

ENERGIAS ALTERNATIVAS EM SISTEMAS PREDIAIS – ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

E-book da Abracopel Regional – RIO GRANDE DO NORTE.



Sumário

1. Introdução.....	4
2. Panorama da Matriz Elétrica Brasileira	5
3. Potencial e Capacidade Energética Instalada no Brasil e no Mundo.....	6
4. O potencial do Recurso Solar	8
5. Sistemas Solares Fotovoltaicos (FV).....	10
5.1 Sistemas fotovoltaicos autônomos (isolados ou <i>off-grid</i>)	11
5.2 Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (<i>on-grid</i>).....	11
5.3 Sistemas fotovoltaicos híbridos.....	11
6. Marcos da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil.....	12
7. Evolução dos preços em FV.....	13
8. Geração Centralizada e Geração Distribuída	13
9. Vantagens e Desvantagens dos Sistemas FV.....	14
10. Geração de trabalho e emprego em energia solar fotovoltaica	14
11. Outras aplicações da energia solar fotovoltaica	14
12. Componentes dos Sistemas FV.....	15
13. Instalações elétricas em Sistemas FV	16
13.1 Bateria.....	16
13.2 Controlador de Carga	17
13.3 Caixa de junção ou <i>string box</i>	17
13.4 Cabos elétricos.....	17
13.5 Conectores elétricos	18
13.6 Dispositivos de proteção.....	19
13.7 Dispositivos de comando.....	20
13.8 Quadros elétricos.....	21

13.9	Aterramento elétrico	22
13.10	Estruturas de suporte e fixação	23
14.	Normas (NRs, NBRs e Resoluções da ANEEL)	24
14.1	Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT	24
14.2	Ministério da Economia – Secretaria de Trabalho	27
14.3	Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.....	28
15.	Instalação, operação e manutenção de Sistemas FV	28
15.1	Conexões Elétricas em um Sistema FV	30
15.2	Boas práticas de manuseio e montagem de um Sistema FV	30
15.3	Comissionamento de um Sistema FV	31
15.4	Operação de um Sistema FV	31
15.5	Manutenção de um Sistema FV.....	32
15.6	Inspeção visual de um Sistema FV	33
15.7	Medições de parâmetros elétricos de um Sistema FV	33
15.8	Utilização de inspeção termográfica em um Sistema FV	34
16.	Capacitação profissional em energia solar fotovoltaica	34
16.1	Instalador de Sistemas Fotovoltaicos	35
16.2	Especialista Técnico em Energia Solar Fotovoltaica	35
16.3	Especialista em Sistemas Fotovoltaicos.....	35
17.	Conselhos de classes profissionais	36
18.	Conclusões	37
19.	Bibliografia.....	37
20.	Autores.....	38

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Matriz Elétrica Brasileira. Fonte: ABSOLAR (2021).	5
Figura 2 - Evolução da capacidade instalada da energia solar fotovoltaica no Brasil.....	7
Figura 3 - Componentes de um sistema solar fotovoltaico.	10
Figura 4 - Caixa combinadora de <i>strings</i> . Fonte: https://new.abb.com/	17
Figura 5 - Condutor elétrico. Fonte: http://www.cobrecom.com.br/arquivos/configuracoes-1000- catlogocompleto.pdf	18
Figura 6 - Conectores elétricos. Fonte: https://new.abb.com/	18
Figura 7 - Fusível e suporte de fusível. Fonte: https://new.abb.com/	19
Figura 8 - Disjuntores termomagnéticos. Fonte: https://new.abb.com/	19
Figura 9 - Dispositivo protetor de surto. Fonte: https://new.abb.com/	20
Figura 10 - Chave seccionadora. Fonte: https://new.abb.com/	21
Figura 11 - Quadro elétrico. Fonte: https://new.abb.com/	22

1. Introdução

A energia solar fotovoltaica vem apresentando nos últimos dez anos um crescimento exponencial em todo o mundo. Esse crescimento tem sido possível graças a vários fatores, destacando-se a redução dos preços dos módulos fotovoltaicos, aumento das eficiências dos módulos e incentivos governamentais.

No Brasil a situação acompanha o ritmo mundial. Com a publicação da Resolução Normativa nº 482/2012 pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, os consumidores brasileiros passaram a instalar usinas geradoras a partir de fontes renováveis de energia para atender suas necessidades energéticas.

Entre as fontes de energia contempladas pela resolução supracitada, a energia solar fotovoltaica destaca-se pela potência instalada e pelo número de sistemas instalados.

Esses sistemas fotovoltaicos instalados nas propriedades dos consumidores devem ser projetados, instalados, operados e mantidos de acordo com os normativos técnicos existentes e precisam atender também aspectos de segurança.



2. Panorama da Matriz Elétrica Brasileira

A matriz elétrica brasileira é uma das mais limpas do mundo, com as energias renováveis correspondendo a 79,5%.

