
ARQUITETURA E ENGENHARIA CIVIL contemporânea: inovação, tecnologia e sustentabilidade

Adriano Mesquita Soares
(Organizador)

Direção Editorial

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Organizador

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Capa

AYA Editora

Revisão

Os Autores

Executiva de Negócios

Ana Lucia Ribeiro Soares

Produção Editorial

AYA Editora

Imagens de Capa

br.freepik.com

Área do Conhecimento

Engenharia

Conselho Editorial

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Andréa Haddad Barbosa

Universidade Estadual de Londrina

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

Instituto Federal do Amapá

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP

Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva

Centro Universitário FACEX

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chirolí

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

Universidade do Estado de Minas Gerais

Prof.ª Ma. Denise Pereira

Faculdade Sudoeste – FASU

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

Universidade Federal do Paraná

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

Universidade Federal do Amapá

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

Universidade Estadual de Londrina

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

Universidade de Santa Cruz do Sul

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Me. Jorge Soistak

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara

Prof.º Me. José Henrique de Goes

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

Universidade Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

Faculdade Santana

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues

Universidade Norte do Paraná

Prof.º Me. Milson dos Santos Barbosa

Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP

Prof.º Me. Myller Augusto Santos Gomes

Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Me. Pedro Fauth Manhães Miranda

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes

*Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus
Parauapebas*

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira

Instituto Federal do Acre

Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail

Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

Universidade Federal do Piauí

Prof.ª Ma. Silvia Aparecida Medeiros

Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda

Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues

Instituto Federal de Santa Catarina

Prof.º Dr. Valdoir Pedro Wathier

*Fundo Nacional de Desenvolvimento Educacional,
FNDE*

© 2021 - **AYA Editora** - O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). As ilustrações e demais informações contidas desta obra são integralmente de responsabilidade de seus autores.

A772 Arquitetura e engenharia civil contemporânea inovação, tecnologia e sustentabilidade [recurso eletrônico]. / Adriano Mesquita Soares (organizador) -- Ponta Grossa: Aya, 2021. 223 p. – ISBN 978-65-88580-77-6

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

DOI 10.47573/aya.88580.2.48

1. Engenharia civil. 2. Materiais de construção. 3. Concreto. 4. Geração de energia fotovoltaica. 5. Sistemas de energia fotovoltaica. 6. Engenharia elétrica. 7. Energia solar. 8. Acidentes – Prevenção. 9. Estações meteorológicas. 10. Arquitetura. I. Soares, Adriano Mesquita. II. Título

CDD: 624

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

International Scientific Journals Publicações de Periódicos e Editora EIRELI

AYA Editora©

CNPJ: 36.140.631/0001-53

Fone: +55 42 3086-3131

E-mail: contato@ayaeditora.com.br

Site: <https://ayaeditora.com.br>

Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

84.071-150

Projeto de usina fotovoltaica com potência instalada de 12kwp

Photovoltaic plant project with installed power of 12kwp

Felipe Arêdes Dalla Paula Rodrigues

Centro Universitário Uniredentor

Rafael Lima de Oliveira

Centro Universitário Uniredentor

<http://lattes.cnpq.br/6212659806406513>

DOI: 10.47573/aya.88580.2.48.10

Resumo

O desenvolvimento do sistema solar fotovoltaico tem se mostrado em todo o mundo uma excelente alternativa para geração mais eficiente de energia elétrica, para um momento em que nossa história passa por grandes avanços tecnológicos. Com o grande avanço no setor solar, é perceptível a redução direta nos impactos ambientais, conseqüentemente a dependência de outras fontes geradoras de energia se torna cada vez menor e, além disso, torna essa tecnologia atrativa não só do ponto de vista econômico bem como do ponto de vista estratégico. O progressivo aumento da demanda de energia no Brasil, em paralelo a recente crise energética causada pela falta das chuvas em um país tão dependente da matriz hídrica deixa evidente a extrema necessidade de adesão à geração distribuída de fontes renováveis. A energia fotovoltaica ao longo dos anos vem sendo incentivada por mudanças na legislação e financeira. Ainda que o principal obstáculo seja na parte financeira para instalação da tecnologia, a retribuição do investimento a médio prazo inclina-se a ser favorável e o volume de investimentos na área de desenvolvimento de sistemas de produção com baixo custo e maior eficiência energética.

Palavras-chave: energia fotovoltaica solar. matriz energética brasileira. Resolução Normativa ANEEL 482/2012. Resolução Normativa ANEEL 687/2015.

