

ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO
ESCOLA MARECHAL CASTELLO BRANCO

MAJ ART GUILHERME VENTURI GIANNOTTI

A Implantação de Usinas Fotovoltaicas nas Organizações Militares, nível Batalhão, do Exército Brasileiro: instalação, manutenção, eficiência energética, autonomia energética e venda do excedente.



Rio de Janeiro
2020

Maj Art GUILHERME VENTURI GIANNOTTI

A Implantação de Usinas Fotovoltaicas nas Organizações Militares, nível Batalhão, do Exército Brasileiro: instalação, manutenção, eficiência energética, autonomia energética e venda do excedente.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Ciências Militares.

Orientador: TC Art Maurício José Lopes de Oliveira

Rio de Janeiro
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sp Giannotti, Guilherme Venturi

A Implantação de Usinas Fotovoltaicas nas Organizações Militares, nível Batalhão, do Exército Brasileiro: instalação, manutenção, eficiência energética, autonomia energética e venda do excedente. / Guilherme Venturi Giannotti .--- 2020

f.: il. ; 30 cm.

Orientação: Mauricio José Lopes de Oliveira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares).

—Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2020.

Bibliografia: f.

1. ARTILHARIA 2. ENERGIA FOTOVOLTAICA 3. ORGANIZAÇÕES MILITARES 4.
EXÉRCITO BRASILEIRO I. Título CDD 355.45

Maj Art GUILHERME VENTURI GIANNOTTI

A Implantação de Usinas Fotovoltaicas nas Organizações Militares, nível Batalhão, do Exército Brasileiro: instalação, manutenção, eficiência energética, autonomia energética e venda do excedente.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Ciências Militares.

Aprovado em _____ de novembro de 2020

COMISSÃO AVALIADORA

Maurício José Lopes de Oliveira TC Art – Presidente
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

Ênio Corrêa de Souza TC Com– Membro
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

Adriano de Paula Fontainhas Bandeira Maj QEM– Membro
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, aos meus pais pela formação moral e pelos exemplos de vida, a minha esposa Danielle F. Venturi pelo apoio incondicional em todos os momentos e ao meu querido filho, Arthur Ferreira Venturi.

AGRADECIMENTOS

Ao Tenente-Coronel Maurício José, pela orientação segura, como também, pelo incentivo e pela confiança evidenciada em várias oportunidades. Sua dedicação se revestiu de capital importância para que eu pudesse realizar o trabalho com tranquilidade e eficiência.

Aos integrantes da Rede Elétrica Piquete Itajubá (REPI), a central hidroelétrica da IMBEL, a qual tive o prazer e a honra de chefiar nos anos de 2018 e 2019, pelo conhecimento técnico adquirido no exercício da minha função que muito me ajudou na execução do presente trabalho.

Aos meus pais, pelo exemplo de vida e dedicação integral à família. A dedicação de vocês foi fundamental para trilhar o meu caminho até o presente momento.

À minha esposa Danielle e meu filho Arthur, pela bênção e felicidade de poder conviver com vocês todos os dias, pelo amor, compreensão e incentivo de sempre.

RESUMO

O Brasil é o maior país da América do Sul, com dimensões continentais, tanto em termos terrestres como marítimo. A sua grande diversidade fisiográfica confere ao país uma elevada relevância geoestratégica. A geração elétrica de um país é de fundamental importância para o seu desenvolvimento econômico e social. Nesse contexto, o país busca diversificar a sua matriz energética, privilegiando, fontes renováveis e não poluentes, alinhado com os compromissos assumidos pelo Brasil com relação ao meio Ambiente. O presente estudo procura verificar a viabilidade e os benefícios da instalação de sistemas fotovoltaicos on grid, nas Organizações Militares do Exército Brasileiro. A participação da energia fotovoltaica é crescente na matriz elétrica brasileira. Desse modo, o Exército Brasileiro já apresenta estudos e discussões a respeito do assunto, inclusive algumas iniciativas, já são uma realidade na força. Foi elaborada uma introdução que objetivou ambientar o leitor sobre a importância da energia fotovoltaica no contexto atual, trazendo alguns conceitos relevantes. No desenvolvimento, foi apresentado uma noção geral dos sistemas fotovoltaicos, aspectos legais do assunto, tipos de sistemas, autonomia energética e venda do excedente e a simulação de um modelo fotovoltaico aplicado em uma Organização Militar. Por último, como conclusão, foram respondidas as questões de estudo envolvendo a viabilidade e os benefícios da implantação dos sistemas fotovoltaicos on grid nas OM do EB.

Palavras-chave: Sistemas Fotovoltaicos on grid; Viabilidade e Benefícios ; Simulação de um Modelo Fotovoltaico.

ABSTRACT

Brazil is the largest country in South America, with continental dimensions, both in terrestrial and maritime terms. Its great physiographic diversity gives the country a high geostrategic relevance. A country's electrical generation is of fundamental importance for its economic and social development. In this context, the country seeks to diversify its energy matrix, focusing on renewable and non-polluting sources, in line with Brazil's commitments regarding the environment. This study seeks to verify the feasibility and benefits of installing photovoltaic systems on grid, in the Military Organizations of the Brazilian Army. The share of photovoltaic energy is increasing in the Brazilian electrical matrix. In this way, the Brazilian Army already presents studies and discussions on the subject, including some initiatives, are already a reality in force. An introduction was elaborated that aimed to acclimate the reader about the importance of photovoltaic energy in the current context, bringing some relevant concepts. In the development, a general notion of photovoltaic systems, legal aspects of the subject, types of systems, energy autonomy and sale of surplus and the simulation of a photovoltaic model applied in a Military Organization was presented. Finally, as a conclusion, the study questions involving the feasibility and benefits of implementing on-grid photovoltaic systems in the OM of EB were answered.

Keywords: Photovoltaic systems on grid; Feasibility and Benefits; Simulation of a Photovoltaic Model.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	METODOLOGIA	13
3	REFERENCIAL TÉCNICO	14
3.1.	Radiação Solar	14
3.1.1.	Efeito Voltaico	15
3.1.2.	Célula Fotovoltaica	17
3.2.	Componentes do Sistema Fotovoltaico	18
3.2.1	Painéis solares.....	18
3.2.1.1	Células de silício monocristalino (Si-m).....	19
3.2.1.2.	Células de silício policristalino (Si-p).....	19
3.2.1.3.	Células de silício amorfo (Si-a).....	19
3.2.1.4.	Associação de Painéis Solares.....	19
3.2.2.	Inversores.....	20
3.2.3.	Conectores MC4.....	20
3.2.4.	Seguidores Solares.....	21
3.4.5.	Diodos.....	21
4.	CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	22
4.1.	Sistema fotovoltaico on-grid.....	22
4.1.1.	Venda do excedente de energia produzido.....	22
4.2.	Sistema fotovoltaico off-grid.....	24
5.	FATORES QUE ALTERAM O DESEMPENHO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	25
5.1.	Efeito da Irradiância Solar.....	25
5.2.	Efeito da Temperatura.....	25
5.3.	Resistência em Série (Rs).....	26
5.4.	Resistência em Paralelo (Rp).....	26
5.5.	Temperatura Nominal de Operação da Célula.....	26
6.	MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	26
6.1.	Manutenção do Conjunto.....	27
6.2.	Para sistemas Off Grid – Manutenção das baterias.....	27
6.3.	Manutenção do inversor e do controlador de carga.....	27

7.	REGULAMENTOS DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO BRASIL.....	28
7.1.	Obstáculos Regulatórios	30
7.2.	Requisitos de Acesso de Centrais Geradoras	30
8.	A IMPLANTAÇÃO DE USINAS FOTOVOLTAICAS NAS OM DO EB	31
8.1.	Amostra de Consumo Energético de OM	33
8.2.	O dimensionamento de um sistema fotovoltaico on grid de um GAC	36
9.	CONCLUSÃO	37
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
11.	ANEXO A RELATÓRIO MENSAL ENERGIA ELÉTRICA.....	44

1 INTRODUÇÃO

A sociedade do século XXI apresenta diversas demandas em diferentes áreas do conhecimento científico-tecnológico. Um dos desafios fundamentais para que sejam alcançados níveis de bem estar social e integração da atividade humana com o meio ambiente, é o desenvolvimento sustentável. Os propulsores da economia são capital investido, mão de obra e energia.

A geração de energia mundial está, majoritariamente, baseada na utilização de combustíveis fósseis. O petróleo e seus derivados, carvão e gás natural ainda ocupam em torno de 80% do consumo energético mundial. Esse modelo predominante tem inúmeros e relevantes impactos naturais, sendo necessário que a sociedade organizada construa um novo modelo energético, privilegiando o aproveitamento racional e sustentável de fontes não renováveis e renováveis de energia.

No Brasil, segundo o Banco de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL,2017), 61,7% da energia total gerada no país é proveniente de usinas hidrelétricas, demonstrando uma considerável dependência dos sistemas hidroelétricos, que apesar de renováveis, geram grandes impactos e nem sempre são viáveis.

No ano de 2001, último ano do governo Fernando Henrique Cardoso, o Brasil sofreu uma crise energética que ficou conhecida como o “apagão”. A falta de planejamento, investimento e excessiva dependência da fonte hidráulica foram os principais responsáveis pela crise, aliada à um período de chuvas escassas. O plano de contingência do governo contemplou a construção de usinas termoeletricas em detrimento de outras fontes renováveis.

Entre as energias renováveis, destaca-se a energia eólica, diversas aplicações de energia solar, como a fotovoltaica, energia solar termoeletrica, energia solar térmica e a energia solar passiva, pequenas centrais hidroelétricas, biomassa, células combustíveis e o aproveitamento da energia das ondas e marés. Entre as energias não renováveis que fazem parte da matriz de energia elétrica brasileira tem destaque os derivados de petróleo, gás natural, carvão e nuclear.

Uma das principais vantagens dos sistemas fotovoltaicos é o fato de poderem ser construídos próximos a grandes cidades, oferecendo mais praticidade e redução nas perdas, uma vez que não são necessárias longas linhas de transmissão, além de ter fácil e prática instalação (CALIJURI;CUNHA, 2013).