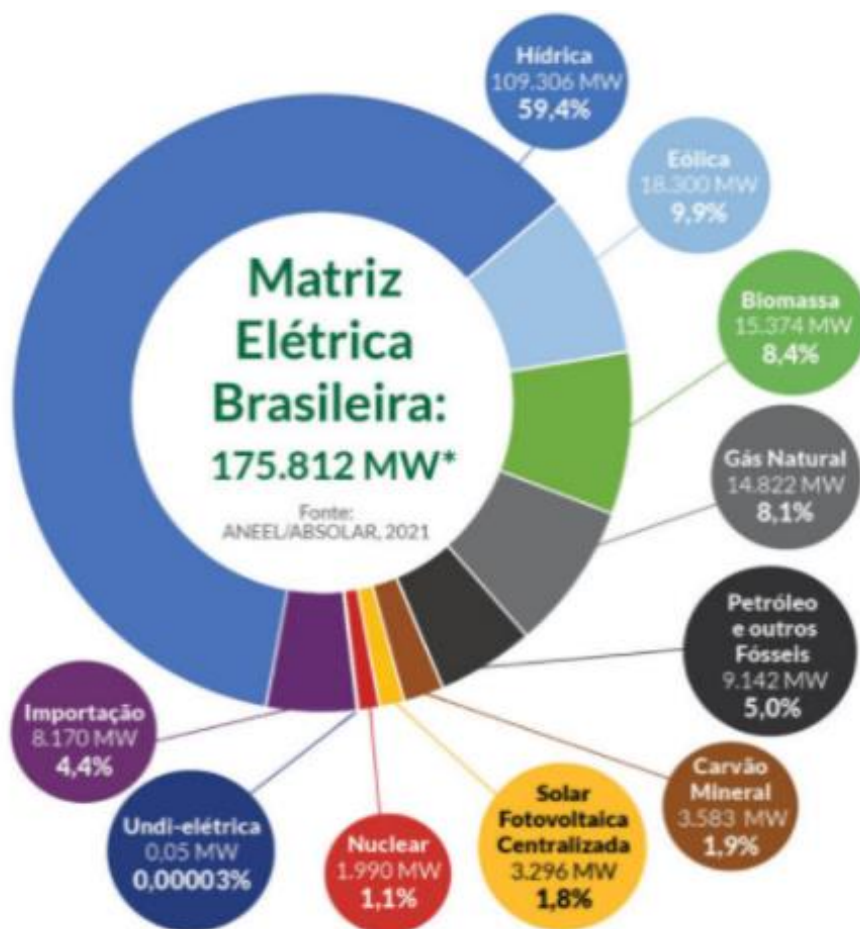


FIGURA 1 - MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA. FONTE: ABSOLAR (2021).

A energia solar fotovoltaica responde por 1,8 % da nossa matriz elétrica, destacando-se pelo seu rápido crescimento nos últimos anos, tendo ultrapassado a energia nuclear.

3. Potencial e Capacidade Energética Instalada no Brasil e no Mundo

A energia solar fotovoltaica apresenta-se como uma opção extremamente viável devido ao enorme potencial disponível, pois a Terra recebe anualmente energia solar correspondente a 10 mil vezes o consumo energético mundial nesse período. Atualmente, a capacidade instalada da energia solar fotovoltaica no mundo atinge valores próximos de 700 GW.

O Brasil tem um dos melhores níveis de insolação do mundo, variando de 4.500 Wh/m². dia a 6.100 Wh/m². dia. Praticamente todas as regiões do Brasil recebem mais de 2.200 horas de insolação por ano, com um potencial equivalente a 15 milhões de TWh (15 x 10¹⁸ Wh), correspondendo a 31,65 mil vezes o consumo nacional de eletricidade, que em 2020 atingiu 474 TWh.

A maior parte do território brasileiro está localizada próxima à linha do equador, o que implica em dias com maior quantidade de horas de radiação solar. A Região Nordeste do Brasil é a região de maior radiação solar do país, apresentando valores de 5.700 Wh/m².dia a 6.100 Wh/m².dia.

Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica - ABSOLAR a energia solar fotovoltaica atingiu recentemente, no mês de junho/2021, a potência instalada de 9.187 MW, sendo 5.891 MW (64%) de geração distribuída e 3.296 MW (36%) de geração centralizada.