Abstract

The development of the photovoltaic solar system has been shown worldwide to be an excellent alternative for more efficient generation of electrical energy, at a time when our history is undergoing major technological advances. With the great advance in the solar sector, the direct reduction in environmental impacts is noticeable, consequently the dependence on other sources of energy becomes less and less, making this technology attractive not only from an economic point of view, but also from a strategic point of view. The progressive increase in the demand for energy in Brazil, in parallel with the recent energy crisis caused by the lack of rain in a country so dependent on the water matrix, makes evident the extreme need to adhere to the distributed generation of renewable sources. Photovoltaic energy over the years has been encouraged by changes in legislation and finance. Although the main obstacle is in the financial part to install the technology, the return on investment in the medium term is inclined to be favorable and the volume of investments in the area of development of production systems with low cost and greater energy efficiency.

Keywords: solar photovoltaic energy. brazilian energy matrix. ANEEL Normative Resolution 482/2012. ANEEL Normative Resolution 687/2015.

INTRODUÇÃO

No presente momento das grandes evoluções no mundo moderno, as pesquisas se justificam pela obrigação de uma transformação no padrão da matriz energética no país, sendo assim com a constante queda nas dependências de apenas uma matriz geradora, o que é positivo nos olhares estratégico contra crises energéticas. Como também, incentivar a adesão por parte de futuros consumidores de energia limpas por intermédio da geração distribuída. A grande mudança no cenário atual ajudaria para a redução no custo de produção de energia e na desaceleração do aquecimento global. Logo após a conclusão do projeto, a partir do momento em que será realizada a apresentação dos gráficos do rendimento energético do sistema fotovoltaico alcançar os resultados satisfatórios, verificando assim a eficácia do sistema.

CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Conforme a NBR11704:2008, os sistemas fotovoltaicos são agrupados em duas categorias principais: isolado ou conectado à rede da concessionária. Fixados dentro dessas duas classificações os sistemas ainda se redividem dentre aqueles que atuam diante a energia fotovoltaica, chamado de sistema puro, e os que utilizam de outras fontes em paralelo, que são identificados como sistemas híbridos.

Sistemas isolados (OFF GRID)

Os sistemas isolados precisam de bateria ou algum dispositivo para guardar a energia nos momentos em que não há geração. Esses sistemas usam inversores específicos e necessitam de controlador de carga específico (PINHO, 2019). O Sistema Isolado é mais oneroso do que os conectados à rede, pelos valores das baterias utilizadas e sua vida útil. Esse tipo de sistema é indicado para locais de difícil acesso que não tem ligação com a rede da concessionária, como mostrado na figura 1.

Figura 1 - Configuração de um sistema OFF GRID



Fonte: ENERGYTEC, 2019

Sistemas conectados à rede (ON GRID)

Os sistemas conectados à rede (SFCR), conhecidos como os sistemas on grid, são os sistemas que levam a energia gerada para cobrir o consumo da residência e o seu excedente

é injetado na rede da concessionária de energia elétrica, gerando assim os créditos para serem usados em horários no qual a geração não estiver sendo suprida. Os sistemas conectados à rede são distribuídos em dois segmentos: as grandes usinas com produção de energia centralizada, e os que se enquadram na geração distribuída, através da microgeração e minigeração, chamados também de geração descentralizada. De acordo com a figura 2, os sistemas on grid não precisam das baterias, o armazenamento da energia excedente se faz na rede da concessionária. Por isso, se faz necessário o uso de um medidor bidirecional, que registra toda energia injetada do gerador fotovoltaico na rede, ou seja, o excedente do sistema fotovoltaico e a energia da concessionária para a unidade consumidora (ANEEL, 2019).

Figura 2 - Configuração de um sistema ON GRID



Fonte: UNIVERSAL AUTOMAÇÃO, 2019.

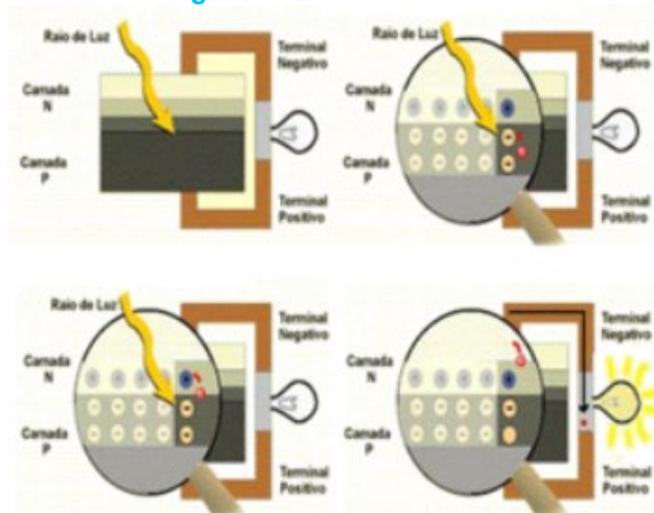
Componentes de um sistema fotovoltaico (ON GRID)

Módulos Fotovoltaicos (FV)

O material utilizado para produção de células solares é o semicondutor silício (Si) que possui 4 elétrons em sua camada de valência que se ligam no receptor fósforo (P) e aos elétrons dos átomos vizinhos formando uma rede cristalina.

