. Por isso, as economias que melhor se dispõem quanto ao acesso aos recursos energéticos de menor custo e com menos impacto ambiental têm maior evidência no cenário mundial. E cada vez mais, a variável ambiental vem sendo estimada no planejamento energético de uma nação. Para o Brasil essa condição é estimada como um amplo diferencial competitivo (TOLMASQUIM et al 2007).

Como já elucidado, há diferentes fontes de energia que se renovam naturalmente, como é o caso da lenha (biomassa). Portanto, nem todas essas fontes são ditas limpas, pois podem emitir gases que contribuem para o aquecimento global, como é o caso do metano, do dióxido de carbono e do óxido nitroso. Nesse contexto, é imperioso procurar o uso de fontes de energia que além de serem renováveis, além disso, se mantêm em um ciclo compensado de produção e consumo, geradora de mínimo de impacto ao ambiente, sendo então designada de energia sustentável (BARBOSA, 2015).

O Brasil é um dos países que apresentam maior destaque na participação de fontes renováveis em sua Matriz Energética (Figura 2). Esse destaque se dá em função grande participação biomassa (principalmente o Etanol) e da energia hidráulica.

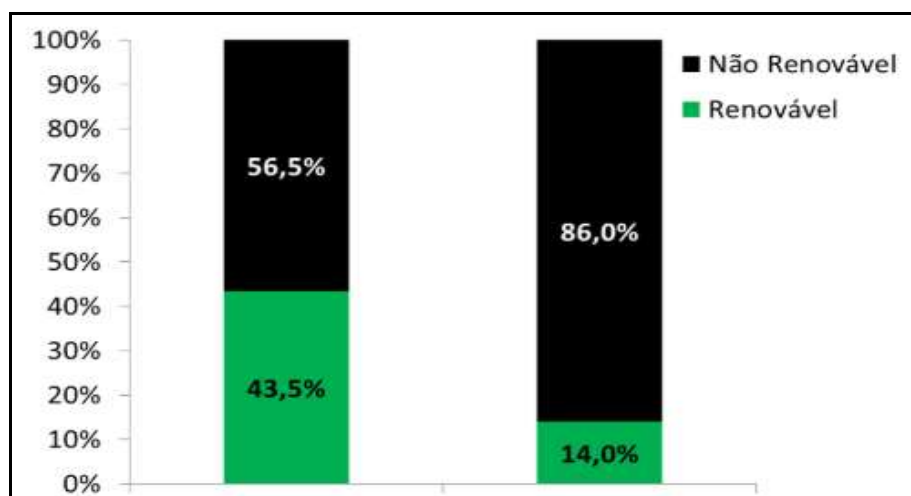


Figura 2: Repartição da oferta de energia no mundo e no Brasil  
Fonte: Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2019)

As fontes alternativas de energia renovável na Matriz Energética brasileira apresentam maiores destaques para: Lixívia, Biodiesel e Energia Eólica (Figura 3).