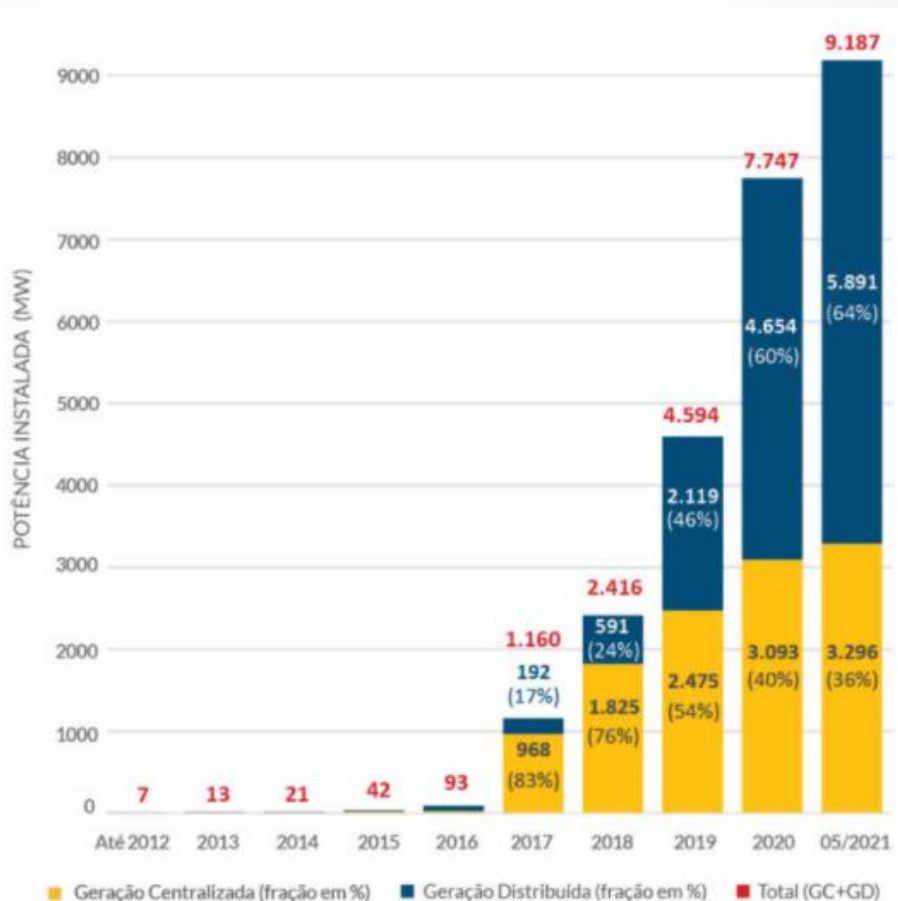


FIGURA 2 - EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL.

Fonte: ABSOLAR (2021).

4. O potencial do Recurso Solar

O sol produz energia sob duas modalidades: a térmica e a elétrica.

O Brasil é um país onde o potencial energético do recurso solar é abundante. A partir da década de 1960, o País foi influenciado por muitas empresas de construção de barragens e passou a construir grandes hidrelétricas, de modo que assim a monocultura da hidroelétrica foi estabelecida no Brasil.

Por essa época, a política energética baseada em fontes renováveis, que teve início na Alemanha, logo se espalhou pelo mundo. Então, objetivando tirar o País da dependência da monocultura da hidreletricidade, engenheiros, cientistas e professores da PUC e da USP propuseram aos órgãos de concessão do Governo Federal a abrir o leque de nossas fontes alternativas de energia. Então, na década de 1980, foi criada a Matriz Energética Brasileira, que começou com levantamentos em cada Estado. Hoje, os dados anuais coletados são de acompanhamento obrigatório.

Muitos engenheiros das concessionárias de energia elétrica participaram de cursos superiores sobre a matéria. Na década de 1980, as primeiras instalações de energia solar-térmica e fotovoltaica ocorreram no Estado de Pernambuco. A seguir, o Ministério de Minas e Energia decidiu desenvolver o Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios - PRODEEM. O PRODEEM também contemplava a produção de eletricidade com energia eólica.

Esse Programa durou até 1999, ano em que foram concluídas todas as privatizações das concessionárias públicas. No ano 1997, o Rio Grande do Norte foi classificado pelo PRODEEM como o Estado que mais implantou tais sistemas, instalando energia fotovoltaica em 24 escolas e 03 postos de saúde situados em povoados distantes a mais de 25 quilômetros das linhas elétricas convencionais. O Projeto Piloto do PRODEEM no Estado foi implantado no povoado de Mundo Novo, município de São Miguel do Gostoso, com ajuda financeira da Petrobrás.

No fim da década de 1980, empresas japonesas despertaram o interesse pela energia fotovoltaica. Na época, havia na Indonésia cerca de 17.000 ilhas sem eletricidade, e o atendimento por linhas elétricas aéreas era impraticável. Por essa época, a empresa japonesa Kyocera adquiriu da empresa alemã Siemens os painéis



fotovoltaicos que ela ainda iria produzir nos 25 anos seguintes. Isso mostra o início da consolidação do novo mercado mundial de investimentos.

A cada dia que passa, a implantação de tais sistemas por empresas privadas evolui em progressão geométrica, sobretudo nos imóveis das áreas urbanas. Isso fez com que as despesas com eletricidade se reduzissem a cerca de 15% da média de consumo, graças ao engenhoso modo *on-grid* de produção local a tarifas compensatórias, obrigatório para todas as concessionárias que atuam no território nacional, e aos financiamentos abertos pelo Banco do Brasil.



5. Sistemas Solares Fotovoltaicos (FV)

Para a conversão direta da energia solar em energia elétrica é necessário a instalação de um sistema solar fotovoltaico, que é um conjunto de módulos conectados em série ou em paralelo. Dá-se o nome de arranjo ao agrupamento de módulos e os módulos conectados em série recebem o nome de *strings* ou fileiras.