Durante o processo de fabricação da camada n da célula FV ela é dopada com o elemento fósforo (P), um dopante doador n que armazena 5 elétrons em sua camada de valência. Esta se liga aos 4 elétrons da camada de valência do silício e permite que um elétron suscetível se mova com facilidade. No que diz respeito à camada p de silício, ela é dopada com boro (B), um dopante receptor de elétrons por possuir apenas 3 elétrons em sua camada de valência, de acordo com a figura 3.

Figura 3 - Efeito fotovoltaico



Fonte: CRESESB, 2019.

Assim apresentado na figura 5, o módulo FV é formado basicamente por:

- a) Moldura de Alumínio: É uma moldura de alumínio anodizada que tem a função de dar robustez e resistência mecânica ao módulo FV.
- b) Vidro Especial: Trata-se de um vidro temperado especial de 3,2mm ou 4mm de espessura e revestidos de uma substância anti-reflexiva.
- c) Encapsulante EVA: Finas camadas de filme Encapsulante próprios para módulos FV também chamado de EVA, que protegem as células contra envelhecimento por parte da exposição aos raios UV, umidade e alta temperatura.
- d) Backsheet: um filme branco composto de 3 camadas que age como isolante elétrico e protege os componentes internos do módulo.
- e) Células Fotovoltaicas: representam cerca de 60% do custo de um módulo FV, medem aproximadamente 185 micron de espessura e são bastante frágeis.
- f) Caixa de Junção: Caixa que recebe a conexão elétrica em série das células FV e o interliga aos conectores MC4 ou MC3 (PORTAL SOLAR, 2019).

Figura 4 - Componentes do módulo fotovoltaico.



Fonte: PORTA SOLAR, 2019.

Especificações técnicas

A grande parte dos módulos no mercado proporcionam a garantia de 10 anos contra eventuais defeitos de fabricação e 25 anos de garantia contra perdas de eficiência maiores que uma porcentagem definida pelo fabricante. A figura 5, ilustra exemplo das especificações técnicas a serem avaliadas para a escolha do módulo FV.

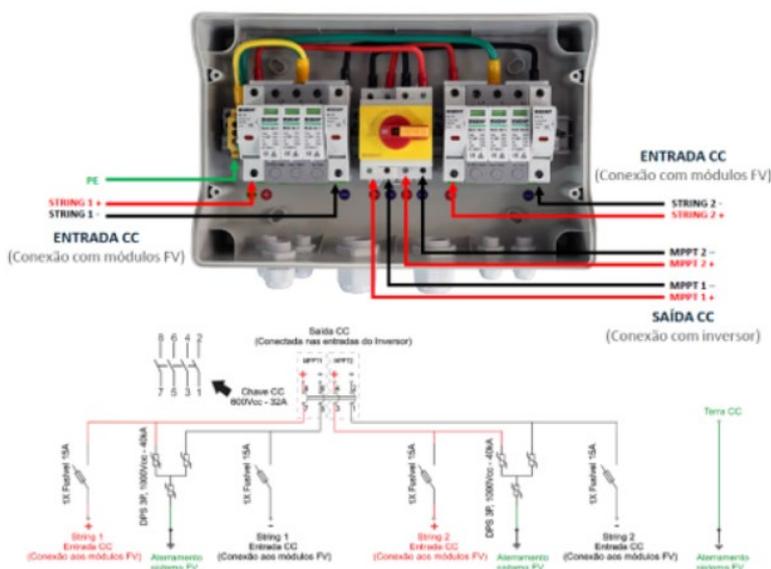
Figura 5: Especificações do módulo fotovoltaico JinKoSolar (2021)

ESPECIFICAÇÕES										
Tipo de módulo	JKM300M-72H		JKM350M-72H		JKM400M-72H		JKM450M-72H		JKM510M-72H	
	JKM300M-72H-V	JKM350M-72H-V	JKM350M-72H-V	JKM400M-72H-V	JKM400M-72H-V	JKM450M-72H-V	JKM450M-72H-V	JKM510M-72H-V	JKM510M-72H-V	
Potência Máxima (Pmax)	300Wp	354Wp	395Wp	290Wp	400Wp	302Wp	405Wp	300Wp	410Wp	310Wp
Tensão de potência máxima (Vmp)	41.1V	39.1V	41.4V	39.3V	41.7V	39.6V	42.0V	39.8V	42.3V	40.0V
Corrente de potência máxima (Imp)	0.43A	7.54A	0.55A	7.60A	0.60A	7.65A	0.65A	7.72A	0.68A	7.78A
Tensão de circuito aberto (Voc)	49.2V	48.0V	49.0V	48.2V	49.8V	48.0V	50.1V	48.7V	50.4V	49.9V
Corrente de curto-circuito (Isc)	10.12A	8.02A	10.23A	8.09A	10.36A	8.16A	10.46A	8.22A	10.60A	8.26A
Eficiência do módulo STC (%)	19.35%	19.62%	19.62%	19.88%	20.13%	20.13%	20.38%	20.38%	20.63%	20.38%
Temperatura de operação (°C)	-40°C ~ +85°C									
Tensão máxima do sistema	1000/1500VDC (IEC)									
Classificação máxima de fusíveis em série	25A									
Tolerância de potência	0 ~ +3%									
Coefficiente de temperatura de Pmax	-0.35%/°C									
Coefficiente de temperatura de Voc	-0.29%/°C									
Coefficiente de temperatura de Isc	0.047%/°C									
Temperatura operacional nominal da célula (NOCT)	45±2°C									