Ainda de acordo com Calijuri; Cunha (2013) durante a operação das usinas, a energia solar é uma das fontes renováveis de menor impacto, uma vez que não emite poluição nem ruído no

meio ambiente. Além disso, por conta de sua localização geográfica, o Brasil tem uma grande disponibilidade de energia solar.

Nos últimos cinco anos, o panorama internacional da geração fotovoltaica sofreu uma mudança enorme. Houve grandes aumentos na capacidade de produção e um movimento de fabricação de módulos fotovoltaicos de países europeus e do Estados Unidos para a Ásia, principalmente na China. Neste cenário, os preços de mercado foram reduzidos drasticamente, como o exemplo dos módulos fotovoltaicos que reduziram em 5 vezes os seus preços, enquanto que para os inversores a redução foi em cerca de 3 vezes o seu valor, tornando-se a fonte fotovoltaica cada vez mais competitiva e exequível.

Nos últimos dez anos, houve um crescimento da capacidade instalada acumulada da geração fotovoltaica a uma taxa média de 49% ao ano. Na Figura 1 podemos notar que este crescimento ficou mais próximo da média anual nos dois últimos anos.

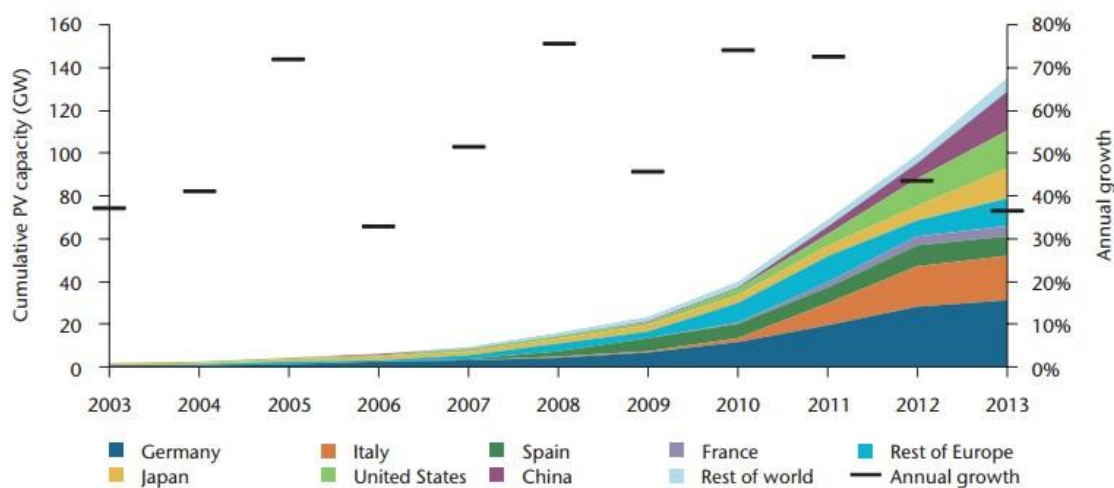


Figura 1 - Crescimento acumulado da capacidade fotovoltaica Fonte: disponível em : <https://www.iea.org/media/freepublications/technologyroadmaps/solar/TechnologyRoad>

O Exército Brasileiro possui Organizações Militares em todo território nacional. Atualmente, o EB tem um quadro efetivo de aproximadamente 200.000 militares, o que faz com que o consumo energético do mesmo seja elevado.

De acordo com Sandrini (2019), com advento das mudanças e novidades tecnológicas, os militares modernizaram seus equipamentos, utilizando cada vez mais a informatização e automatização de atividades administrativas e operacionais. Com aumento do uso de aparelhos eletroeletrônicos temos o aumento do gasto com eletricidade, assim como gastos com instalações e manutenções.

Ainda de acordo com Sandrini, o custo da energia sofre aumentos constantes, o valor despendido com as concessionárias de energia elétrica aumentou, no entanto, a previsão orçamentária não cresceu na mesma proporção.

O EB fica então dependente dos problemas provenientes ao consumo de energia, tendo muitas vezes que fazer adaptações nas atividades a fim de adequar o orçamento aos altos gastos com energia. Fato que pode prejudicar o preparo da Força Terrestre e gerar transtornos administrativos para os comandantes militares.

Sendo assim, é fundamental a racionalização dos gastos com energia elétrica, sem o comprometimento das atividades militares. O trabalho pretende propor, através de levantamento bibliográfico, a sugestão de implementação de unidades fotovoltaicas tornando as unidades independentes e com possibilidade de venda na energia excedente.

2. METODOLOGIA

A pesquisa realizada no presente trabalho será qualitativa, explicativa, documental e de campo. Qualitativa porque pretende se aprofundar nas questões técnicas envolvidas na geração da energia fotovoltaica, nos aspectos legais envolvidos na instalação de um empreendimento fotovoltaico e na aplicabilidade dessa geração de energia nas Organizações Militares do Exército Brasileiro, privilegiando as análises de documentos. Explicativa porque visa justificar a adoção do modelo de geração fotovoltaica no âmbito do EB, apresentando as vantagens deste sistema de geração.

O caráter documental fica evidenciado na análise de trabalhos referentes ao tema, nos documentos técnicos que envolvem o assunto, na legislação em vigor, inclusive no que tange à impostos, dessa forma, gerando subsídios para compreender o sistema de geração fotovoltaico e sua possível utilização no EB.

O trabalho de campo no presente trabalho é de fundamental importância. O mesmo pretende gerar uma amostra real do consumo elétrico das OM, de nível Unidade, do EB, o que servirá para simular um sistema fotovoltaico aplicado, desta forma caracterizando a aplicabilidade do trabalho, apresentando custos de implantação, área de instalação dos painéis fotovoltaicos, quantidade de painéis, período em que o sistema cobrirá os seus gastos, entre outros.

Quanto às limitações da metodologia, o principal óbice visualizado poderá ser as possíveis divergências sobre o assunto e a viabilidade de instalação proposta. Mesmo diante das possíveis limitações, crê-se que a metodologia escolhida é a mais adequada e possibilitará

o alcance do objetivo final deste trabalho.

A seguir, será analisada a implementação de usinas fotovoltaicas nas OM do EB, destacando aspectos técnicos, a legislação relativa ao assunto, sistemas on grid e off grid, a manutenção do sistema, o consumo elétrico nas OM e a simulação de um sistema aplicado, concluindo sobre as vantagens do sistema apresentado e as principais vantagens e óbices.

3. REFERENCIAL TÉCNICO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

O conhecimento técnico que envolve os sistemas fotovoltaicos é de grande importância para alguns elementos dentro de uma OM. O comandante da OM, como principal responsável pelos processos e projetos de sua OM deve conhecer o sistema para ter condições de tomar decisões com maior segurança e certeza, o fiscal administrativo estará ligado diretamente a todas as etapas do processo, desde sua implantação até nas questões relacionadas à manutenção do sistema e, se for o caso, a venda do excedente gerado. Por fim, é de grande relevância aos membros da Seção de Aquisição Licitações e Contratos (SALC) o conhecimento do sistema, uma vez que esses militares terão melhor capacidade de elaborar os editais, especificar os componentes do sistema de maneira correta e detalhada, evitando compras errôneas e desperdícios.

3.1 RADIAÇÃO SOLAR

De acordo com COGEN (2012): A atmosfera terrestre é atingida anualmente por $1,5 \times 10^{10}$ elevado à 9 TWh de energia solar, correspondendo a 10.000 vezes o consumo de energia mundial neste período. Além de ser responsável pela manutenção da vida na Terra, a radiação solar é uma inesgotável fonte de energia, havendo potencial de utilização por meio de sistemas de captação e conversão em outras formas de energia, como térmica, elétrica, e etc.

De acordo com GREENPO (2004), a intensidade de radiação solar fora da atmosfera depende da distância entre o Sol e a Terra durante o decorrer do ano que pode variar entre $1,47 \times 10^8$ Km (Periélio) e $1,52 \times 10^8$ Km. A irradiação deve variar entre 1.325 W/m^2 e 1.412 W/m^2 . O valor médio é designado por constante solar, $EO = 1.367 \text{ W/m}^2$. [6] No entanto, a atmosfera reduz a radiação solar que incide na superfície da Terra através de fenômenos como reflexão, absorção (ocasionadas principalmente por ozônio, vapor d'água, oxigênio e dióxido de carbono) e dispersão (provocada por partículas de pó e poluição).

Ainda de acordo com GREENPO (2004), o nível de irradiância na Terra atinge um total aproximado de 1.000 W/m^2 ao meio-dia, em boas condições climáticas, independentemente da localização. Ao adicionar a quantidade total da radiação solar que incide na superfície terrestre durante o período de um ano, obtém-se a irradiação global anual, medida em kWh/m^2 . Dentro do contexto abordado, não se poderia deixar de analisar o potencial de energia solar no Brasil, que por ser um país predominantemente tropical tem características favoráveis em termos do recurso energético solar.

Podemos afirmar que por estar mais próximo a linha do Equador, as regiões do Nordeste do Brasil, apresentam maior constância de recurso solar ao longo do ano.

Na figura 2, podemos observar os fatores que influenciam no valor da radiação solar ao entrar em contato com a atmosfera.

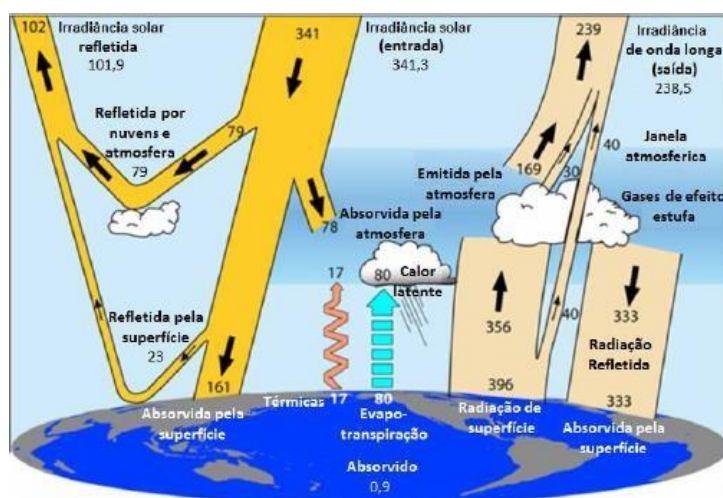


Figura 2: Fatores que influenciam no valor da radiação solar ao entrar em contato com a atmosfera.
Fonte: Disponível em http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2004.pdf.