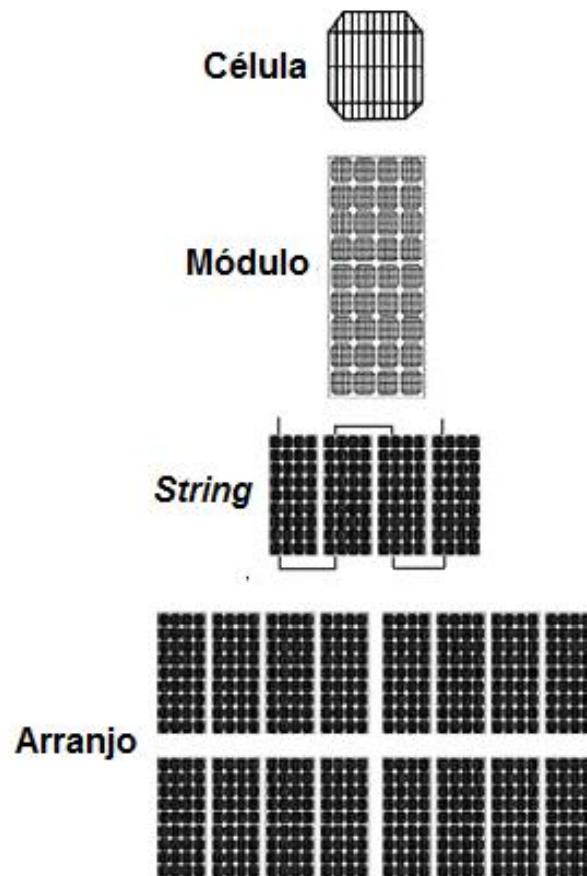


FIGURA 3 - COMPONENTES DE UM SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.

Fonte: <https://sites.google.com/site/reeetech/home/photovoltaic>

Os sistemas fotovoltaicos podem ser de três tipos:

- Sistemas isolados ou autônomos (*off-grid*) com ou sem armazenamento;
- Sistemas conectados à rede elétrica (*on-grid*);
- Sistemas híbridos.

5.1 Sistemas fotovoltaicos autônomos (isolados ou *off-grid*)

São sistemas fotovoltaicos instalados em locais que não têm rede pública de energia elétrica. Podem ter armazenamento (baterias) ou não. Existem inúmeras possibilidades de uso desses sistemas em zonas rurais, praia, camping, ilhas, aeroespaciais, comunidades isoladas sinalização marítima telecomunicações etc.

Os componentes de sistemas fotovoltaicos autônomos são: módulos fotovoltaicos, controlador de carga, bateria e um inversor.

Em sistemas que utilizam bateria é necessário um controlador de carga e o inversor serve para alimentar cargas em corrente alternada.

5.2 Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (*on-grid*)

São sistemas fotovoltaicos que operam em paralelo com a rede pública de energia elétrica. Esses sistemas podem ser de dois tipos: geração centralizada (GC) ou geração distribuída (GD).

A geração centralizada abrange grandes usinas construídas para vender a energia elétrica produzida. A geração distribuída abrange usinas implantadas pelos consumidores de energia elétrica para atender suas necessidades energéticas.

5.3 Sistemas fotovoltaicos híbridos

São projetos de geração de energia elétrica que utilizam uma combinação de duas ou mais fontes energéticas. Podem ser: Eólica + Fotovoltaica, Hidráulica + Fotovoltaica, Heliotérmica (termossolar) + outro combustível (biomassa), Biomassa + Gás natural e Carvão + biomassa (coqueima).

No Brasil, a complementariedade entre determinadas fontes (eólica e solar, por exemplo) trará melhor aproveitamento do sistema de transmissão existente e planejado. As usinas híbridas tornam-se importantes nos sistemas isolados existentes na Região Norte do Brasil.



6. Marcos da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil

O primeiro passo rumo à abertura do mercado de energia solar fotovoltaica no Brasil foi dado em 2012. Este ano trouxe uma grande mudança para o setor de energia solar com a publicação da Resolução Normativa nº 482 da ANEEL. A REN nº 482/2012, como ficou conhecida, permitiu ao consumidor gerar sua própria energia elétrica, e ainda conectá-la à rede de distribuição. Portanto, essa resolução viabilizou tanto a produção por microgeradores, como os painéis solares nos telhados dos imóveis, quanto por minigeração, como a que acontece nas Fazendas Solares.

A REN nº 482/2012 permitiu também a criação de sistemas de compensação de créditos de energia e estabeleceu os requisitos para a conexão de sistemas à rede. Neste mesmo ano, o governo criou também outras medidas para incentivar o uso das energias renováveis, como por exemplo, a isenção do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI e a isenção sobre Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual, Intermunicipal e de Comunicação - ICMS, além do apoio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES para os financiamentos de empreendimentos de GD.

Desde então, o setor de GD só vem crescendo. Segundo dados da ABSOLAR, em 2012 a potência instalada no país todo era de 7 MW, e em 2020, o Brasil atingiu a marca de 6 GW. Três anos depois, entra em vigor a Resolução Normativa nº 687 de 24 de novembro de 2015, que trouxe algumas alterações na REN nº 482/2012, impactando diretamente sobre o mercado do setor de GD, criando novos nichos de consumidores e novas possibilidades de negócios.

Dentre as principais alterações trazidas pela REN nº 687/2015, destacam-se o aumento no prazo para uso da compensação dos créditos de energia, passando de 36 meses para 60 meses; o período para análise do parecer de acesso junto à concessionária também mudou, diminuindo de 82 dias para 34 dias, bem como também a potência que limita a classificação do empreendimento em micro e minigeração distribuída sofreu alteração.

Ainda que a evolução do setor seja bem expressiva, vale salientar que esse é um segmento relativamente novo no país e que é necessária uma legislação



particular que fixe regras bem específicas para quem atua instalando os painéis solares.

Atualmente, há uma discussão sobre um projeto de lei que tramita na Câmara dos Deputados e que coloca em confronto as tradicionais distribuidoras de energia e os empreendedores de soluções em energia solar. Por conta disso, surgiu um clima de instabilidade jurídica que paira sobre o setor, tendo em vista que ele é regulamentado apenas pelas REN nº 482/2012 e nº 687/2015, ambas da ANEEL.