String box Corrente Contínua

A String Box é um quadro elétrico designado para a proteção do lado de CC do sistema fotovoltaico, a string possui componentes que protegem e impedem a propagação de surtos elétricos e curtos-circuitos, minimizando o risco de acidentes elétricos. A String Box é instalada perto do inversor, portanto, se os módulos permanecerem a uma distância maior que 10 metros do inversor, é necessária a instalação de uma String Box extra devido à queda de tensão proporcionada pelos condutores. Na figura 6 pode ser visto uma string Box CC de um String

Figura 6 - String Box CC PHB Solar (2021)



Dispositivo de Proteção Contra Surtos Corrente Contínua (DPS)

O DPS de Corrente Contínua tem a funcionalidade de identificar sobre tensões transitórias e desviar as correntes de surto proveniente de descargas atmosféricas que possam atingir o sistema fotovoltaico e ser conduzido para o sistema de aterramento (VINTURINI, 2019). É regulamentado pela IEC 50539-11. Veja na figura 7 a ilustração de um DPS.

Figura 7 - DPS fotovoltaico



Fonte: NEGRINI, 2019.

Chave Seccionadora CC

A chave seccionadora é encarregada pela interrupção da energia em CC gerada pelos módulos fotovoltaicos ao Inversor. A chave seccionadora também assegura a proteção contra sobretensão e sobrecorrente. É regulamentada pela norma IEC 60947-3 (online). Veja na figura 8 a imagem de uma Chave Seccionadora:

Figura 8 - Chave seccionadora



Fonte: NEGRINI, 2019.

Fusíveis de Proteção CC

Os fusíveis são dispositivos que resguardam o sistema contra sobrecorrente (ANDRADE, 2019). Nos sistemas fotovoltaicos a capacidade desse tipo de equipamento excluído deve ser do tipo G, e são regulamentados por padrões internacionais da IEC 60269-6 e também por normas brasileiras como a NBR 16690. Confira na figura 9 a ilustração de um fusível de proteção CC.

Figura 9 - Fusível de proteção CC



Fonte: NEGRINI, 2019.

Inversor Fotovoltaico

Após os módulos fotovoltaicos, o inversor solar é o equipamento mais importante do sistema fotovoltaico, pois ele é o responsável em transformar a energia gerada em CC para CA.

Inversor On-Grid

Tais Inversores são planejados para desligarem rapidamente na circunstância da perda de energia na rede da concessionária. Esse desligamento é chamado de ilhamento. O inversor sincroniza com a frequência da rede dentro de um período estipulado pelo fabricante, e quando há qualquer diferença, imediatamente para seu funcionamento e assim evita curtos ou acidentes com prováveis operários da concessionária que irão executar a manutenção seja ela programada ou de emergência (PORTAL SOLAR, 2019). Na figura 10, tem-se ilustrado um Inversor Fotovoltaico On Grid.

Figura 10 - Inversos fotovoltaico On Grid



Fonte: PHB, 2019.

Micro Inversor

O Micro Inversor é um modelo de Inversor On Grid com pequeno porte. A diferença dentre eles é que o micro inversor foi designado para trabalhar com um ou dois módulos individualmente, e não com string de vários módulos em grupamento como no Inversor On grid. Os

proveitos de utilizar o micro inversor em um sistema fotovoltaico é que se pode utilizar vários modelos e marcas de módulos em um arranjo, existe a possibilidade de utilizar sub-arranjos e orientações diferentes e também reduzirá as perdas com sombreamento (SOLIENS, 2019). Veja uma ilustração do micro inversor na figura 11.

Figura 11 - Micro inversor fotovoltaico

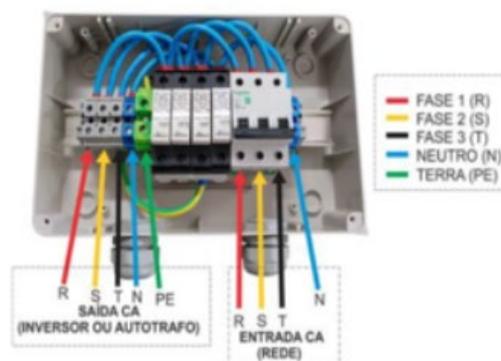


Fonte: ECORI SOLAR, 2019.