3.1.1 Efeito Fotovoltaico

O funcionamento de uma célula fotovoltaica se dá através do efeito fotoelétrico, conhecido também como efeito fotovoltaico por alguns autores, no qual a energia é absorvida por elétrons do material. O físico francês Edmund Becquerel, em 1939, foi o primeiro a descrever este fenômeno. Ele observou que uma pequena corrente elétrica era gerada ao expor certos materiais à luz, trabalhando com células eletrolíticas. Albert Einstein, em 1905, descreveu a natureza da luz e do efeito fotoelétrico. Percebendo que o efeito fotoelétrico só era possível se a energia da onda eletromagnética estivesse contida em pacotes pequenos de energia, que posteriormente seriam chamados de fótons por Gilbert Lewis, em 1926.

As células fotovoltaicas produzem energia por meio da constante agitação de elétrons, gerada pela incidência de luz, em um circuito elétrico, sem que ocorra o seu armazenamento (DO NASCIMENTO, 2004).

De forma mais didática Villalva (2010) explica que o funcionamento do sistema está relacionado com a incidência solar nos módulos fotovoltaicos, onde os fótons devem possuir energia suficiente para criar uma excitação dos elétrons do material semicondutor empregado na produção das placas e, conseqüentemente, gerar uma corrente elétrica no circuito fechado. Basicamente, o painel fotovoltaico absorve a luz solar e a transporta, convertendo, em função do material que é empregado, o potencial de luminosidade em energia elétrica.

De acordo com Campos et al (2010), o material semicondutor mais utilizado na produção de células fotovoltaicas é o silício, segundo material mais abundante do planeta Terra, sendo ele explorado sob diversas formas, destacando-se o monocristalino, o policristalino e o amorfo. A maior eficiência energética considerando toda a cadeia de produção se dá com a utilização do silício amorfo, por se tratar de um filme fino e, assim, necessitar de uma menor quantidade de energia na fabricação das células.

Ghensev (2006), reforça a predominância do silício, afirmando que a produção em larga escala de painéis solares mantém seu foco em dois materiais específicos, o Silício amorfo (Si-a) e o Silício Cristalino, sendo este utilizado na forma Policristalina (Si-p) e Monocristalina (Si-m).

Conforme Esposito e Fuchs (2013), cerca de 80% dos painéis fotovoltaicos produzidos e comercializados no mundo utilizam o silício cristalino como matéria prima, dominando o mercado atual, em que os painéis de filmes finos apresentam uma parcela que representa menos de 20% das vendas dessa tecnologia.

Rampinelli (2007) afirma que na natureza existem materiais que são classificados como semicondutores, caracterizados por possuir uma banda de valência preenchida totalmente por elétrons e uma banda de condução com ausência de elétrons em baixas temperaturas. A separação entre estas bandas de energia, conhecida como gap de energia é da ordem de 1eV, enquanto que para os materiais isolantes, esse valor de gap é inúmeras vezes maior. O material semicondutor mais utilizado é o Silício, cujo átomo possui quatro elétrons na camada de valência, formando uma rede cristalina na ligação com as vizinhas.

Zilles, R. et al (2012) descrevem que a partir de um silício puro, se em uma metade ele for dopado com Boro enquanto que em outra metade ele for dopado com átomos de Fósforo, teremos a formação de junção pn. Ocorre é que os elétrons livres no lado tipo n se deslocam para o lado tipo p ao encontro das lacunas que os capturam, com isso o lado p fica negativamente

carregado devido a acumulação dos elétrons, enquanto que no lado n devido à redução no número de elétrons fica positivo. Com esse conjunto de cargas cria-se um campo elétrico que dificulta a passagem do lado n para o lado p até que o campo elétrico alcance o equilíbrio, gerando uma barreira para os elétrons remanescentes no lado n.

Uma junção pn ao ser exposta a fótons com energia maior que o gap, gera pares elétron-lacuna. Isso ocorrendo na região onde o campo elétrico é diferente de zero acelera as cargas, gerando uma corrente através da junção. Este deslocamento de cargas gera uma diferença de potencial chamada efeito fotovoltaico. Se as duas extremidades de Silício fossem conectadas a um fio haveria deslocamento de elétrons.

O efeito fotovoltaico também denominado efeito fotoelétrico, representa o mecanismo de funcionamento de uma célula fotovoltaica.

3.1.2 Célula Fotovoltaica

É a menor estrutura do sistema fotovoltaico, a mesma é responsável pela conversão de energia solar em energia elétrica, sua eficiência é determinada pela tecnologia empregada e pelo material utilizado em sua fabricação.

De acordo com Souza (2019), são usadas tradicionalmente 36, 60 ou 72 células fotovoltaicas interligadas em série para montar um painel fotovoltaico (Módulos Fotovoltaicos). A energia gerada pelos painéis fotovoltaicos é chamada de energia solar fotovoltaica. Ainda, a eficiência de uma célula fotovoltaica é a quantidade de energia elétrica que a célula fotovoltaica é capaz de produzir por 1m^2 durante 1 hora de funcionamento em condições de laboratório ($\text{STC} = 25^\circ\text{C} - 1000\text{W}/\text{m}^2 - 1.5\text{AM}$), ou seja, uma célula fotovoltaica de 18% de eficiência consegue produzir em condições de laboratório 180Watts por 1m^2 em 1 hora. Uma de 15% consegue produzir 150Watts e daí por diante.

O Silício Cristalino e os Filmes finos, classificados em silício amorfo hidrogenado, entre outras tecnologias, tais como o Telureto de Cádmio e o Disseleneto de Cobre e Índio, são os semicondutores mais apropriados à conversão da luz solar. Sendo, mais sensíveis e gerando o maior produto corrente tensão para luz visível, uma vez que a maior parcela de energia fornecida pelos raios do sol está dentro da faixa visível do espectro.



Figura 3 – Estrutura de uma célula cristalina fotovoltaica
 Fonte: disponível em <https://www.apolar.com.br/blog/?p=4787>

Para a transformação do material semiconductor em célula fotovoltaica há todo um processo. De maneira geral, o semiconductor passa por uma etapa de purificação, e em seguida etapa de dopagem, através da introdução de impurezas, dosadas na quantidade adequada.

Nem toda energia solar incidente é aproveitada, e toda energia contida nos outros comprimentos de onda se transformará basicamente em calor dentro do painel.

A radiação solar gera aumento de temperatura dos módulos fotovoltaicos que alcançam, em condições acima do normal, cerca de 70 graus.

3.2. Componentes de um sistema fotovoltaico

3.2.1 Painéis solares

Um painel solar tem sua composição feita com a conexão de várias células fotovoltaicas que, após interligadas, resultam em um significativo aumento na capacidade de produção de energia elétrica do módulo solar e são o local de ocorrência do efeito fotovoltaico (HERMANN; CAMARA, 2016).

De acordo com Shayani; Oliveira e Camargo (2006), os painéis fotovoltaicos possuem a maior expectativa de vida útil do sistema, podendo chegar a 30 anos quando conectados à rede distribuidora, em relação aos demais componentes que possuem garantia de eficiência até o décimo ano de seu ciclo de funcionamento e devem ser dimensionados considerando sua substituição no decorrer da vida útil do sistema.

A concessão dos fabricantes de equipamentos é de 25 anos de garantia para os módulos solares fotovoltaicos, ainda que a vida útil estimada supere este prazo. (MACHADO; MIRANDA, 2014).

3.2.1.1 Células de silício monocristalino (Si-m)

Representam a maior parcela de produção de painéis fotovoltaicos, em que cerca de 60% das células são produzidas em silício monocristalino em função da sua uniformidade molecular, por se tratar de um único cristal, e da consequente potencialização do efeito fotovoltaico na utilização deste material. Ainda que atinja cerca de 24% em laboratório, seu rendimento é reduzido para aproximadamente 15% em campo (CASTRO, 2007).

3.2.1.2 Células de silício policristalino (Si-p)

A produção de células de silício policristalino se dá por meio de um processo de fusão do silício em sua pureza, em que ele é fundido em moldes e esfria lentamente, solidificando-se. Tem estrutura é constituída por um grande número de minúsculos cristais e sua formação molecular dificulta a agitação dos elétrons, o que reduz o seu rendimento prático para cerca de 12%. (FREITAS, 2008).

3.2.1.3 Células de silício amorfo (Si-a)

Alonso; García e Silva (2013), em uma revisão realizada pela Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (ONUDI), afirmam que células solares de silício amorfo possuem um processo de fabricação simplificado e um rendimento menor que o dos painéis cristalinos, em função da desordem na organização dos átomos e na maior dispersão da estrutura molecular, quando comparada aos modelos cristalinos. Por sua menor espessura, os painéis são classificados como filmes finos. Células de silício amorfo são muito utilizadas em pequenos produtos, tais como: relógios e calculadoras. Essas células apresentam melhores desempenhos quando expostas a altas temperaturas, em função da sua melhor reação à luz difusa e à fluorescente (FREITAS, 2008).

3.2.1.4 Associação de Painéis Solares

Um painel fotovoltaico é um conjunto de módulos fotovoltaicos eletricamente ligados entre si, que fornecem determinado potencial, e geralmente estarão ligados a um dispositivo de condicionamento de potência e/ou controle. Dificilmente um único módulo fotovoltaico será suficiente para constituir o painel fotovoltaico de um sistema fotovoltaico. (Souza,2019)

Na associação em série, os módulos terão a sua tensão somada, sendo que a tensão do painel será a tensão de todos os módulos somados. De forma similar a associação em paralelo teremos as somas das correntes de cada painel solar, a corrente total será a soma da corrente de módulo individual.