O Projeto de Lei 5829/19, que ficou conhecido como o marco legal da GD solar, promete instituir regras que incentivem a instalação de sistemas de micro e minigeração distribuída e reduzam a conta de energia da população.

7. Evolução dos preços em FV

Entre 2010 e 2020 o custo nivelado da eletricidade - LCOE da energia solar fotovoltaica utilizada na Geração Centralizada caiu 85% no mundo. Essas reduções de custos ocorreram principalmente devido à queda nos preços dos módulos e reduções nos custos de equilíbrio do sistema, em função do melhoramento na eficiência dos módulos e ampliação e otimização na fabricação.

No Brasil, nesse mesmo período, o custo de instalação de um sistema de energia solar caiu mais de 90%.

8. Geração Centralizada e Geração Distribuída

A energia fotovoltaica é produzida sob duas modalidades:

- Geração centralizada e
- Geração distribuída.

A geração centralizada é feita por verdadeiras usinas localizadas em certos sítios geográficos de alta incidência solar.

A geração distribuída é aquela feita no local onde a energia será consumida e fornecida ou não à concessionária de eletricidade.



Há certos aproveitamentos de geração fotovoltaica centralizada que ainda não foram pensados pelos órgãos governamentais, mas que contribuiriam muito para a solução de problemas ambientais e de segurança pública.

9. Vantagens e Desvantagens dos Sistemas FV

São inúmeras as vantagens da energia solar fotovoltaica, destacando-se: recurso totalmente renovável, não emite ruídos, não polui, a manutenção é mínima, vida útil elevada, modularidade, facilidade de instalação e excelente em locais remotos.

Como desvantagens podemos citar: Valor inicial do investimento, geração intermitente e eficiência de 20%.

10. Geração de trabalho e emprego em energia solar fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica vem se destacando como a maior geradora de emprego no mundo entre as energias renováveis, superando 30% do total de postos de trabalho em várias áreas: fabricação, projeto, instalação, operação, manutenção, vendas etc.

No Brasil mais de 270 mil novos empregos foram gerados pela energia solar.

11. Outras aplicações da energia solar fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica pode ser utilizada de outras formas.

Integração Fotovoltaica na Construção Civil (*Building Integrated Photovoltaics* – BIPV): É a integração da usina solar fotovoltaica com a arquitetura da edificação, formando parte integrante e essencial de sua estrutura.

Usinas flutuantes: Consiste na utilização de painéis fotovoltaicos com flutuadores sobre uma área alagada, como o lago de uma hidroelétrica. Essa solução é interessante porque utiliza a infraestrutura elétrica de transmissão



existente. No Brasil existem alguns projetos-pilotos localizados nas usinas Porto Primavera (SP), Balbina (AM) e Sobradinho (BA).

Irrigação e bombeamento: Utilizar a energia solar para Irrigação e bombeamento é uma solução viável que pode ser utilizada principalmente no meio rural. Consiste em gerar energia elétrica a partir da radiação solar para alimentar bombas elétricas. O período de maior insolação corresponde ao período de necessidade de água nas lavouras.

Agrovoltaica ou agrofotovoltaica: A utilização de uma usina solar fotovoltaica com a agricultura em uma mesma superfície apresenta-se como uma oportunidade para a combinação sinérgica de energias renováveis e a produção de alimentos. Estima-se que se 1 % das áreas cultiváveis do mundo fosse usado para a gerar eletricidade a partir da fonte solar, seria possível atender a demanda mundial de energia.

Iluminação pública: A energia elétrica necessária para atender a rede de iluminação pública pode ser fornecida a partir da energia solar, instalando-se no poste o módulo, a bateria e o controlador de carga.

Eletrificação de ferrovias: A energia elétrica utilizada para acionar trens e metrô pode ser fornecida através de usinas solares fotovoltaicas.

12. Componentes dos Sistemas FV

Os principais componentes de um sistema solar fotovoltaico são os módulos fotovoltaicos e os inversores.

O módulo fotovoltaico é o elemento fundamental em um sistema fotovoltaico. Ele é responsável por transformar a energia da luz solar em energia elétrica. É um conjunto de células solares ligadas eletricamente em série e montadas numa estrutura.

Os módulos fotovoltaicos comercializados no Brasil devem ser ensaiados de acordo com os normativos do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro, apresentar registro no órgão e incluir etiqueta com dados.



O inversor converte a corrente contínua produzida pelo módulo fotovoltaico em corrente alternada. É necessário em sistemas fotovoltaicos quando deseja-se alimentar cargas de corrente alternada e/ou conectar a usina à rede elétrica.

Inversores utilizados em sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica, chamados *grid-tie*, permitem a sincronização com a tensão senoidal da rede elétrica e por questões de segurança não podem funcionar quando a rede elétrica estiver desligada e desligam-se automaticamente quando essa é desligada. Isso para evitar que equipamentos e pessoas sejam submetidos a uma tensão.

Inversores podem ser monofásicos ou trifásicos e dos seguintes tipos: *Grid-tie* (conectado à rede – *on-grid*), *Off-grid* (isolado), Microinversor e Híbrido.

13. Instalações elétricas em Sistemas FV

Além dos módulos fotovoltaicos e inversores e dependendo do seu tipo, os sistemas fotovoltaicos incluem outros componentes: bateria, controlador de carga, caixa de junção ou *string box*, cabeamento, conectores elétricos, dispositivos de proteção, quadros elétricos e estrutura de suporte e fixação.