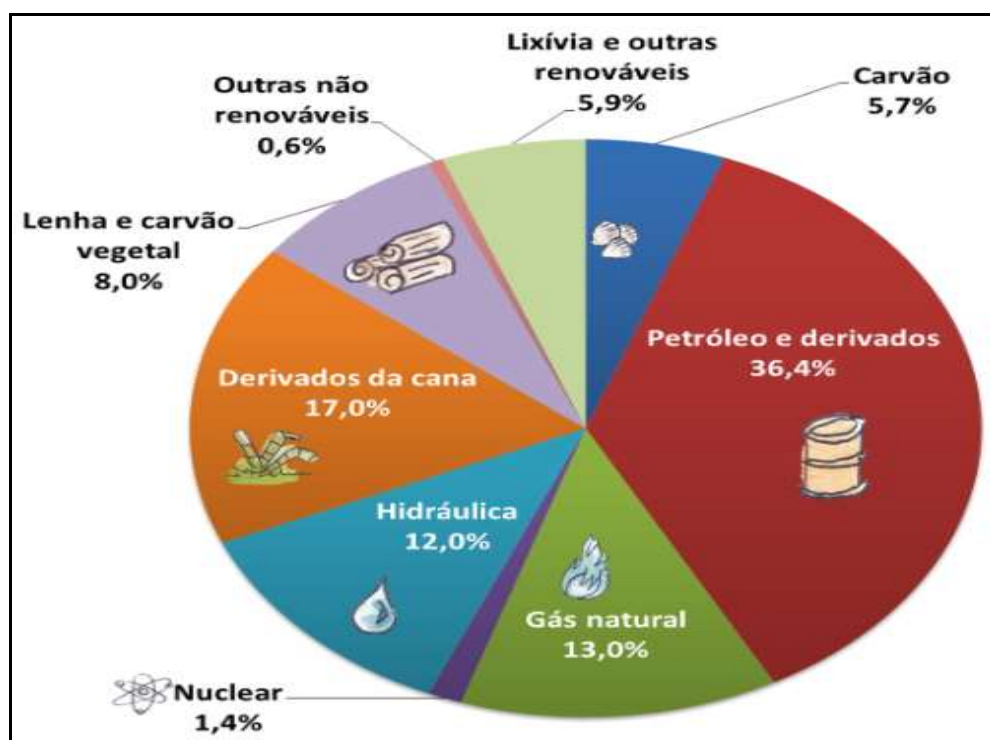


Figura 3: Participação das fontes de energias renováveis  
Fonte: Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2019)

Sobre o conceito e a essência da energia para a humanidade, o Panorama Energético (2019) ressalta, que ela se faz presente em toda parte e possibilita a transformação de tudo. Através dela, há possibilidade de sobrevivência e liberdade para uma vida mais dinâmica e completa.

Atualmente, grande parte da população possui o abastecimento de energia e água limpa que vão diretamente para suas casas. O processo de globalização permitiu maior disponibilidade de aparelhos eletrodomésticos, que fazem parte de toda casa, como: máquina de lavar roupas, televisão, microondas, computador, dentre outros. Mas para que haja perfeito funcionamento de todo aparato eletrônico há necessidade da energia, pois ela viabiliza a infraestrutura necessária (PANORAMA ENERGÉTICO, 2019).

Segundo Tolmasquim (2012), as aquisições do setor elétrico brasileiro atrelam-se basicamente à densa revisão do marco regulatório e institucional, que afiançou condições adequadas ao investimento, comprovadas pela competitividade dos atuais leilões de energia eólica e hidrelétrica. A energia é quiçá um dos setores

em que o Brasil consertou de forma mais expressiva e icônica suas capacidades de estabelecimento de políticas e execução de ações delineadas através de parcerias público-privadas integradas. O Brasil atualmente é visto como expressividade no contexto ambiental, e ainda demanda várias fontes de energia. O fornecimento de matérias-primas e sua aptidão de produção em larga escala são um arquétipo para muitos países (TOLMASQUIM, 2012)

Tolmasquim (2012) ratifica que o mix de energia do Brasil permanecerá sendo um exemplo para o resto do mundo nos próximos anos. A quantia já grande de fontes de energia renovável (hidráulica, eólica, etanol, biomassa, etc.) na matriz energética brasileira aumentará ainda mais. Segundo o Escritório de Pesquisas Energéticas (EPE), no Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), a participação das fontes renováveis de energia poderá a 46,3% em 2020, contra os 44,8% registrados em 2010.



Figura 4: Evolução da oferta interna de energia  
Fonte: Tolmasquim (2012)

Estimativas indicam que em 2020 o consumo de eletricidade será 61% maior que em 2010, chegando a 730 TWh. A indústria doméstica desempenha um papel respeitável nessa expansão, já que representa 138 TWh dos 277 TWh adicionais de consumo de eletricidade no período. Ainda assim, a produção de eletricidade de uso próprio no setor industrial cresce a taxas superiores às da demanda de eletricidade no setor, reduzindo assim a pressão da demanda sobre a expansão da capacidade de energia (TOLMASQUIM, 2012).

Embora seja observado aumento na Geração Distribuída, a implantação de

grandes usinas de energia elétrica de fonte fotovoltaica também é uma tendência cada vez maior, principalmente com os avanços tecnológicos atuais que melhoraram a eficiência dos coletores solares.

## **2.2 O Arcabouço jurídico – Resolução Normativa 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica**

A probabilidade de gerar a própria energia elétrica foi aventada no contexto brasileiro a partir do ano de 2012, com a promulgação da ANNEEL por meio de sua Resolução Normativa 482, que preconizou as regras do segmento de geração de energia distribuída (Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, 2019).