Ainda segundo Souza (2019), na maioria dos casos, será necessário associar os módulos em série para alcançar a tensão nominal do sistema e também em paralelo para alcançar a potência-pico calculada no projeto.

3.2.2 Inversores

Em sistemas on-grid, a corrente contínua (CC) gerada pela central fotovoltaica não pode ser fornecida diretamente à rede de distribuição, que trabalha com corrente alternada (CA). A conversão das correntes é realizada pelos inversores, que são os aparelhos responsáveis por aproximar as características da corrente produzida às da fornecida pela rede elétrica. O rendimento desses aparelhos é definido de acordo com a perda de energia que ocorre na conversão, em que os modelos mais eficientes do mercado - com rendimentos superiores a 95% - devem sempre ser adotados, evitando assim perdas desnecessárias (BRANDÃO, 2009).

As perdas no rendimento de um inversor, denominadas perdas de autoconsumo, estão relacionadas com o seu funcionamento, sendo os maiores percentuais apresentados quando o inversor é submetido a um rendimento muito inferior à sua capacidade, ou seja, o superdimensionamento de um inversor pode ocasionar maiores percentuais de perda e contribuir para a inviabilidade do sistema. Valores típicos de perda de autoconsumo para inversores variam entre 1 e 4%, ao passo que os modelos de destaque disponíveis no mercado trabalham com aproveitamento energético acima de 99% (MACÊDO, 2006).

3.2.3 Conectores MC4

Objetivando facilitar a composição dos arranjos em série e em paralelo, utiliza-se, em sistemas fotovoltaicos, um conector específico, denominado conector MC4. O conjunto é composto por plugue macho e um plugue fêmea, que ampliam a praticidade e a agilidade nas instalações (LOSSIO, 2015).



Figura 4 - Conector MC4

Fonte: Disponível em <https://ccee.co/blog/energia-solar-fotovoltaica/lo-que-debes-saber-sobre-los-conectores-mc4>

3.2.4 Seguidores solares

De acordo com Oliveira (2008), seguidores solares são peças utilizadas para orientar os painéis fotovoltaicos para a direção de maior incidência de raios solares, com o intuito de permanecerem sempre voltados para a melhor posição conforme o dia, hora, azimute e declividade terrestre e, assim, amplificar o rendimento do sistema. Eles são alimentados com informações geográficas e/ou sensores ópticos e definem sua posição conforme a determinação de sistemas eletrônicos de gerenciamento. Sua aplicação é eletiva, sendo utilizados, geralmente, em instalações com características distintas das tradicionais.

3.2.5 Diodos

A utilização de diodos tem a finalidade de proteger os módulos fotovoltaicos e garantir seu pleno funcionamento, sendo os diodos by-pass (de desvio) utilizados para associações de placas em série, isolando uma placa avariada ou sem incidência solar a fim de evitar que todo o sistema seja comprometido. Este modelo de diodo é geralmente ligado em paralelo, desviando a corrente produzida pelos módulos que estão em funcionamento. Já os diodos de fileira são adotados com o intuito de evitar a inversão da corrente entre as fileiras e os eventuais curtos-circuitos. (CARNEIRO, 2010).

4. CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

4.1 Sistema fotovoltaico on-grid

De acordo com Zanotto (2014), nos sistemas conectados à rede distribuidora, a corrente contínua gerada pelos painéis fotovoltaicos instalados com face para o norte, geralmente no telhado das edificações é transmitida para um inversor grid-tie (conectado à rede), que converte a corrente contínua gerada pelo circuito elétrico em corrente alternada, sistemática utilizada pelos dispositivos elétricos residenciais. A energia convertida é fornecida aos equipamentos da residência ao mesmo tempo que o excedente é disponibilizado à distribuidora, passando por um relógio de medição bidirecional.

O medidor da concessionária registra a quantidade de energia gerada pelo sistema instalado na residência e o quantitativo por ela consumido, sendo a diferença entre os valores cobrada ou creditada pela distribuidora ao final de cada mês.

Na visão de Câmara (2011), os sistemas on-grid não utilizam armazenamento de energia pois toda a geração é entregue diretamente na rede. Sistemas fotovoltaicos interligados à rede elétrica representam uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual estão conectados. Todo o arranjo é conectado em inversores e estes fazem a interface com a rede elétrica.

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (SFCR) podem ser de grande porte (as centrais fotovoltaicas) ou de pequeno porte (descentralizada e instalada em edificações urbanas). (Câmara, 2011, p.32)

Com relação às grandes centrais fotovoltaicas, a mesma fornece a potência à rede elétrica instantaneamente por meio de um ou mais inversores e transformadores. Esses sistemas utilizam inversores comutados pela rede para evitar a operação isolada, e em geral, são equipamentos com seguidor de ponto de máxima potência.

Ainda segundo Câmara (2011), as grandes centrais fotovoltaicas conectadas à rede têm a desvantagem de, por ocuparem grandes áreas, estarem geralmente afastadas do centro de consumo, necessitando de sistema de transmissão e distribuição até o ponto de consumo.

4.1.1 Venda do excedente de energia produzido

Nos sistemas interligados a rede de distribuição de uma concessionária, o projeto pode atender parte da energia consumida, desta forma haverá uma eficiência energética e o

empreendedor ainda irá custear a diferença entre o gerado e o consumido. Caso o projeto contemple o número de painéis necessários para atender a todo o consumo, o empreendimento terá autonomia energética, um pequeno residual poderá ser cobrado ou um excedente será creditado na conta do mês seguinte, este modelo é o mais comum no modo de produção distribuída, instalado em residências ou pequenos comércios.

Diferentemente dos modelos anteriores, o projeto do sistema fotovoltaico pode contemplar toda a energia demandada pelo empreendimento e ainda, ter a capacidade de gerar uma grande quantidade de energia não consumida, neste modelo, o excedente será comercializado.

De acordo com os Leilões de Geração, publicado em 2015 no site da ANEEL disponível em : <https://www.aneel.gov.br/geracao4>. Acesso em 29 de março de 2020: A partir de 2004, com a edição da Lei n. 10.848, de 15 de março de 2004, e do Decreto n. 5.163, de 30 de julho de 2004, que regulamentou a comercialização de energia elétrica e o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, ficou estabelecido que as concessionárias, as permissionárias, e as autorizadas do serviço público de distribuição de energia do Sistema Integrado Nacional (SIN) deveriam garantir, por meio de licitação, na modalidade de leilão, o atendimento à totalidade de seu mercado no Ambiente de Contratação Regulada (ACR).

Com vistas à execução dessas contratações, a legislação estabeleceu que os leilões seriam regulados e realizados pela ANEEL, observado o disposto no [art. 3º e 3º-A da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996](#), com a redação dada pela Lei n. 10.848/2004. Tal delegação incluiu a faculdade de a ANEEL promovê-los diretamente ou por intermédio da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

Para melhor compreensão da venda do excedente produzido vamos abordar o exemplo da Rede Elétrica Piquete Itajubá (REPI), a Pequena Central Hidroelétrica (PCH) da Indústria de Material Bélico do Brasil (IMBEL), localizada na cidade de Wenceslau Brás e subordinada à Fábrica de Itajubá (FI). Em que pese se tratar de uma PCH, os procedimentos para a venda da energia elétrica excedente são os mesmos aplicados à uma usina fotovoltaica interligada à rede.

No mês de maio de 2020, a REPI produziu toda energia necessária para atender a demanda da FI e ainda teve uma produção excedente de 801,389 MWh, esse valor foi comercializado na CCEE, por intermédio da empresa ENECEL, e teve um faturamento de 79.950,45 reais.

Cabe ressaltar que essa venda do excedente, no caso de uma OM, poderá ser feita por uma empresa contratada ou diretamente pela SALC da OM, trata-se de uma decisão de

comando do comandante da OM em passar esse encargo adicional à SALC ou não, como foi visto no exemplo da REPI, a empresa optou por terceirizar esse serviço através da ENECEL, que cobra 8% da venda pelo serviço prestado. Em anexo ao presente trabalho consta o Relatório Mensal de Energia Elétrica do mês de Maio de 2020 da REPI, com o objetivo de facilitar o entendimento sobre a venda do excedente da energia elétrica gerada.

4.2 Sistema fotovoltaico off-grid

De acordo com Câmara (2011), os sistemas isolados, em geral, utilizam-se alguma forma de armazenamento de energia. Este armazenamento pode ser feito através de baterias, quando se deseja utilizar aparelhos elétricos, ou armazenar-se na forma de energia gravitacional quando se bombeia água para tanques em sistemas de abastecimento. Alguns sistemas isolados não necessitam de armazenamento, o que é o caso da irrigação onde toda a água bombeada é diretamente consumida ou estocadas em reservatórios.

O painel fotovoltaico para sistemas autônomos é configurado para fornecer tensões ente 12 e 48 volts, sendo as tensões de 12 V e 24 V as mais comuns, enquanto a tensão de 48 volts é utilizada para sistemas maiores. O painel fotovoltaico de um sistema off-grid é dimensionado para fornecer o potencial elétrico para um dia médio de uso, a energia gerada será armazenada em baterias ou consumida imediatamente, o sistema ainda pode ser conjugado com geradores movidos à diesel. Cabe ressaltar que esse modelo de sistema fotovoltaico pode ser implantado nas Organizações Militares isoladas dos centros urbanos desprovidos de rede elétrica, como os pelotões de fronteira.