13.1 Bateria

O uso de bateria em sistemas fotovoltaicos autônomos é necessário para armazenar a energia elétrica gerada que não foi utilizada pela carga, possibilitando seu uso no período noturno ou em dias nublados. A bateria também serve para estabilizar a tensão gerada pelos módulos.

Um agrupamento de baterias em série ou paralelo é chamado de banco de baterias. Os tipos de baterias mais utilizados são: chumbo-ácido, níquel-cádmio e níquel-metal-hidreto.



13.2 Controlador de Carga

O controlador de carga é necessário em sistemas fotovoltaicos com bateria, pois possibilita a conexão correta entre os módulos e a bateria, controlando os ciclos de carga e descarga. O controlador evita que a bateria seja sobrecarregada ou que atinja um nível de carga muito baixo.

13.3 Caixa de junção ou *string box*

De acordo com a norma NBR 10899:2020, caixa de junção é um “invólucro no qual subarranjos fotovoltaicos, séries fotovoltaicas ou módulos fotovoltaicos são conectados em paralelo, e que pode alojar dispositivos de proteção e/ou seccionamento”.



FIGURA 4 - CAIXA COMBINADORA DE STRINGS. FONTE: [HTTPS://NEW.ABB.COM/](https://new.abb.com/)

13.4 Cabos elétricos

Os cabos elétricos utilizados em sistemas fotovoltaicos no lado CC devem ter características especiais:

- Suportarem tensões de operação elevadas;
- serem resistentes à radiação ultravioleta;
- serem isentos de halogênios;



- devem suportar no mínimo 80 °C em serviço;
- devem ser unipolares;
- seus comprimentos devem ser o menor possível.

Os cabos utilizados no lado CA devem atender às prescrições adotadas nas instalações elétricas usuais.



FIGURA 5 - CONDUTOR ELÉTRICO. FONTE: [HTTP://WWW.COBRÉCOM.COM.BR/ARQUIVOS/CONFIGURACOES-1000-CATLOGOCOMPLETO.PDF](http://www.cobrecom.com.br/arquivos/configuracoes-1000-catlogocompleto.pdf)

13.5 Conectores elétricos

Os módulos fotovoltaicos são conectados entre si e com o inversor por meio de conectores elétricos. Os conectores MC4 foram desenvolvidos para aplicações fotovoltaicas e são padrão mundial.



FIGURA 6 - CONECTORES ELÉTRICOS. FONTE: [HTTPS://NEW.ABB.COM/](https://new.abb.com/)

13.6 Dispositivos de proteção

Fusíveis: São instalados no lado CC de um sistema fotovoltaico para proteção contra sobrecorrentes. Os fusíveis empregados são do tipo gPV e devem ser instalados nos cabos positivos e negativos das *strings*.



FIGURA 7 - FUSÍVEL E SUPORTE DE FUSÍVEL. FONTE: [HTTPS://NEW.ABB.COM/](https://new.abb.com/)

Disjuntores: Protegem contra sobrecorrentes e são instalados nos lados CC e CA de um sistema fotovoltaico



FIGURA 8 - DISJUNTORES TERMOMAGNÉTICOS. FONTE: [HTTPS://NEW.ABB.COM/](https://new.abb.com/)

Dispositivos protetores de surto - DPS: Protegem os equipamentos contra sobretensões. São instalados tanto no Quadro de Proteção de Corrente Contínua quanto no Quadro de Proteção de Corrente Alternada. São muito importantes na proteção do sistema fotovoltaico contra surtos de tensão provenientes de descargas atmosféricas ou originados na rede elétrica.



FIGURA 9 - DISPOSITIVO PROTETOR DE SURTO. FONTE: FINDERNET.COM/PT

13.7 Dispositivos de comando

No lado CC de um sistema fotovoltaico deverá ser utilizada uma chave seccionadora geral bipolar com o objetivo de desligar manualmente os circuitos que vêm dos módulos, nas ações de manutenção da usina. A interrupção no lado CA pode ser feita com disjuntores.



FIGURA 10 - CHAVE SECCIONADORA. FONTE: [HTTPS://NEW.ABB.COM/](https://new.abb.com/)

13.8 Quadros elétricos

Quadro elétrico é o agrupamento de equipamentos destinados à proteção, comando, controle e medição, instalados num armário que pode ser metálico ou de plástico.

O Quadro de Proteção de Corrente Contínua recebe a energia elétrica em corrente contínua gerada pelos módulos fotovoltaicos e a envia para o inversor. Nesse quadro estão instalados: fusíveis, disjuntor, chave de desconexão CC, dispositivo protetor de surto - DPS e barramentos positivo, negativo e de aterramento. Esse quadro pode ter a função de *string box*.

O Quadro de Proteção de Corrente Alternada recebe a energia elétrica em corrente alternada entregue pelo inversor e a envia para a rede elétrica. Nesse quadro estão instalados: disjuntores, dispositivo diferencial residual - DDR, dispositivo protetor de surto - DPS e barramentos das fases, de neutro e de aterramento.