Quadro de Distribuição de Corrente Alternada – QDCA

O quadro de distribuição da corrente alternada é um quadro de proteção da parte CA do sistema fotovoltaico, ele é constituído por um conjunto de dispositivos prontos para agir contra os distúrbios elétricos que podem ocorrer junto do inversor e a rede elétrica, como pode ser observado na figura 12 um QDCA (PHB, 2019).

Figura 12 - QDCA



Fonte: PHB, 2019.

Disjuntor CA Curva C

O disjuntor é um dispositivo eletromecânico que protege a instalação elétrica quando uma corrente acima de seu valor nominal passa por ele. Basicamente, o disjuntor é um interruptor automático (MUNDO DA ELÉTRICA, 2019).

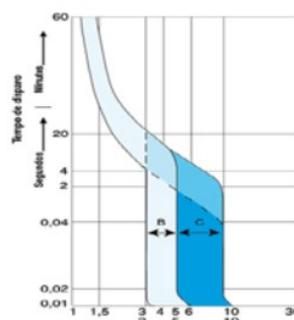
O disjuntor de classe C tem sua corrente de ruptura entre 5 e 10x de sua corrente nominal (MATTEDE, 2017). As figuras 13 e 14, respectivamente ilustram um modelo de disjuntor CA curva C e uma conferência entre curvas de disjuntores CA curvas C e B para melhor elucidação.

Figura 13 - Disjuntor curva C.



Fonte: SCHNEIDER, 2019.

Figura 14 - Curva C



Fonte: SCHNEIDER, 2019.

Dispositivo de Proteção Contra Surtos CA – DPS

O DPS CA, em conformidade com o ilustrado na figura 15, é um dispositivo de proteção contra surtos elétricos e é padronizado pela norma 5410 e 5419. Eles se conectam em correlato com o circuito, deste modo um caminho de descarga para as correntes de sobre tensão e sobre corrente, causadas por descargas atmosféricas ou mal funcionamento dos equipamentos (SOL CENTRAL, 2019).

Figura 15 - DPS CA



Fonte: TRAMONTINA, 2019.

Regulamentação

De acordo com o Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE), a geração solar fotovoltaica On-Grid é vista como um tipo de geração distribuída, possuindo por definição de geração distribuída, onde a fonte de energia está conectada próxima a unidade consumidora.

No Brasil a definição de geração distribuída encontra-se no artigo 14º do Decreto Lei nº 5.163/2004, atualizada pelo decreto 786/2017e diz que a geração distribuída é todo o tipo de produção de energia elétrica que tenha como fonte agentes concessionários, permissionários ou autorizados conectados diretamente no sistema elétrico do comprador, com exceção de geração de hidrelétricas com capacidade instalada superior à 30MW; termelétrica, mesmo quando sendo cogeração, com eficiência inferior à 75% (ZILLES, 2012).

Resoluções Normativas

O Art.2º da Resolução Normativa nº482 DE 17 de abril de 2012 da ANEEL estabeleceu entre outros assuntos a definição de microgeração e minigeração, levando em consideração as contribuições recebidas na consulta pública nº 15/2010, realizadas do período do dia 10 de setembro à 9 de novembro de 2010 através de intercâmbio documental e as contribuições recebidas na Audiência Pública nº 42/2011, realizadas no período de 11 de agosto a 14 de outubro de 2011 (ANEEL, REN 482/2012). É admitido observar as definições abaixo na íntegra.

I - Microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

II - Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5MW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (ANEEL, 2015, p. 1).

Hoje em dia essas definições estão vigorando no Art.2º da Resolução Normativa nº 687, entretanto sem sofrer qualquer modificação.

A REN 687/2015 surgiu para aprimorar a normatização de pontos importantíssimos contidos REN482/2012, porém sem invalidá-la, apenas revisá-la. De acordo com a tabela 1, é possível identificar como se comporta a tarifa atual de energia elétrica.

Composição atual da tarifa de energia elétrica

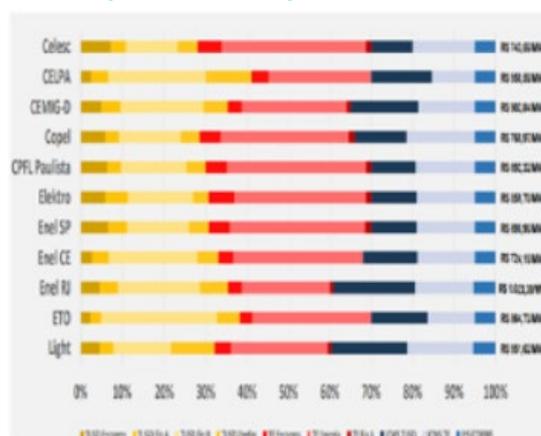
Tabela 1

COMPOSIÇÃO DA TARIFA ATUAL					
TUSD				TE	
TUSD FIO A	TUSD FIO B	ENCARGOS	PERDAS	ENERGIA	ENCARGOS E OUTROS

Fonte: GREENER,2019.