Destaca-se que a geração de energia distribuída configura-se como a geração de energia realizada pelos mecanismos descentralizados através de sistemas geradores que localizam-se nas unidades consumidoras (como um Próprio Nacional Residencial) e que são conectados à rede elétrica geral (geralmente administrada pela concessionária de um serviço público) (Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, 2019).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, 2019, os principais pressupostos contidos na Resolução Normativa 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica para permitir a geração de energia solar pelo consumidor podem ser abreviadas como abaixo descrito:

### **1. Microgeração e Minigeração de Energia**

Para a concepção das regras com ênfase na autogeração de energia solar, a ANEEL estabelece dimensões de potência segundo a classificação de micro e minigeradores, pelo viés das regras vigentes de geração distribuída, os geradores solares abrigados hoje em dia se diferem em:

Microgeração: que compreende o sistema fotovoltaico cuja potência alojada seja inferior ou igual a 75 KW (quilowatts)

Minigeração: que compreende o sistema fotovoltaico cuja potência instalada superior a 75 KW e inferior ou igual a 5 MW (megawatts).

## 2 – Compensação de energia elétrica

Com a RN 482, a ANEEL estabeleceu o padrão do segmento de geração distribuída: o sistema de compensação de energia elétrica

O supracitado sistema, estabelece que o excedente de energia determinado pelo sistema solar do consumidor seja injetado na rede geral e depois seja repassado para a distribuidora, ou seja, uma espécie de “empréstimo de energia”. Este empréstimo retorna para o consumidor como mecanismo de créditos energéticos, à fim de que haja a compensação da energia que foi consumida da distribuidora em períodos de insuficiente ou nenhuma geração do sistema, o que geralmente, acontece no período noturno. Esta compensação sempre será perpetrada inicialmente no imóvel em que aconteceu a geração e em seguida, nos demais postos tarifários trabalhando de tal modo, como uma permuta entre a energia do gerador e a energia da rede, e ainda contendo um prazo/validade de uso de até 60 (sessenta) meses (Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, 2019).

## 3- Dimensionamento dos sistemas entre os grupos de consumidores

No processo de dimensionamento, a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2019), preconiza que os consumidores que pertencem ao grupo “A” ( alta tensão, ou seja, as indústrias e empresas de grande porte) a potência do sistema instalado restringe-se à demanda contratada que consta na conta de energia elétrica da própria unidade consumidora.

Em contra partida, os consumidores que fazem parte do grupo “B” ( baixa tensão, pequenos comércios e casas), a potência restringe-se à carga instalada da unidade consumidora.

Existindo a necessidade de instalação de um sistema gerador com potência superior a determinada anteriormente, o consumidor poderá requerer o aumento da demanda contratada.

### **2.3 Resolução 685 e as Novas Modalidades de Geração Solar**

No dia 24 de novembro do ano de 2015, a ANEEL estabeleceu a revisão do revisou a regulamentação do segmento de geração distribuída por uma nova Resolução Normativa nº 687 (Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, 2019).

Dentre as diferentes melhorias preconizadas, destacam-se a criação de três novas modalidades de geração distribuída, com vistas aos nichos de consumidores com possibilidade para o estabelecimento de negócios. Esta iniciativa corroborou para melhor acesso entre os novos clientes, dentre eles, os de geradores solares, ou seja, um incentivo ao sistema de energia solar (Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, 2019).

A modalidade com múltiplas unidades consumidoras poderão se agrupar e com isso, realizarem uma instalação de uma central. (Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, 2019).

A geração compartilhada, destina-se aos empreendimentos diversos, e ainda consente o agrupamento de 2 ou mais consumidores para a instalação do sistema (Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, 2019).

E autoconsumo remoto admite ao consumidor (CPF ou CNPJ), gerar sua própria energia com meios remotos, ou seja, fora do local onde será realizado o consumo. (Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, 2019).

Dentre as três modalidades empregadas, a geração de autoconsumo remoto contribuiu de maneira eficaz para que os consumidores pudessem unir o consumo de duas ou mais propriedades, e por conta disso, elevar a economia com o sistema de energia solar.

### **2.4 Energia solar fotovoltaica**

O sol configura-se como a principal fonte de energia para a superfície da Terra e pode ser empregada em uma diversidade de processos naturais e sintéticos, sendo o mais importante a fotossíntese, utilizada pelas plantas para capturar a energia solar e transformá-la em energia química (KALOGIROU, 2016). Ele é essencial para a maioria das formas de energia, que mesmo não a captando diretamente, tem na sua origem a energia solar. Alguns sistemas utilizam a energia



solar diretamente, um desses sistemas é o da energia solar fotovoltaica, que será tratado neste trabalho.