FIGURA 11 - QUADRO ELÉTRICO. FONTE: [HTTPS://NEW.ABB.COM/](https://new.abb.com/)

13.9 Aterramento elétrico

O Aterramento elétrico tem como objetivos:

- Assegurar a atuação da proteção;
- Proteger as instalações contra descargas atmosféricas;
- Proteger as pessoas contra contatos com partes metálicas da instalação, energizadas acidentalmente;
- Uniformizar o potencial em toda a área do projeto.

O Aterramento elétrico pode ser de dois tipos: funcional ou de serviço e de proteção ou de segurança. O aterramento de serviço é parte integrante dos sistemas elétricos. Como exemplo, podemos citar: aterramento do neutro dos transformadores trifásicos ligados em estrela; aterramento do fio neutro das redes de distribuição e aterramento que serve de retorno nos circuitos elétricos.

O aterramento de proteção evita acidentes com as pessoas no caso de as partes aterradas serem acidentalmente energizadas. É obrigatório em qualquer tipo de prédio. Baseia-se principalmente na equipotencialidade das massas e elementos condutores estranhos à instalação. Como exemplo, podemos citar: aterramento da carcaça dos motores, aterramento das partes metálicas não energizadas das instalações elétricas e aterramento dos medidores de energia

elétrica, dos cubículos de medição, do secundário dos transformadores de instrumentos etc.

Todas as partes metálicas do sistema fotovoltaico não condutoras de eletricidade em condições normais de operação deverão ser aterradas. Exemplos: moldura dos módulos, estruturas metálicas que suportam os módulos e demais equipamentos do sistema.

13.10 Estruturas de suporte e fixação

Os módulos fotovoltaicos podem ser instalados na cobertura ou na fachada das edificações, no solo ou na cobertura de estacionamentos. São montados em estruturas metálicas e precisam ser fixados a elas ou ao sistema de cobertura do prédio.

Os elementos que compõem a estrutura devem ser feitos de materiais resistentes às intempéries. Os materiais mais utilizados nas estruturas são o ferro galvanizado e o alumínio anodizado.

14. Normas (NRs, NBRs e Resoluções da ANEEL)

As Normas Técnicas e Regulamentos orientam os profissionais a obter os melhores resultados de segurança e eficiência energética dos sistemas fotovoltaicos. Essas informações resultam da experiência acumulada em muitos anos de estudos sobre essa tecnologia. Ter um conjunto de documentos técnicos também contribui para uma maior padronização de produtos e acessórios aplicados a sistemas fotovoltaicos, Além de facilitar na formação de profissionais, comércio e intercâmbio tecnológico.

Recomenda-se a aplicação das Normas e Regulamentos nacionais vigentes, nas etapas de construção, montagem, instalação, operação e manutenção de sistemas fotovoltaicos.

As principais normas e regulamentos aplicáveis no Brasil são apresentadas a seguir.

14.1 Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT

NBR 5410:2004 Instalações elétricas de baixa tensão.

Estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens.

ABNT NBR 14039:2005 Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV

Estabelece um sistema para o projeto e execução de instalações elétricas de média tensão, com tensão nominal de 1,0 kV a 36,2 kV, à frequência industrial, de modo a garantir segurança e continuidade de serviço.

NBR 15389:2006 Bateria chumbo-ácida estacionária regulada por válvula - Instalação e montagem.

Fixa os requisitos para projeto de instalação e procedimentos para armazenagem, montagem, ativação e aceitação de baterias chumbo-ácidas



reguladas por válvula para aplicações estacionárias, bem como requisitos de segurança e de instrumentação.

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

Fornece um procedimento de ensaio para avaliar o desempenho das medidas de prevenção de ilhamento utilizadas em sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (SFCR).

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

Estabelece as recomendações específicas para a interface de conexão entre os sistemas fotovoltaicos e a rede de distribuição de energia elétrica e estabelece seus requisitos.

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

Especifica os procedimentos de ensaio para verificar se os equipamentos utilizados na interface de conexão entre o sistema fotovoltaico e a rede de distribuição de energia estão em conformidade com os requisitos da ABNT NBR 16149:2013.

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

Estabelece as informações e a documentação mínimas que devem ser compiladas após a instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede. Também descreve a documentação, os ensaios de comissionamento e os critérios de inspeção necessários para avaliar a segurança da instalação e a correta operação do sistema.



NBR 5419:2015 Proteção contra descargas atmosféricas – Partes 1, 2, 3 e 4.

Estabelece os requisitos para projeto, instalação e verificação dos sistemas de PDA – Proteção contra Descarga Atmosférica que é composto pela proteção da edificação e das medidas de proteção contra os surtos gerados pelas descargas atmosféricas.

NBR 16690:2019 Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos – Requisitos de projeto.

Estabelece os requisitos de projeto das instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos, incluindo disposições sobre os condutores, dispositivos de proteção elétrica, dispositivos de manobra, aterramento e equipotencialização do arranjo fotovoltaico. O escopo desta norma inclui todas as partes do arranjo fotovoltaico até, mas não incluindo, os dispositivos de armazenamento de energia, as unidades de condicionamento de potência ou as cargas. Uma exceção é a de que disposições relativas a unidades de condicionamento de potência e/ou a baterias são abordadas apenas onde a segurança das instalações do arranjo fotovoltaico está envolvida. A interligação de pequenas unidades de condicionamento de potência em corrente contínua para conexão a um ou dois módulos fotovoltaicos também está incluída no escopo dessa norma.

NBR 16612:2020 Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura, para tensão de até 1,8 kV C.C. entre condutores – Requisitos de desempenho.