Na figura 16, é representado o gráfico da participação percentual (%) de cada componente na tarifa de energia elétrica na atualidade de algumas concessionárias do Brasil.

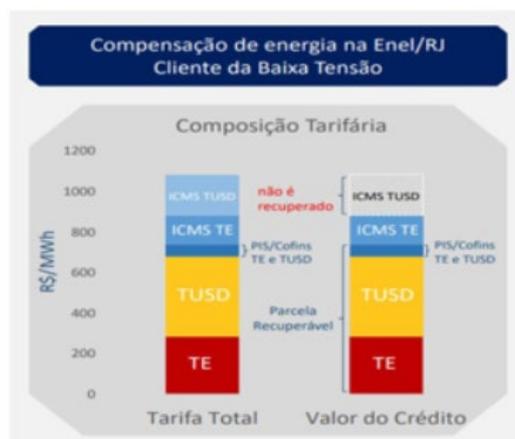
Figura 16 - Participação de componentes de cada distribuidora



Fonte: GREENER, 2019.

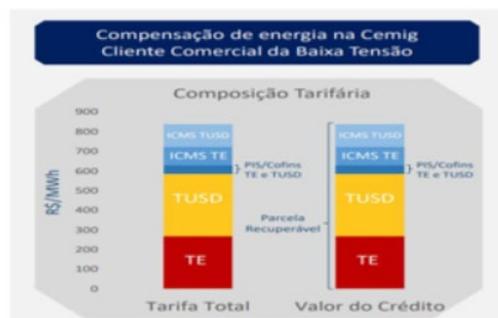
O CONFAZ (Conselho Nacional de Política Fazendária) determina que os estados adquiridos ao convênio 16/2015 podem ceder isenção do ICMS que incide na energia elétrica abastecida pela concessionária à unidade consumidora em cima dos créditos produzidos pela injeção de energia elétrica na rede. Entretanto o convênio 16/2015 apenas faz menção a REN 482/2012, dessa maneira acaba não isentando as modalidades efetivamente criadas com a REN 687/2015, além do texto não ser bem claro se a isenção do ICMS ocorrerá somente sobre TE ou sobre TE e TUSD, de acordo com as figuras 17 e 18 respectivamente, é interpretado por partes das concessionárias segundo o entendimento de cada uma delas (GREENER, 2019).

Figura 17 - Sistema de compensação Enel/RJ



Fonte: GREENER, 2019.

Figura 18 - Sistema de compensação Cemig/MG



FONTE: GREENER, 2019.

Modalidades de Geração Distribuídas

Por entre o desenvolvimento e crescimento das diretrizes que regulamentam a GD no Brasil, foi exequível adotar diversas formas de uso dessa tecnologia, inserindo-a e arrumando-a para as diversas necessidades e assim assegurar o crescimento da tendência mundial.

Com a REN 482/2012 e após, por intermédio de suas alterações alcançando na criação da REN 687/2015, houve a possibilidade da adesão de diferentes formas de cogeração, aumentando assim as possibilidades na qual os investidores podem escolher de forma a melhor adequá-la as suas necessidades e condições.

Empreendimentos de Múltiplas Unidades Consumidoras

Nesta modalidade existe a possibilidade da adesão da GD em condomínios verticais ou horizontais e vilas, onde a energia elétrica gerada pelo sistema e seus respectivos créditos individualizados são distribuídos de forma independente para as residências e as cargas das áreas de uso comum formam uma unidade consumidora distinta e de responsabilidade da administração do condomínio ou empreendimento com minigeração ou microgeração distribuída. As unidades consumidoras devem estar localizadas em uma mesma propriedade e sejam elas constituídas por um total superior a 3 UC's (ANEEL, 2015).

Autoconsumo Remoto

A modalidade de autoconsumo remoto permite aos investidores em GD, com título de pessoa física ou jurídica e possuam a unidade de microgeração ou minigeração em local diferente da unidade consumidora, utilizar deste benefício. Essa unidade deve estar dentro da mesma área de concessão ou permissão da concessionária, sendo assim podendo utilizar os créditos da geração excedente de energia elétrica para abater o consumo de suas respectivas unidades consumidoras permanecendo a cargo do próprio cliente a decisão na gestão de créditos designados para abatimento de consumo em cada unidade definido pelo investidor (ANEEL, 2015).

RESULTADOS

A seguir será apresentado o estudo de caso da instalação de uma usina fotovoltaica com potência de 12kWp.

O início do projeto é feito com a verificação da viabilidade técnica/econômica do cliente, realizando o levantamento de quantos kWh/mês o cliente consome e assim por meio de softwares especializados é realizado os cálculos do número de módulos fotovoltaicos que o cliente utilizará em sua residência, conforme apresentado na figura 19.