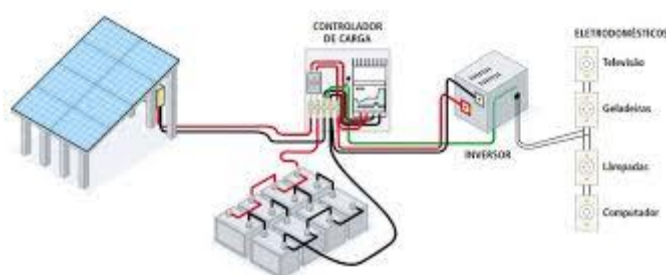


Figura 5- Componentes do sistema fotovoltaico Off grid
Fonte: CRESEB (2014)

5. FATORES QUE ALTERAM O DESEMPENHO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

As características elétricas que são apresentadas nos módulos fotovoltaicos, se referem a ensaios feitos em condições padrão. No entanto, em condições meteorológicas reais, essas características podem variar de acordo com a irradiância solar e com a temperatura atingida pela célula. Essas alterações podem ser verificadas pelo desempenho de um módulo.

5.1 Efeito da irradiância solar

É o efeito mais importante para o quantitativo de energia que está sendo gerada no sistema. A irradiância solar influencia diretamente na corrente elétrica fotogerada. Considera-se praticamente linear a variação da corrente curto-circuito com a irradiância solar. O que não ocorre com a tensão nos terminais do módulo, pois apesar de ser diretamente proporcional à irradiância, a variação não é linear, isso considerando que a temperatura do módulo permaneça constante, fato que não acontece em situações reais se houver variação da irradiância solar.

5.2 Efeito da Temperatura

A temperatura atingida pelas células fotovoltaicas é um outro fator que influencia diretamente o desempenho dos módulos fotovoltaicos. O aumento da temperatura resulta em pequeno aumento da corrente foto gerada, porém causa diminuição da tensão de saída do módulo. A diminuição da tensão, com o aumento da temperatura é mais expressiva do que o aumento da corrente, e pelo fato da geração de energia estar relacionada ao produto tensão pela corrente (potência), o aumento da temperatura dos módulos implicará em uma perda de geração de eletricidade. A grande questão é que, para geração fotovoltaica, o elemento mais importante é a irradiância solar.

Índices altos de irradiância, resultam no aumento natural da temperatura dos módulos, permitindo concluir que se forem comparadas a geração fotovoltaica de duas regiões com mesma irradiância solar e diferentes temperaturas ambiente, para um mesmo tipo de módulo fotovoltaico, a localidade com temperatura mais baixa apresentará uma maior geração de eletricidade.

5.3 Resistência em série (R_s)

Se trata de um elemento existente, necessariamente, nos módulos fotovoltaicos devido a sua configuração elétrica, como exemplo podemos citar, resistência à passagem de corrente nos dedos da grade metálica, a resistência de contato entre o metal e o semicondutor e a resistência devido às ligações entre as células que compõem o circuito elétrico do módulo fotovoltaico.

Portanto, se espera que um número maior de células fotovoltaicas associadas em série, implicará numa maior resistência em série. Em se tratando do desempenho de módulos fotovoltaicos, o aumento da resistência em série implicará diretamente na redução de potência dos mesmos.

5.4 Resistência em Paralelo (R_p)

É utilizado nos módulos fotovoltaicos na tentativa de impedir as correntes de fuga. Um módulo ideal deveria ter resistência paralela infinita, pois valores baixos causam uma queda na potência fornecida pelo dispositivo fotovoltaico devido ao caminho alternativo que a corrente elétrica fotogerada pode tomar.

5.5 Temperatura Nominal de Operação da Célula

As condições padrão (STC), na maioria das vezes, não condizem com as condições reais nas quais os módulos se encontram quando expostos ao Sol. São as propriedades térmicas e ópticas do material das células que irão determinar a sua temperatura nominal de operação (NOCT – Nominal Operating Cell Temperature). Tal temperatura é obtida com o módulo em circuito aberto, exposto a uma irradiância de 800W/m^2 , a uma temperatura ambiente de 20°C e velocidade do vento de 1m/s . Geralmente, a temperatura nominal de uma célula está entre 40°C e 50°C e quanto menor ela for, melhor será o desempenho do módulo.

6. MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Após a instalação, é muito importante a manutenção dos sistemas fotovoltaicos. A verificação deve ser permanente, e os níveis devem estar sempre operando de forma ideal.

O monitoramento constante e inspeções visuais permitem reparos preventivos, gerando economia.

Os sistemas fotovoltaicos isolados (off-grid) são os que mais precisam de manutenção e inspeções de rotina constantes, uma vez que esses sistemas possuem baterias que armazenam a energia gerada durante o período de irradiação solar.

6.1 Manutenção do Conjunto

A manutenção dos sistemas fotovoltaicos deve ser feita mensalmente ou trimensalmente, dependendo das condições locais e desempenho. Devem ser verificados os conjuntos em busca de sujeira e detritos, que devem ser limpos de forma adequada e constante.

6.2 Para sistemas Off Grid – Manutenção das baterias

Para manutenção das baterias devem ser seguidos os procedimentos indicados pelos fabricantes. Algumas baterias exigem algum nível de monitoramento e manutenção, que devem ser realizados para evitar riscos e a segurança do trabalho.

No geral, os procedimentos adequados são de adição de água, limpeza dos terminais e gabinetes, manutenção dos cabos e averiguação no desempenho da bateria.

Sobre o monitoramento, para garantir um funcionamento adequado, deve-se registrar os seguintes tópicos:

- . Gravidade específica
- . Leituras da condutância
- . Temperaturas
- . Tensão na célula
- . Resultados dos testes de capacidade
- . Leituras de tensão e corrente da bateria em repouso e após o carregamento

Destaca-se a importância do serviço ser realizado por profissionais treinados e atentos as normas de segurança.

6.3 Manutenção do inversor e do controlador de carga

Os inversores e os controladores de carga precisam ser instalados em um espaço adequado para satisfazer os requisitos previstos em lei, e também de espaço para que a manutenção dos sistemas fotovoltaicos possa ser feita com segurança e facilidade. Sempre que possível, os inversores e controladores de carga devem ser instalados em uma área fria, seca e abrigada sempre que possível. Com o fluxo de ar adequado.

Inspeções nas conexões dos condutores até a caixa do inversor, quaisquer outros comutadores, caixas de passagem e outras proteções de condutores devem ser realizadas.

7. REGULAMENTOS DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICO NO BRASIL

O Brasil, nos últimos anos, passou por muitas mudanças em direção aos recursos renováveis para a geração de energia elétrica. No entanto, poucos incentivos e mecanismos de regulação têm sido desenvolvidos para estimular o uso da tecnologia fotovoltaica.

Atualmente, muitas pesquisas e discussões estão sendo realizadas na área de sistemas fotovoltaicos, sobretudo dos conectados à rede elétrica, para geração de energia elétrica no Brasil. Infelizmente, ainda é pouco expressivo no Brasil o número desses sistemas instalados e conectados à rede, a ponto da energia por eles gerada não estar representada percentualmente no panorama de geração de energia elétrica nacional.

Em âmbito nacional, o Ministério de Minas e Energia (MME) é o órgão responsável pela elaboração e implementação de políticas para o setor energético e opera em consonância com as diretrizes estabelecidas pelo Conselho Nacional de Políticas Energéticas (CNPE).

Recentemente, o MME, através da EPE, publicou o Plano Nacional de Energia – PNE 2050 em que, segundo a projeção feita para o intervalo entre os anos de 2013 e 2050, o consumo de eletricidade no Brasil tende a triplicar. E são esses indícios que subsidiam o rumo das políticas energéticas e o do Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE até 2023.

Tendo como base esses estudos, torna-se possível visualizar a situação atual do setor elétrico brasileiro e propor estratégias de expansão da oferta de energia, levando em consideração a eficiência energética, a inovação tecnológica e o consumo de energia, a fim de propor um desenvolvimento sustentável para o país. No PNE 2050, a energia solar fotovoltaica é apontada como uma alternativa para atender à crescente demanda energética nacional e garantir a participação das fontes de energia renováveis não convencionais na matriz elétrica nacional. Dentro dessa perspectiva de fomento à energia solar fotovoltaica, algumas ações vêm

sendo tomadas aqui no Brasil para o fortalecimento dos fotovoltaicos nos setores industrial, comercial e das normativas, através de leis e resoluções.

Destacaremos a seguir as políticas e regulamentações mais importantes que ocorridas no país:

De acordo com a resolução normativa N° 482, é possibilitado a todos os produtores de micro geração e de mini geração distribuída o acesso aos sistemas de distribuição de energia. Este regulamento também permite que as empresas de energia solar que produzirem um máximo de 30 MW, possam ser elegíveis para a redução de tarifas para a utilização da transmissão e rede de distribuição;

A resolução normativa N° 481, concede sistemas fotovoltaicos com capacidade de 1 a 30 MW que começar a operar até 2017 com um desconto de 80% nas tarifas de transmissão e distribuição para 10 anos, e 50% nos anos subsequentes.

No decreto 3827/01 se estabeleceu que os impostos incidentes sobre os módulos fotovoltaicos seriam reduzidos para 0%;

O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) é um programa nacional através do qual cada sistema fotovoltaico utilizado no Brasil tem que passar por um processo de aprovação, realizado pelo INMETRO. Portanto, não é permitido que nenhum sistema seja utilizado no país sem que esteja aprovado. Além disso, os equipamentos utilizados necessitam serem rotulados pelo PBE incluindo: módulos fotovoltaicos, inversores, controladores de carga, baterias e pilhas;

O estudo realizado por Teixeira (2015) levanta alguns avanços significativos que ocorreram na normatização brasileira, pela criação das seguintes normas:

. ABNT NBR 16149:2013 - Sistemas fotovoltaicos (FV) - Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição;

. ABNT NBR 16150:2013 - Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição – Procedimento de ensaio de conformidade;

. ABNT NBR 16274:2014 - Sistemas fotovoltaicos conectados à rede — Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho;

. ABNT NBR IEC 62116:2012 - Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica;

Todos os projetos de geração de energia elétrica devem estar de acordo com os requisitos impostos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), para que a segurança e a qualidade da energia elétrica sejam garantidas.