A energia solar fotovoltaica promove a conversão da radiação solar diretamente em eletricidade através dos módulos fotovoltaicos (PV). O sistema fotovoltaico não emite gases como, entre outros, o de efeito estufa. É uma energia que não acomete o meio ambiente (KALOGIROU, 2016).

A energia solar é a energia proveniente da luz e do calor que é aproveitada e utilizada por meio de diferentes tecnologias, principalmente o aquecimento solar, energia heliotérmica e arquitetura solar sendo considerada uma energia renovável e sustentável. Sua utilização já ocorre há mais de 100 anos mas vem se intensificando nas últimas duas décadas.

Já a energia solar fotovoltaica é a energia solar convertida em energia elétrica através de um sistema solar fotovoltaico composto por painéis solares, inversor solar, sistema de fixação das placas solares, cabeamento, conectores e outros materiais elétricos padrões.

Segundo Rocha et. al (2013) a sociedade demanda cada vez mais por energia “limpa” e nesse sentido é extremamente relevante encontrar alternativas que minimizem os impactos ao meio ambiente e concomitantemente possam promover o bem-estar da sociedade. A energia solar fotovoltaica é uma alternativa energética sustentável e promissora, e o Brasil possui características climáticas altamente favoráveis para a exploração dessa matriz (ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2017).

As basilares tecnologias empregadas nas células fotovoltaicas em três gerações. A primeira geração é dividida em dois subgrupos: silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), que correspondem a mais de 85% do mercado. Concebem essa fatia do mercado pois são tecnologias já estabelecidas e seguras, e por possuírem uma eficiência mais alta comparada a outras tecnologias. A segunda geração, experimentada como filmes finos, é dividida em subgrupos: silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe). Esta geração tem uma menor eficiência, e por conta disso, possui uma participação no mercado relativamente baixa. A terceira geração é desenvolvida pelos nano-PV, que usam revestimentos poliméricos e flexíveis com nano-materiais eletricamente condutivos. Ainda é uma tecnologia em pesquisa e desenvolvimento, que tem-se a

expectativa de que estejam disponíveis no mercado para competir com as outras tecnologias (PINHO; GALDINO, 2014).

Os módulos fotovoltaicos são compostos de materiais semicondutores, e, são caracterizados por possuírem uma banda de condução quase vazia, e sua banda de valência parcialmente cheia, possuindo uma zona proibida, conhecida como gap, menor que 3 eV (elétron-Volt). Materiais isolantes têm essa banda de condução vazia, em condições normais, pois seus gaps são largos, maiores que 3 eV, e sua banda de valência é totalmente preenchida de elétrons (Figura 5). Materiais condutores possuem bandas de valência relativamente vazias e a banda de condução pode apresentar alguns elétrons, categoria a que pertencem os metais (KALOGIROU, 2016).