Figura 19: Consumo mensal / Geração mensal estimada

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
CONSUMO MENSAL	1250	1235	1254	1995	1456	1345	1200	1135	1000	1300	1420	1145
GERAÇÃO MENSAL ESTIMADA	1536	1679	1478	1385	1270	1259	1282	1472	1450	1416	1270	1475

GERAÇÃO ANUAL	16972 kWh	
CONSUMO ANUAL	15135 kWh	
EXCEDENTE	1837 kWh	10,83%

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 20 - Materiais escolhidos pelo cliente

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	ILUSTRAÇÃO
Inversor PHB8500-MS PHB Solar - WIFI	1	
Módulos fotovoltaicos 530 Wp Jinko SOLAR	23	
Estruturas de fixação	Incluso	
Projeto de engenharia, consultoria e requerimento na concessionária de energia.	Incluso	
Instalação do sistema	Incluso	
TOTAL		<i>R\$60.000,00</i>

Fonte: A autoria própria (2021)

A princípio foi apresentada uma geração de 16972 kWh por ano com 23 módulos e um consumo de 15135 kWh por ano, representando assim uma “sobra” de 10,83% anual que será utilizada ao longo dos 25 anos. É de grande importância todo consumidor pensar de maneira crítica ao escolher o seu sistema fotovoltaico, afinal ele está sendo projetado para uma duração média de 25 anos. Na figura 20 observa-se quais foram os materiais escolhidos pra execução do sistema e o seu respectivo custo, enquanto a figura 21 apresenta a instalação parcial do sistema fotovoltaico.

Figura 21 - Instalação do sistema fotovoltaico de 12kWp.



Fonte: A autoria própria (2021)

Figura 22 - Retorno anual do investimento.



Fonte: Autoria própria (2021)

O retorno financeiro ocorrerá em 4 anos, inclusive com saldo positivo no final deste ano, conforme a figura 22. Quanto maior for o investimento do cliente em adquirir os componentes do sistema solar em menos tempo ele se pagará. Ao final desse período toda energia gerada pelo sistema solar é lucro para o cliente, sendo que ele permanecerá pagando apenas a taxa mínima da concessionária de energia elétrica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em cada projeto e execução de um sistema fotovoltaico existe um desafio desde o planejamento até a execução da obra e neste não foi diferente. Entretanto, o resultado foi satisfatório e o sistema instalado, com potência de 12KWp, está gerando energia para o cliente final, abatendo assim todo o seu consumo e o excedente sendo injetado na rede e gerando créditos com validade de 60 meses para um consumo futuro.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). BIG - Banco de Informações de Geração. 2019. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 09 abr. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição. 2017. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/PRODISTM%C3%B3dulo3_Revis%C3%A3o7/ebfa9546-09c2-4fe5-a5a2-ac8430cbca99>. Acesso em: 22 mar. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 22

mar. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 687, DE 24 DE NOVEMBRO DE 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Revisão das regras aplicáveis à micro e minigeração distribuída – Resolução Normativa nº 482/2012: Relatório de Análise de Impacto Regulatório nº 0004/2018-SRD/SCG/SMA/AN

EEL.2018.p. 12. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/184851>

89/6+Modelo+de+AIR+-+SRD+-+Gera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida.pdf/769daa1c-51af-65e8-e4cf-24eba4f965c1>. Acesso em: 02 maio 2021.

AMBIENTE BRASIL. Histórico das Células Fotovoltaicas e a Evolução da Utilização de Energia Solar. Disponível em: <https://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/energia_solar/historico_das_celulas_fotovoltaicas_e_a_evolucao_da_utilizacao_de_energia_solar.html>. Acesso em: 20 abr. 2021.

ANDRADE, Camila. O que é fusível e quais suas categorias. Disponível em: <<https://www.saladaeletrica.com.br/fusivel/>>. Acesso em: 30 maio 2021.

DE LIMA, G. M. Fontes alternativas de energia. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017. p. 70-71.

ENEL. NORMA TÉCNICA NT-Br 010/2016 R-01: Conexão de Micro e Minigeração Distribuída ao Sistema Elétrico da AMPLA/COELCE. 2016. Disponível em: <https://www.eneldistribuicao.com.br/rj/documentos/NT-BR-010_R-01.pdf>. Acesso em: 03 maio 2021.

GREENER. Estudo Estratégico: Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída – Impacto das Alterações da RN 482. Disponível em: <<https://greener.greener.com.br/estudo-gd-1sem2019>>. Acesso em: 02 maio 2021.

GUIMARÃES, G. String Box- O que é e como funciona? Disponível em: <<https://>

www.solarvoltenergia.com.br/blog/string-box-o-que-e-e-como-funciona/>. Acesso em: 23 maio 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (INEE). O que é geração distribuída. Disponível em: <http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp?Cat=gd>. Acesso em: 21 abr. 2021.