A implantação de usinas termoelétricas de potência igual ou inferior a 5.000 kW, de acordo com a lei nº 9.074 está dispensada de concessão, permissão ou autorização, devendo apenas ser comunicada ao poder concedente.

Mesmo não havendo menção a usinas fotovoltaicas, a regulamentação trata de usinas termelétricas e de outras fontes alternativas de energia, e contém os procedimentos para registro de centrais geradoras com capacidade instalada reduzida, que são definidas como usinas com potência até 5.000 kW segundo a Resolução Normativa nº 390 da ANEEL.

A regulamentação inclui um formulário específico para o registro de usinas solares fotovoltaicas. Exigindo também que seja apresentada a Licença Ambiental necessária ao início da operação da central geradora. Ainda garante comercialização de energia e o livre acesso às instalações de distribuição e de transmissão, nos termos da legislação vigente.

7.1 Obstáculos regulatórios

De acordo com ABINEE (2015), a respeito dos procedimentos a serem adotados na conexão à rede local de distribuição não existe regra geral a respeito do tema. Assim, cada distribuidora analisa os pedidos de acesso de acordo com procedimentos próprios, que de uma forma geral são elaborados privilegiando a prudência em relação a eventuais prejuízos que o gerador possa provocar à rede e aos consumidores a ela conectados. O resultado em geral são procedimentos e exigências por demais complexos e custosos para empreendimentos nesta faixa de potência.

ABINEE (2015) afirma que, a exigência de licença ambiental, sem maiores qualificações, pode constituir obstáculo especialmente no caso de usinas de menor porte. A questão é que não existe um limite inferior a partir do qual o procedimento de licenciamento poderia ser simplificado, ou mesmo, dependendo do caso, dispensado. Com isso, as exigências acabam sendo estabelecidas pela legislação estadual ou municipal. Isto impede, por exemplo, que o fabricante ou instalador do equipamento possa de alguma forma responsabilizar-se pelo eventual licenciamento, uma vez que para fazê-lo necessitaria conhecer as regras de cada local.

7.2 Requisitos de Acesso de Centrais Geradoras

O instrumento regulatório que normatiza e padroniza as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica, é O PRODIST, da ANEEL.

O conjunto de suas regras visa subsidiar os agentes e consumidores do sistema elétrico nacional na identificação e classificação de suas necessidades para o acesso ao sistema de distribuição.

O projeto para instalação, quanto a requisitos técnicos de conexão, deve atender às regras do PRODIST.

8. A IMPLANTAÇÃO DE USINAS FOTOVOLTAICAS NAS OM DO EB

De acordo com Rampinelli e Gomes (2013), para iniciar um projeto técnico-científico para implantação de sistemas fotovoltaicos é recomendável que se faça em quatro etapas, sendo:

- Um levantamento dos dados energéticos e ambientais. Assim como uma seleção de dimensionamento dos equipamentos.
- Instalação e monitoramento das características elétricas e térmicas do sistema fotovoltaico e dos parâmetros ambientais.
- Análise e descrição dos impactos energéticos e ambientais.
- Capacitação técnica e transferência dos resultados.

Ainda segundo o mesmos autores, o objetivo geral do projeto deve ser a instalação de um sistema fotovoltaico em uma área previamente determinada, através de uma instalação de dimensão efetivamente real, dos impactos energéticos da conversão de energia solar e sua distribuição na rede elétrica e os impactos ambientais nesta área visando à redução do custo da recuperação.

Os objetivos específicos do projeto devem ser, de acordo com Rampinelli e Gomes (2013):

- Medir o recurso solar e parâmetros ambientais no local da instalação;
- Dimensionar, selecionar equipamentos e detalhar um projeto de um SFCR;
- Realizar simulações de possíveis sistemas fotovoltaicos em *softwares* comerciais;
- Estudar as características elétricas e térmicas das diferentes tecnologias de módulos destacando as vantagens e desvantagens de cada tecnologia;
- Estudar a otimização dos sistemas visando estabelecer as melhores combinações entre módulos e inversores;

- Garantir que os critérios de utilização e conservação do solo previstos em lei sejam respeitados.
- Instalar um sistema fotovoltaico e seus equipamentos.
- Monitorar o comportamento do sistema de geração fotovoltaica e a qualidade da energia injetada à rede.
- Realizar a avaliação técnica e econômica, incluindo projeção de custos no médio e longo prazo, vida útil, desempenho adequação ao clima local das distintas tecnologias de módulos e analisar os resultados experimentais obtidos através da medição.
- Comparar dados experimentais com simulações e previsões anteriores.
- Analisar os parâmetros ambientais do solo.
- Comparar os parâmetros ambientais anteriores e posteriores à instalação do sistema fotovoltaico.
- Capacitar tecnicamente profissionais na área de energia solar fotovoltaica.
- Transferir o conhecimento produzido a partir dos resultados do projeto.

Na etapa seguinte deve ser realizado o monitoramento das características dos sistemas fotovoltaicos e da radiação solar. Na terceira e última etapa deve ser desenvolvido o processamento final dos dados reais medidos, o cálculo dos índices de mérito técnico de sistemas fotovoltaicos a partir desses dados reais e a comparação com resultados obtidos a partir dos *softwares*.

8.1 Amostra de consumo energético de OM

Nessa parte do presente trabalho será apresentado o consumo energético de diversas Organizações Militares do Exército Brasileiro. Os dados em questão são úteis para o planejamento, dimensionamento do sistema fotovoltaico a ser implantado e para a definição do modelo do sistema a ser implantado, de forma que gere uma eficiência energética ou uma autonomia energética.

Alguns fatores podem influenciar no custo a ser pago pela energia elétrica consumida em uma OM, a saber: impostos, escassez de chuvas, gastos envolvidos na distribuição de energia elétrica, o sistema de bandeiras adotado pela ANEEL e o custo do kWh.

Com relação aos impostos, existem impostos estaduais, federais e municipais que influenciam no valor pago em uma conta de consumo energético. Para a esfera federal, temos o Programa de Interação Social (PIS) e a Contribuição para o Financiamento de Seguridade Social (Confins). Para a esfera estadual, temos o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS). Para a esfera municipal, temos a Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública (COSIP).

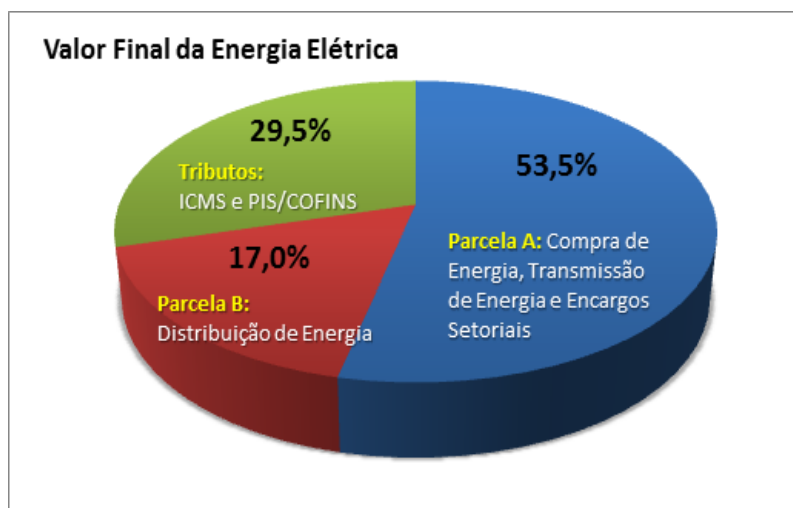
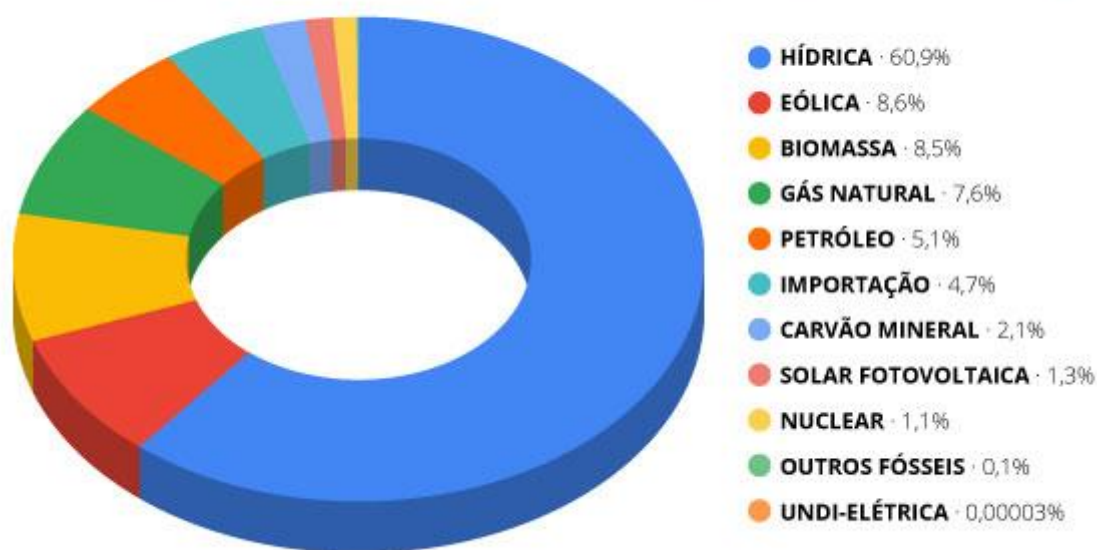


Figura 6: Valor Final da Energia Elétrica. Disponível em https://www.aneel.gov.br/conteudo-educativo/-/asset_publisher/vE6ahPFxsWht/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false

A escassez de chuva pode gerar um aumento considerável no aumento do valor pago de uma conta de luz. O Brasil tem diversificado sua matriz elétrica nos últimos anos, no entanto, algo em torno de 70% da energia elétrica produzida no país ainda é oriunda das usinas hidroelétricas.