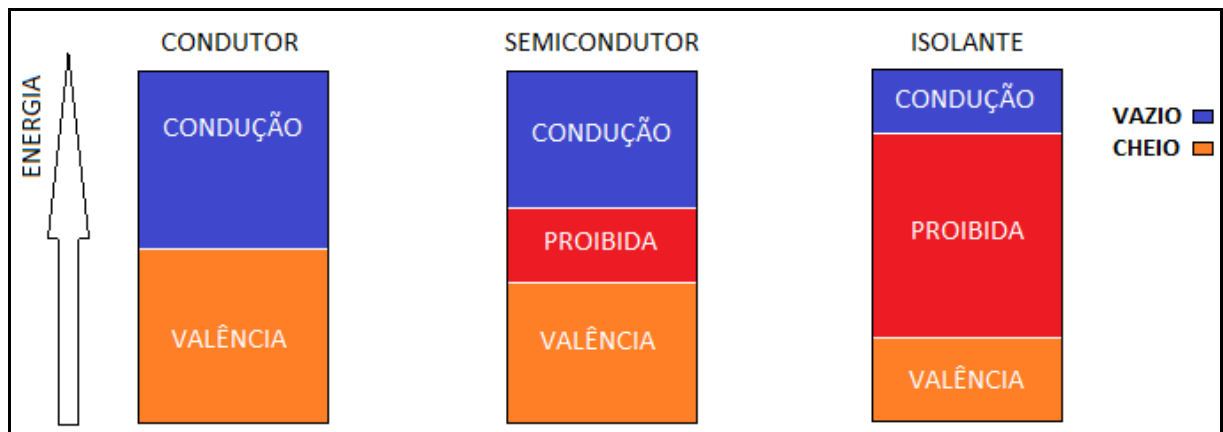


Figura 5: Estrutura das bandas de energia em condutor, semicondutor e isolante

Fonte: adaptado de BRAGA, 2008

Dentre os muitos benefícios da energia fotovoltaica, além da eminência da questão ambiental, podemos destacar o processo de sinergia com a questão da minimização da carga em conexão com o sistema de distribuição já existente uma vez que os picos de consumo de energia, notoriamente relacionados ao processo de climatização interna ( uso intensivo de aparelhos de ar condicionado) coincidem com os períodos de maior intensidade solar, ou seja, nos dias e horários particularmente mais quentes. Essa sinergia alivia a carga total em uso do sistema além de, adicionalmente, trazer ganhos de economia financeira num cenário de constantes e crescentes restrições orçamentárias para as despesas de manutenção das diversas unidades gestoras.

### **2.4.1 Funcionamento dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede**

O sistema fotovoltaico acomodado pelas regras da ANEEL é aquele que opera em equivalência com a distribuição pública de energia elétrica.

Os sistemas isolados são empregados em locais remotos, não atendidos por uma rede elétrica. Um sistema isolado é independente da rede elétrica, sendo a energia produzida geralmente armazenada em baterias. Podem ser utilizados em residências em zonas rurais, refúgios, ilhas, em iluminação pública, em sistemas de telecomunicações, e em qualquer lugar que a energia elétrica não esteja disponível. No contexto brasileiro, vários locais ainda carecem de atendimento por rede elétrica. Nessas localidades um sistema autônomo pode ser empregado.

Esse sistema é comumente composto de uma placa ou conjunto de placas fotovoltaicas, e ainda por um controlador de carga, uma bateria e por um inversor. O controlador de carga é imprescindível para propiciar o aumento da vida útil das baterias, que é dependente dos seus ciclos de carga e descarga. A vida útil de uma bateria estacionária de chumbo ácido está relacionada então com a profundidade de descarga como a seguir: 2500 ciclos: descarga de 10%, 1500 ciclos: descarga de 20%, 500 ciclos: descarga de 50%

Nas organizações militares os sistemas fotovoltaicos têm a vantagem de já poderem ser instalados em áreas já ocupadas, como por exemplo, nos telhados das instalações administrativas, coberturas de estacionamento de viaturas, tanto administrativas quanto operacionais; na qualidade de unidades de geração distribuídas.

A partir daí a conta de luz chega para você com dois valores: energia consumida e energia injetada.

### 3. METOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se por ser uma pesquisa que compreende um estudo retrospectivo, de natureza aplicada, de abordagem qualitativa, do tipo descritiva. Para tal, realizou-se uma revisão teórica do assunto, através da pesquisa bibliográfica a legislações, documentos e trabalhos científicos (artigos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses). Foi feito uma consulta ao sítio eletrônico da Agência Internacional de Energia.

Trata-se de uma pesquisa basicamente exploratória, na qual procurou-se utilizar o processo de revisão sistemática, que segundo Conforto, Amaral e Silva (2011) apresenta maior rigor e níveis de confiabilidade na pesquisa, devido ao método sistemático adotado para realizar buscas e analisar resultados além de possibilitar a repetição por meios cíclicos contínuos até que os objetivos da revisão sejam alcançados.

#### 3.1 TIPO E NATUREZA DA PESQUISA

A pesquisa quanto aos meios, bibliográfica, conforme Vergara (2009), permitindo-se conhecer os conceitos existentes e os estudos sobre o sistema fotovoltaico.

Quanto aos objetivos é considerada como exploratória, visto o propósito de criar maior familiaridade com o problema de pesquisa e; descritiva, por descrever as características do fenômeno estudado.

#### 3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O delineamento de pesquisa contemplou as fases de levantamento e seleção da bibliografia; coleta e análise dos dados; e conclusão, incluindo as respostas às questões de estudo, alcance dos objetivos e solução do problema de pesquisa formulado.