JINKO SOLAR. JKM325PP-72(Plus). Disponível em: <[https://www.jinkosolar.com/ftp/EN-Eagle+-325PP\(Plus\)-72_rev2015.pdf](https://www.jinkosolar.com/ftp/EN-Eagle+-325PP(Plus)-72_rev2015.pdf)>. Acesso em: 12 maio 2021.

MATTEDE, H. Quais são e para que servem as curvas dos disjuntores? Mundo da Elétrica, 2017. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/quais-sao-e-para-que-servem-as-curvas-dos-disjuntores/>> Acesso em: 20 de maio 2021.

MAUAD, F. F.; *et al.* Energia Renovável no Brasil: Análise das Principais Fontes Energéticas Renováveis Brasileiras. São Carlos: EESC/USP, 2017. p. 285.

MUNDO DA ELÉTRICA. O que é um disjuntor e qual sua aplicação? Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-disjuntor-e-qual-sua-aplicacao/>>. Acesso em: 25 maio 2021.

- NASCIMENTO; *et al.* Fontes alternativas de energia elétrica: potencial brasileiro, economia e futuro. Disponível em: <http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/viewFile/2391/1280>. Acesso em: 04 maio 2021.
- NASCIMENTO, R. L. Energia solar no Brasil: situação e perspectivas. 2017. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/32259/energia_solar_limp.pdf?sequence=1>. Acesso em: 04 maio 2021.
- NEGRINI. Produtos energia Solar. Disponível em: <<http://negrini.com.br/category/energia-solar/>>. Acesso em: 23 maio 2021.
- NEOSOLAR. Energia solar fotovoltaica. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/neosolar-energia/fornecedores>>. Acesso em 02 maio 2021.
- PEREIRA, E. B. *et al.* Atlas Brasileiro de Energia Solar. 2 ed. São José dos Campos: INPE, 2017. p.57.
- PHB SOLAR. Produtos. PHB. Disponível em: <<https://www.energiasolarphb.com.br/produtos.php>>. Acesso em: 22 maio 2021.
- PHB SOLAR. String Box Monofásico para Energia Solar. Disponível em: <<https://www.energiasolarphb.com.br/string-box-monofasico.php>>. Acesso em: 25 maio 2021.
- PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. (Eds.). Manual de Engenharia para Sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: [s.n.], 2014. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf. Acesso em: 11 abr. 2021.
- PORTAL SOLAR, Passo a passo da fabricação do painel solar. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/passa-a-passo-da-fabricacao-do-painel-solar.html>>. Acesso em: 09 maio 2021.
- PORTAL SOLAR. Inversor Grid Tie Portal Solar. 2017. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/inversor-grid-tie.html>>. Acesso em: 24 maio 2021.
- PORTAL SOLAR. Conceito de Net Metering: Geração própria de energia e banco de créditos. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/incentivos-a-energia-solar/conceito-de-net-metering-geracao-propria-de-energia-e-banco-de-creditos.html>>. Acesso em: 15 abril 2021.
- RUBIM, B. Tudo o que você precisa saber sobre a revisão da REN 482. 2018. Disponível em: <<http://www.ecorienergiasolar.com.br/artigo/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-a-revisao-da-ren-482->>. Acesso em: 02 maio 2021.
- SCHNEIDER. Produtos. Disponível em: <<https://www.se.com/br/pt/product/EZ9F33350/disjuntor-easy9-3p-50a-curva-c---3000a/?range=61949-disjuntor-easy9---3ka-e-6ka>>. Acesso em: 22 maio 2019
- SILVA, P. F. Breve história da energia solar – Silício. Disponível em: <<http://web.ist.utl.pt/palmira/solar2.html>>. Acesso em: 22 abr. 2019.
- SOL CENTRAL. DPS. Disponível em: <<http://www.solcentral.com.br/dps/>>. Acesso em: 01 junho 2020.
- SOUZA, R. Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica. Passari, Luiz Rafael. ed. Ribeirão Preto: [s.n.], 2016.

SOLIENS. Conheça o micro inversor solar. Disponível em: <<https://www.soliens.com.br/blog/curso-de-energia-solar/conheca-o-microinversor-solar/>> Acesso em: 27 maio 2020.

TRAMONTINA. Produtos. Disponível em: <<https://www.tramontina.com.br/p/57700041-527-dps-tr-dispositivo-de-protecao-contrasurtos-100ka-275v-2p>>. Acesso em: 26 maio 2021.

VINTURINI, Mateus. O que é DPS e como é usado nos sistemas fotovoltaicos. Disponível em: <<https://canalsolar.com.br/index.php/artigos/item/154-o-que-e-dps-como-utilizar-sistema-fv>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

ZILLES, R. *et al.* Sistema Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.



AYA EDITORA
2021