A Matriz Elétrica Brasileira em 2019



Fonte: ANEEL

Figura 7: A Matriz Elétrica Brasileira em 2019. Disponível em <http://www.eletronenergia.com.br/aneel-discute-legislacao-de-geracao-de-energia/>

Desde o ano de 2015, o Sistema de Bandeiras Tarifárias foi introduzido no país. Como medida resolutiva para enfrentar a crise de energia que atingia o Brasil, a ANEEL criou o sistema citado com o objetivo de disciplinar o consumo, adequando o preço à demanda e produção. Dessa forma, temos a bandeira verde (quando está tudo bem com a produção de energia), a bandeira amarela (quando o sinal de alerta é ligado) e a bandeira vermelha (quando o estado é crítico).

Bandeira verde	Hidrelétricas operam normalmente. (geração térmica até R\$ 211,28/MWh)	Não há alteração no valor da tarifa de energia.	
Bandeira amarela	Usinas térmicas ativadas. (geração térmica de R\$ 211,28/MWh a R\$ 422,56/MWh)	Acresce na sua conta R\$ 1,50 a cada 100kWh.	
Bandeira vermelha Patamar 1	Usinas térmicas ativadas e alta demanda. (geração térmica de R\$ 422,56/MWh até R\$ 610/MWh)	Acresce na sua conta R\$ 4,00 a cada 100kWh.	
Bandeira vermelha Patamar 2	Usinas térmicas ativadas e alta demanda. (geração térmica maior ou igual a R\$ 610/MWh)	Acresce na sua conta R\$ 6,00 a cada 100kWh.	

Figura 08: Sistema de Bandeiras Tarifárias. Disponível em: <https://www.cpf.com.br/atendimento-a-consumidores/bandeira-tarifaria/Paginas/default.aspx>

O consumo de energia elétrica em uma conta de luz vem apresentado na forma de kWh. Todos aparelhos elétricos apresentam uma potência medida em Watts, somando as potências de todos aparelhos e multiplicando pelas horas de uso e pelos 30 dias do mês iremos obter o consumo em kWh, basta multiplicar a quantidade de kWh pelo preço do mesmo que iremos chegar ao valor final da conta, cabe ressaltar que o valor do kWh pode variar nos estados e nos municípios.

A seguir, será apresentado o consumo médio, em kwh, de diversas OM do EB, desta forma iremos ter o primeiro insumo para dimensionar um sistema fotovoltaico com o propósito de fornecer uma eficiência energética.

Organização Militar	Consumo mensal em kWh	Valor pago em reais
1º Batalhão Ferroviário	36.479	22.372,49
7º Batalhão de Engenharia de Combate	55.843	36.395,12
14º Regimento de Cavalaria Mecanizado	23.006	14.034,47
17º Grupo de Artilharia de Campanha	31.586	21.972,99
28º Grupo de Artilharia de Campanha	32.722	19.845,09
38º Batalhão de Infantaria	43.860	35.603,06
Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais	140.000	108.790,56

Vamos adotar como exemplo para o nosso estudo de caso um Grupo de Artilharia de Campanha orgânico de uma Bda Inf Mtz. Nesse caso, o GAC possui um comando e estado-maior, uma bateria de comando e 3 baterias de obuses, outras estruturas administrativas da OM, para fins desse estudo, serão consideradas como enquadradas pela bateria de comando.

Um GAC apresenta um consumo médio de aproximadamente 30.000kWh por mês, o que vai resultar em uma conta de consumo elétrico de aproximadamente 20.000 reais por mês. Vamos adotar esses dados aproximados para o estudo de dimensionamento de um sistema fotovoltaico.

8.2 O dimensionamento de um sistema fotovoltaico on grid de um GAC

Um dos principais aspectos a ser verificado no dimensionamento de um sistema é o local de instalação dos painéis fotovoltaicos. Nesse aspecto, cabe ressaltar que abaixo da linha do equador, por questões de irradiação solar, os painéis não devem estar orientados para o Sul, devem estar preferencialmente voltados para o Norte, sendo também admissível para Leste e Oeste, evita-se instalar painéis voltados para o Sul.

Outro aspecto importante a ser analisado é a área do painel solar. Expressa em metros quadrados essa área será a multiplicação da largura pelo comprimento, ou seja, $A=C \times L$, sendo instalados os painéis solares nos telhados dos edifícios do aquartelamento, dessa forma, não haverá prejuízo para outras atividades do quartel. Utilizando o exemplo do GAC, teríamos, no mínimo, 5 edifícios para a instalação de painéis solares, fato que vai gerar a área total de instalação de painéis.

Para fins de estudo, vamos adotar os índices de irradiação solar da cidade do Rio de Janeiro para a nossa simulação, utilizando o software disponível em <https://www.energiatotal.com.br/solar/calculadorasolar>, será apresentado um modelo fotovoltaico para o GAC em questão, e chegamos aos seguintes resultados:

- Valor total do empreendimento: R\$1.056.870,87
- Potência do Sistema: 267,63 kWp
- Geração Mensal: 30.028 kWh
- Quantidade de Placas de 330W: 811
- Área Ocupada: 1622 m²
- Insolação da Região: 4.400,00 W/m²

Analisando os dados acima apresentados chegamos a duas importantes conclusões, a primeira é que a energia gerada é suficiente para atender à toda a demanda da OM em questão e que o sistema simulado, uma vez implantado, cobriria os custos de sua instalação em um período de 4 anos e 5 meses.

9. CONCLUSÃO

Nos últimos anos houve um grande aumento da energia fotovoltaica no Brasil. Apenas no ano de 2019 o setor cresceu aproximadamente 212%, chegando a um potencial instalado de 2,4 GW, segundo à ANEEL.

Em resumo, as organizações militares do Exército Brasileiro, principalmente de nível batalhão ou superiores, têm plenas condições de instalação de usinas fotovoltaicas, no interior do quartelamento e interligadas à rede de distribuição. O maior ganho na adoção deste sistema é a autonomia energética, além disso tem condições de gerar, em médio prazo, uma grande economia com os gastos relacionados ao consumo elétrico.

Um aspecto de grande importância para o sucesso desse empreendimento no âmbito do EB é conhecimento técnico do sistema por parte dos militares. Conforme descrito no capítulo 3 do presente trabalho, em uma OM, diversos militares irão ter contato direto com o sistema, seja nas questões relacionadas à administração, operação e manutenção, nesse sentido o presente trabalho procurou dar uma noção geral necessária sobre os sistemas fotovoltaicos, de maneira alguma esgota o assunto, no entanto, apresenta um bom nivelamento de conhecimento.

Outro fator de grande relevância apresentado é a questão da regulamentação do setor fotovoltaico no Brasil. Conforme descrito no capítulo 7 do presente trabalho, as resoluções normativas do MME são favoráveis à implantação de novos empreendimentos fotovoltaicos, dessa forma gerando uma grande segurança jurídica, além de benefícios e incentivos fiscais.

Além disso, no presente ano, a Força Aérea Brasileira assinou um convênio com uma empresa do setor energético para a geração e armazenamento de energia através de microrredes inteligentes. O projeto está inserido no escopo do Programa

de Eficiência Energética do COMAER e trará grandes benefícios ao Centro de Lançamento de Alcântara, dessa forma o Comando do Exército pode aproveitar-se das boas práticas e lições aprendidas na instalação de sistemas fotovoltaicos junto à FAB, disponível em <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/35921/>.

Outra grande vantagem dos sistemas fotovoltaicos é o baixo custo da manutenção do sistema. Uma vez instalado um sistema, cresce de importância o monitoramento constante dos indicadores, sendo que a manutenção preventiva fica limitada à reposição de peças do sistema. No caso dos sistemas off-grid, a manutenção torna-se mais cara e complexa, no entanto não é o caso do modelo apresentado do presente trabalho, que focou seu estudo na implantação de sistemas on-grid.

Cabe ressaltar, ainda, que a manutenção preventiva pode ser feita pelo pessoal orgânico da OM, apenas questões de manutenção preditiva e corretiva ficam a cargo de empresas contratadas, o que gera economia de custos relacionados à manutenção.

Por fim, o Exército Brasileiro está cada vez mais inserido na era da informação, é correto projetar um aumento no consumo de energia elétrica para alimentar sistemas complexos e com elevado valor tecnológico agregado como simuladores, por exemplo, neste sentido a capacidade de geração energética traz grandes benefícios para as organizações militares operacionais do EB.

10. REFERÊNCIAS

ABINEE - Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira - <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf.2015>. Acesso no dia: 15 de março de 2020.

ALMEIDA, Ronaldo Pereira de. Suprimento Regional de Energia Através de Geração Distribuída com Recursos Renováveis. 2010. 175 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Energia, Pró-diretoria de Pesquisa e Pós-graduação, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2010.

ANEEL. Resolução Normativa Nº 414, de 9 de setembro de 2010. Brasília, DF, Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414comp.pdf>>. Acesso em: 11 março 2020.

_____. Resolução Normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012. Brasília, DF, Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 08 fevereiro 2020.

_____. Editais de Geração, de 13 de novembro de 2015. Brasília, DF, Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/geracao4>. Acesso em: 29 de março de 2020.

_____. _____ 687, de 24 de novembro de 2015. Brasília, DF, Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 08 fevereiro 2020.

_____. Agência Nacional de Energia Elétrica. Ministério de Minas e Energia. Atlas De Energia Elétrica do Brasil. 3. ed. Brasília: Aneel, 2008. 236 p. Disponível em: <<http://zip.net/brtmg4>>. Acesso em: 08 janeiro 2020.

_____. EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS. Balanço Energético Nacional 2017: Relatório Síntese | ano base 2016 |. Rio de Janeiro: Epe, 2017. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Síntese%20do%20Relatório%20Final_2017_Web.pdf>. Acesso em: 07mar.2020.

_____. _____. Nota Técnica Dea 13/15: Demanda de Energia 2050. Rio de Janeiro: Epe, 2016a. Disponível em: <<http://zip.net/bstn94>>. Acesso em: 28 janeiro 2020.

_____. Ministério de Minas e Energia. Resenha Energética Brasileira: Resultados de 2015. Brasília: MME, 2016b. Disponível em: <<http://zip.net/bbtHM8>>. Acesso em: 13 fev 2020.