### 3.3 PROCEDIMENTOS PARA A REVISÃO DE LITERATURA

Os dados foram coletados nos sites da ANELL, bem como em base de dados como Scielo e Google Acadêmico, com destaque para os seguintes descritores: Energia. Fotovoltaica. Alternativa. Militares.

Critérios de inclusão: Estudos publicados em português.

Critérios de exclusão: Estudos que não sejam relacionados ao tema.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A população mundial tem crescido continuamente e é esperado que dobre até a metade deste século e, com o crescimento do desenvolvimento econômico, é esperado que a demanda mundial por energia também aumente. Se a população continuar degradando o meio ambiente, gerações futuras poderão ser duramente afetadas (KALOGIROU, 2016).

É de extrema importância que os setores como, indústria, população, governo, caminhem na mesma direção para combater essa degradação do nosso planeta. Sendo uma das soluções para o desenvolvimento sustentável as energias renováveis. Ainda é enorme a dependência mundial em combustíveis fósseis e o desafio da substituição para fontes de energia renovável é tão grande quanto (MOREIRA; MILLIKAN, 2012).

A energia solar fotovoltaica é uma das energias renováveis que mais cresce no mundo, porém ainda há muito o que avançar em sua tecnologia. Uma das questões que entram em discussão é a da eficiência dos painéis fotovoltaicos. Como otimizar a capacidade da captação de radiação solar do sistema fotovoltaico? Outra questão que entra em debate é a maneira que pode-se reduzir o custo de implementação de rastreamento solar em sistema de painéis fotovoltaicos.

Gama (2014) realizou um trabalho com foco em edificar um sistema fotovoltaico de baixo custo, mostrando a montagem sustentável de um módulo fotovoltaico. Outro trabalho nesse campo ainda encontrado é de Oliveira (2007), que implanta um protótipo de um sistema solar, de baixo custo e sem baterias. É possível encontrar também outro estudo envolvendo Arduino e sistemas fotovoltaicos, como o do Epifânio (2015), que avalia a corrente de saída do inversor de um sistema fotovoltaico, calculando os parâmetros necessários a um baixo custo. Trevelin (2014) e também Axaoupoulos e Fylladitakis (2013) fizeram estudos comparativos de técnicas de rastreamento solar fotovoltaico, os resultados.

A procura por novas fontes de energia e eficiência energética é de muita importância para todos. Tal abordagem se faz necessária para o crescimento ainda maior dessa tecnologia. O aumento da população mundial impacta em um maior consumo de energia elétrica, que em conjunto com a tentativa de redução dos gases de efeito estufa lançados ao meio ambiente essa procura se justifica ainda mais.

A energia solar fotovoltaica é parte importante desse processo, junto com outras fontes de energia renováveis, é fundamental para a redução do uso de combustíveis fósseis, que agredem o meio ambiente (SILVA; CÂNDIDO, 2015; KALOGIROU, 2016).

Os benefícios advindos da instalação e operação de sistemas de energia renovável podem ser separados em três grupos: economia de energia, que decorre da redução do consumo de energia elétrica e diesel; geração de novos empregos, pois novas tecnologias direcionam ao desenvolvimento de novas atividades de produção; diminuição da poluição ambiental, principal benefício desses sistemas, obtido devido a substituição dos combustíveis convencionais (SILVA e CÂNDIDO, 2015).

As estações do ano influenciam diretamente na produção de energia elétrica advinda da energia solar fotovoltaica. No verão é onde se tem os melhores índices da energia solar fotovoltaica, é a estação onde ocorrem os mais altos índices de irradiação, ou seja, é a estação que se obtém melhores resultados em termos de produção de energia elétrica.

A duração do dia também influencia na produção do painel fotovoltaico. Como a duração do dia no inverno é ligeiramente menor, a produção também será um pouco inferior. Porém como o Brasil está próximo a linha do Equador, essa variação entre a duração dos dias é mínima.

Segundo Engie (2017), no outono, um dos motivos que prejudicam a eficiência dos painéis fotovoltaicos é o sombreamento, e as sujeiras podem ser as causadoras dessa queda na produção. Tanto resíduos de pássaros, quanto o acúmulo de folhas que caem em algumas regiões ou acúmulo de poeira podem levar a uma queda de até 15% da produtividade.