BRANDÃO, Roque Filipe Mesquita. Centrais fotovoltaicas para a microprodução. Neutro à Terra, p. 33-39, 2009.

CALIJURI M. & CUNHA D. Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

CÂMARA, G. et al. Anatomia de sistemas de informação geográfica. INPE, 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf>> Acesso em 24 de dezembro de 2019.

CARNEIRO, Joaquim A. O. Módulos fotovoltaicos: Características e associações. Monografia, 2010.

CÂMARA, G. et al. Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em :<<http://197.249.65.74:8080/biblioteca/bitstream/123456789/570/1/publicacao.pdf>> Acesso em: 19 de março de 2020

CAMPOS, Antônio Luiz P.S. et al. Investigação Experimental da Geração de Energia Solar Fotovoltaica. Holos, v. 3, p. 82-90, 2010.

CASTRO, Henrique Fernandes. Geração distribuída fotovoltaica no 15º b log: Proposta para racionalização dos gastos com energia elétrica na vida vegetativa da om. Disponível em: c:/users/multilaser/desktop/revisão%20bibliografia%20cc/fonte%20de%20consulta/diss_castro_esao.pdf>. 2007. Acesso em: 04 março 2020.

CHAKHAR, S. & MOUSSEAU, V. An algebra for multicriteria spatial modelling. Paris, França: Elsevier, 2007. Computers, Environment and Urban Systems 31, p 572– 596 - Disponível em:< <https://pdfs.semanticscholar.org/8edc/6553667e6fbf2afe493e9190a14c8e47af6e.pdf>> Acesso em 28 de junho de 2017.

CREPEL-CRESES. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro, 1999. 206p.

CRESESB-CEPEL, Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, Rio de Janeiro, Agosto de 2004. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2004.pdf. Acesso no dia: 15 de março 2020.

COGEN . Inserção da Energia Solar no Brasil. São Paulo, 77p.

CPFL Energia. Bandeiras Tarifárias. Disponível em <https://www.cpf.com.br/atendimento-a-consumidores/bandeira-tarifaria/Paginas/default.aspx>. Acesso no dia: 10 de junho 2020.

Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 1., 2004, São Paulo. PréDimensionamento de Sistema Solar Fotovoltaico: Estudo De Caso Do Edifício Sede Do Crea-Sc. Trindade: Universidade Federal de Santa Catarina, 2004. 14 p. Disponível em: http://www.labee.ufsc.br/antigo/linhas_pesquisa/energia_solar/publicacoes/pre_dimensionamento.pdf. Acesso em: 11 mar. 2020.

DEPARTAMENTO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - ECEME. **Elaboração de Projetos de Pesquisa na ECEME.** – Rio de Janeiro, 2012. 36p.

DO NASCIMENTO, Cássio Araújo. Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras, 2004.

ESPOSITO, Alexandre Siciliano; FUCHS, Paulo Gustavo. Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, n. 40, p. 85-113, 2013.

FREITAS, Susana Sofia Alves. Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos. 2008. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Tecnologia e de Gestão.

GHENSEV, Almir. Materiais e processos de fabricação de células fotovoltaicas. Monografia, Universidade Federal de Lavras, 2006.

HERMANN, Leandro Dani; CAMARA, Inara Pagnussat. Viabilidade de implantação de mini-usina de energia solar para o Campus Santo Ângelo/RS. Revista de Ciência e Inovação, v. 1, n. 1, 2016.

IEA, International Energy Agency - Technology Roadmap Solar Photovoltaic Energy, 2014. Disponível em: www.iea.org/media/freepublications/technologyroadmaps/solar/TechnologyRoadmapSolarPhotovoltaicEnergy_2014edition.pdf. Acesso no dia: 15 de março de 2020.

LOSSIO, Bruno Rodrigues Martins. Diagnóstico de um dado sistema fotovoltaico aplicado à região do Lago Sul – DF considerando os aspectos técnicos, econômicos e de políticas públicas. 2015

MACÊDO, Wilson Negrão. Análise do fator de dimensionamento do inversor aplicado a sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Tese de Doutorado. Orientador Prof. Dr. Zilles, R. Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, 2006

MACHADO, Carolina T.; MIRANDA, Fabio S. Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão. Revista Virtual de Química, v. 7, n. 1, p. 126-143, 2014

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Microgeração de Energia Solar. Disponível em: <<https://energiasolar-microgr.com.br/projetos/manutencao-dos-sistemas-fotovoltaicos/>> Acesso em 16 março de 2020.

OLIVEIRA, Maurício Madeira. Análise do desempenho de um gerador fotovoltaico com seguidor solar azimutal. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

PERSONALITÉ, Apolino. Cuidados com a casa: Energia alternativa e sistemas fotovoltaicos. Disponível em <https://www.apolar.com.br/blog/?p=4787>. Acesso em 29 de março de 2020.

POTENCIAL Solar - SunData v3.0. Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito, 25 janeiro 2018. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Acesso em: janeiro 2020.

RAMPINELLI, G.A. Análise da Distribuição de Tensões Elétricas em uma Associação de Módulos de um Sistema Fotovoltaico Conectado à rede. Dissertação de Mestrado, PROMEC, UFRGS, 2007.

RAMPINELLI, G.A. et al. Projeto de Implantação de Sistemas Fotovoltaicos em Áreas Degradadas e Recuperadas Ambientalmente, UFSC, 2013. Disponível em <<file:///C:/Users/MULTILASER/Desktop/revisão%20bibliografia%20TCC/FONTE%20DE%20CONSULTA/implementação%20usinas%20areas%20degradadas%20e%20recuperadas.pdf>> Acesso em 17 de março de 2020.

REZENDE, Natália Soares de. Contribuições sociais: Pis e Cofins. 2015. Disponível em: <<https://nataliasr.jusbrasil.com.br/artigos/183874937/contribuicoes-sociais-pis-e-cofins>>. Acesso em: 26 jan. 2020.

RIO DE JANEIRO. João Tavares Pinho. Cresesb (Org.). Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. 3. ed. Rio de Janeiro: Cepel, 2014. 530 p. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2020.

ROSA, Antonio Robson Oliveira da; GASPARIN, Fabiano Perin. Panorama da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil. Revista Brasileira de Energia Solar, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p.140147, 01 dez. 2016. Semestral. Disponível em: <<http://zip.net/bgtJxL>>. Acesso em: 20 janeiro 2020.

RÜTHER, R. Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligadas à rede elétrica pública no Brasil. Florianópolis, UFSC / LABSOLAR, 2004. 1ª edição 118p.

SANDRINI, Marcelo. Emprego de tecnologia fotovoltaica para reduzir custos com energia elétrica nas organizações militares do exército brasileiro. Rio de Janeiro: ESAO, 2019.

SÃO PAULO. Secretaria da Fazenda. Governo do Estado. Sobre o ICMS. 2018. Disponível em: <<https://portal.fazenda.sp.gov.br/servicos/isencao-icms-veiculos/Paginas/Sobre.aspx>>. Acesso em: 26 jan. 2020.

SHAYANI, Rafael Amaral; OLIVEIRA, M. A. G. de; CAMARGO, I. M. de T. Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais. In: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (V CBPE). Brasília. 2006.

SILVA, Ricardo Moreira da. Um Modelo para Análise da Sustentabilidade de Fontes Elétricas. 2011. 387 f. Tese (Doutorado) - Curso de Administração, Departamento de Ciências Administrativas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

SILVA, R. M. Energia Solar: dos incentivos aos desafios. Texto para discussão nº 166. Brasília, Senado Federal, 2015. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166>> Acesso em 17 de junho de 2017.

SOUZA, Paula de; PFITSCHER, Elisete Dahmer. Gestão e Sustentabilidade Ambiental: Estudo em um Órgão Público do Estado de Santa Catarina. Revista de

Contabilidade e Controladoria, Curitiba, v. 5, n. 3, p.8-32, dez. 2013. Disponível em: <<http://zip.net/bptJgp>>. Acesso em: 02 março 2020.

VILLALVA, Marcelo Gradella. Conversor eletrônico de potência trifásico para sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica. 2010.

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. São Paulo: Érica, 2012.

YAMAMOTO, E. G. Estudo de viabilidade de instalação de usinas fotovoltaicas em diferentes regiões do Brasil. Londrina, Universidade Estadual de Londrina, 2015. Disponível em: <<http://www.uel.br/ctu/deel/TCC/TCC2015ErikaGomesYamamoto.pdf>> Acesso em: 28 de dezembro de 2019.

ZAMBON, K. L. et al. Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoelétricas utilizando SIG. Pesquisa Operacional, v.25, n.2, p.183-199, Maio a Agosto de 2005.

ZANOTTO, Gilso. Estudo de implementação para sistema de microgeração fotovoltaica residencial. 2014

ANEXO A-RELATÓRIO MENSAL DE ENERGIA ELÉTRICA



Relatório Mensal Energia

Segue abaixo o demonstrativo de receitas e despesas referente ao mês de MAIO/2020, onde após a venda do excedente FLAT para a ENERGETICA estamos prevendo uma contabilização de - R\$ 3.474,15, resultando nos valores abaixo. No Sumário de ABRIL/2020, estamos pagando R\$ 0,09 referente a Contabilização de ABRIL/2020, conforme descrito no sumario, gerando esse débito para a IMBEL.

VALOR DA NOTA FISCAL DE VENDA DE ENERGIA - MAIO/2020	R\$ 83.424,59
PREVISÃO DO SUMARIO CCEE (CONTABILIZAÇÃO) **	-R\$ 3.474,15
PREVISÃO DE ENCARGOS DE GERAÇÃO / CONSUMO **	R\$ 0,00
PREVISÃO DE INADIMPLENCIA DO MERCADO	R\$ 0,00
SUBTOTAL - VALOR	R\$ 79.950,45
PAGAMENTO ENECEL 8,00%	-R\$ 6.673,97
FATURAMENTO LIQUIDO IMBEL	R\$ 73.276,48