Como já ressaltado, o valor da energia injetada será empregado para fins de crédito energético, e ainda poderá ser abatido do valor da energia consumida. O valor máximo para ser abatido será de 100% do valor da energia consumida. Ou ainda, o consumidor poderá gerar créditos, de modo que zere o consumo de energia vinda da distribuidora.

Algumas organizações militares já possuem projetos de geração de energia solar, dentre elas: Aeronáutica e Marinha.

Segundo a Agência da Força Aérea (2016), o empreendimento de aproveitar a energia solar para abastecer o consumo das unidades do Comando da Aeronáutica

poderá aliar-se aos demais órgãos da administração pública federal, já que segundo o então Comandante da Aeronáutica, Tenente-Brigadeiro do Ar Nivaldo Luiz Rossato, e o ministro de Minas e Energia, Fernando Coelho Filho, eles possuem áreas adequadas para a instalação das usinas e por conta disso, eles almejam empregar mais recurso da usina da energia solar nas nossas unidades. Em comparação com a Força Aérea dos Estados Unidos que possui 18 usinas solares, contabilizando em operação e ainda em desenvolvimento, difundidas por todo o país.

Os primeiros projetos para geração de energia sustentável são oriundas da construção de usinas fotovoltaicas (parques solares) em áreas da FAB para abastecer o consumo de energia elétrica em unidades no Rio Grande do Sul e em Anápolis (GO). A ideia abrange duas opções de contrato: permuta e compensação feitos com a iniciativa privada. Segundo o então Ministro, nos próximos anos, o uso de energia solar no Brasil expandirá em uma velocidade muito acelerada. Um dos ensejos é o acordo que o país assumiu na COP 21 (acordo internacional que busca manter o aquecimento global abaixo dos 2°C) de alargar as fontes renováveis de energia além da hídrica.

Na Marinha, a Agência da Capitania dos Portos de Tramandaí, situada no litoral norte do Rio Grande do Sul (RS), configurou-se como a organização militar pioneira no Brasil a empregar apenas a radiação solar para geração de energia elétrica. A organização alojou cerca de 75 painéis fotovoltaicas com capacidade de geração de 20 mil watts, o que acomodará uma economia de até 95% na conta de luz.

De acordo com o então Comandante da Agência, capitão de Corveta Darcy da Cunha Dalbon, a estrutura energética terá capacidade para suprir toda a demanda de consumo energético do local. E ainda deverá gerar créditos de energia em consonância com à rede da concessionária local, que permanecerão disponíveis para serem empregados por um prazo de até 60 meses.

Ao final da análise identifica-se que de um ponto de vista energético, é sempre positiva a aplicação de rastreadores solares a painéis fotovoltaicos, pois seu rendimento melhora substancialmente. O que pode dificultar a sua implementação é o aspecto financeiro, pois há custos extras de instalação e manutenção.

É cada vez mais importante a população se preocupar com o meio ambiente e os combustíveis que o agridem. Dessa forma surgem várias fontes de energia alternativas e são realizadas diversas reuniões globais para que os países estejam



dentro do limite de poluição aceitável. Nesse cenário a energia solar fotovoltaica se enquadra perfeitamente para a redução de emissão de poluentes.

## 5. CONCLUSÃO

O uso da energia solar fotovoltaica, bem como outras fontes de energia limpas, já é uma realidade em diversas partes do mundo e também no Brasil.

Uma maior difusão do seu uso poderá trazer um grande impacto positivo, tanto do ponto de vista econômico-financeiro quanto social ambiental considerando a amplitude de sua aplicabilidade e potencial de desenvolvimento em consonância com a crescente conscientização sobre as necessidades de preservação dos recursos naturais ainda disponíveis.

Nesse sentido, o Exército Brasileiro vem acompanhando essas mudanças que ocorrem principalmente no cenário internacional, com várias iniciativas práticas espalhadas por todo o território nacional, desde as áreas de fronteiras selvagens da região amazônica até aos grandes centros urbanos das regiões Sul e Sudeste.

Existe um enorme potencial para o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica no Brasil e o seu aproveitamento vem se consolidando com uma alternativa viável às fontes tradicionais.

Diante do acima exposto, conclui-se que o Brasil está adotando as políticas energéticas corretas, ainda que o processo como um todo possa ser acelerado e dentro desse contexto o Exército Brasileiro tem contribuído para o sucesso dessas iniciativas de forma cada vez mais pragmática e seguindo um caminho ainda mais promissor no médio e longo prazos.

Uma sugestão para trabalhos futuros seria analisar mais profundamente a influência da irradiação e da temperatura sobre o painel fotovoltaico, observando em um período maior de tempo, por exemplo um ano.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, Gabriela Gonçalves. Recursos Naturais Renováveis e Produção de Energia. **Revista Política Hoje** - 1ª Edição - Volume 23 - p. 193-215

BRAGA, Renata Pereira. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações**. Dissertação (Graduação) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

CONFORTO, E. C. Amaral, D. C., SILVA, s. Mi. da. (2011). Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. 8º Congresso brasileiro de gestão e desenvolvimento de produto – CBGDP, Porto Alegre, RS, Brasil. Recuperado em 12 de julho, 2019, de <http://vision.ime.usp.br/~acmt/conforto.pdf>

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA –EPE. Matriz Energética e Elétrica. Disponível em:< <http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>> . Acesso em: 12 de ago. 2019.

EPIFANIO, Gustavo Pacheco. **Monitoramento de Variáveis Elétricas de um Sistema Fotovoltaico com Arduino e Android**. Monografia (Graduação) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

GAMA, Jaqueline de Oliveira. **Painel Fotovoltaico de Baixo Custo**. Monografia (Graduação) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

HODGE, B. Keith. **Sistema e aplicações de energia alternativas**. São Paulo: LTC, 2011.

International Energy Agency (2017) . Statistic 2017. Recuperado em 12 julho, 2019, de <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsFromFuelCombustion2017Overview.pdf>

KALOGIROU, Soteris A. **Engenharia de Energia Solar: Processos e Sistemas**. 2.ed. Tradução de Luciana Arissawa. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. p. 1-120, 481-539.

LOPES, A. L. M., & Fracolli, L. A. (2008). Revisão sistemática de literatura e metassíntese qualitativa: considerações sobre sua aplicação na pesquisa de enfermagem. *Texto & Contexto Enfermagem*, 17 (4). Recuperado em 12 julho, 2019, de <http://www.redlyc.org/pdf/714/71411240019.pdf>.

MOURA, Mariangela de; MOTTA, Ana Lúcia Torres Seroa da. **O fator energia na construção civil**. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 1., 2013, Rio de Janeiro. **Anais...** out. 2013. p.12-23

NETO, Manuel Rangel Borges; CARVALHO, Paulo. **Geração de Energia Elétrica: Fundamentos**. São Paulo: Érica, 2012

OLIVEIRA, Carlos Antônio Alves de. **Desenvolvimento de um Protótipo de Rastreador Solar de Baixo Custo e sem Baterias**. Dissertação (Pós-Graduação) – Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007. 80p

PEREIRA, Thulio Cícero Guimarães. **Energias Renováveis: Políticas Públicas e Planejamento Energético**. Curitiba – COPEL, 2014.

PINHO, João Tavares et al. **Sistemas Híbridos: Soluções Energéticas para a Amazônia**. 1.ed. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 2014. 529p. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/downloads/livro-manual-de-engenharia-sistemas-fotovoltaicos-2014.pdf>>. Acesso em: 10 de set. 2019.

ROCHA, W. F., Junior, Shikida, P. F. A.; Souza, S. N. M. de & Zanella, M. G. (2013). O ambiente institucional e políticas para o biogás proveniente da sinocultura. *Revista Tecnologia e Sociedade*, 1, 72-82. Recuperado em 12 julho 2019, de <https://periódicos.Ufpr.edu.br/rt/article/view/2606>

SILVA, Sandra Sereide Ferreira da; CÂNDIDO, Gesinaldo Ataíde. Matriz energética limpa e renovável: um desafio para o Planejamento Energético Nacional e uma oportunidade para a Região Nordeste do Brasil. **Espacios. Vol. 36 (Nº 15) Año 2015**.

TOLMASQUIM, Mauricio T.; GUERREIRO, Amilcar; GORINI, Ricardo. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos estud. - CEBRAP**, São Paulo , n. 79, p. 47-69, Nov. 2007

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. The energy sector in Brazil: policy and Perspectives. **Estud. av.**, São Paulo , v. 26, n. 74, p. 247-260, 2012 .

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. 2.ed. São Paulo: Érica, 2015.