Especifica os requisitos mínimos para a qualificação e aceitação de cabos singelos de condutor flexível para uso em corrente contínua em instalações de energia fotovoltaica, com tensão contínua máxima de 1,8 kV C.C. entre condutores e entre condutores e terra.

NBR 16384:2020 Segurança com eletricidade – Recomendações e orientações para trabalho seguro em serviço com eletricidade.

Fornece recomendações e orientações para a operação segura e atividades em instalações e equipamentos elétricos, de forma a estabelecer um programa de segurança em eletricidade.

NBR 10899:2020 Energia solar fotovoltaica – Terminologia.

Especifica os termos técnicos relativos aos sistemas de conversão fotovoltaica de energia radiante solar em energia elétrica.

14.2 Ministério da Economia – Secretaria de Trabalho**NR-10 Segurança em instalações e serviços em eletricidade.**

Estabelece os requisitos e condições mínimas, objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam com instalações elétricas e serviços de eletricidade.

NR-18 Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção.

Estabelece diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na Indústria da Construção.

NR-35 Trabalho em altura.

Estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com esta atividade.



14.3 Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL

Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST -.

Os Procedimentos de Distribuição – PRODIST são documentos elaborados pela ANEEL e normatizam e padronizam as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica.

Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição.

Estabelece as condições de acesso, compreendendo a conexão e o uso do sistema de distribuição, não abrangendo as demais instalações de transmissão, e define os critérios técnicos e operacionais, os requisitos de projeto, as informações, os dados e a implementação da conexão, aplicando-se aos novos acessantes bem como aos existentes.

15. Instalação, operação e manutenção de Sistemas FV

Os sistemas fotovoltaicos podem ser instalados na cobertura ou na fachada das edificações, no solo ou na cobertura de estacionamentos.

Usinas de geração distribuída normalmente instalam seus sistemas na cobertura das edificações e usinas comerciais são instaladas no solo. Instalações na cobertura raramente precisam de suporte estrutural.

Os telhados das edificações podem ser planos ou inclinados e as telhas utilizadas podem ser de cerâmica, de fibrocimento ou metálicas. Nas residências prevalece o uso de telhas cerâmicas e nas instalações comerciais e industriais prevalecem as telhas cerâmicas e metálicas. Para cada tipo de telhado existem soluções de suporte e fixação.

Existem dois tipos de instalação de sistemas solares: fixo e com rastreamento. Uma usina com módulos ou arranjo de módulos fixos tem a face dos módulos sempre direcionada para o mesmo ponto. Nas usinas com rastreamento (seguidores ou *trackers*) os módulos são movimentados com o objetivo de fazer



com que sua superfície esteja o mais perpendicular possível com a radiação solar e com isso se obter o ponto de máxima potência. Consiste em modificar continuamente a inclinação e o ângulo de azimute. Consegue-se com isso aumentar em 30% a eficiência do sistema solar em comparação com o sistema fixo. A desvantagem do rastreamento é o custo mais elevado.

Duas regras devem ser atendidas na instalação dos módulos fotovoltaicos: a inclinação em relação à horizontal e a orientação. A inclinação deve ser igual ao ângulo da latitude do local e a orientação, para instalações no Hemisfério Sul, deve ser para o norte geográfico.

No caso de sistemas instalados nos consumidores de energia elétrica (GD) a escolha do tipo de montagem depende do tipo de cobertura. Empresas especializadas fornecem soluções para todos os tipos. Deve-se fazer uma inspeção prévia do estado da cobertura para evitar qualquer surpresa durante e após a instalação.

O processo de montagem inicia-se com a fixação dos elementos de suporte (trilhos metálicos) no madeiramento ou na estrutura metálica instalada na cobertura, através de ganchos metálicos. Após essa etapa, os módulos deverão ser fixados nos trilhos. Os materiais metálicos devem ser resistentes à corrosão. As telhas não devem sofrer quaisquer esforços mecânicos. A estrutura de suporte para os módulos fotovoltaicos deve assegurar a inclinação e orientação determinadas no projeto da usina.

O vento é um fator de atenção na montagem da usina. A estrutura deve resistir aos esforços provenientes dos ventos e seu projeto deve prever as dilatações térmicas sem transmitir esforços aos módulos. O peso total que os módulos causarão na estrutura também deve ser previsto no dimensionamento desta.



15.1 Conexões Elétricas em um Sistema FV

As conexões elétricas devem ser bem executadas, pois a corrente produzida pelos módulos é em corrente contínua e uma falha no isolamento pode acarretar arco elétrico, aumentando o risco de incêndio.

Os conectores mais utilizados em usinas fotovoltaicas são do tipo MC4. A montagem desse conector deve ser feita com ferramentas adequadas para garantir seu perfeito funcionamento, evitando-se aquecimento e a ocorrência de incêndios.

15.2 Boas práticas de manuseio e montagem de um Sistema FV

A seguir são apresentadas algumas práticas adotadas na montagem de sistemas fotovoltaicos:

- Cumprir procedimentos de segurança;
- Evitar danificar a edificação;
- Instalar o inversor o mais próximo possível dos módulos;
- Instalar os cabos elétricos em eletrodutos, perfilados, eletrocalhas ou leitos.

Deve-se analisar o local de instalação do inversor quanto à temperatura ambiente, capacidade de dissipação do calor e umidade relativa, além de escolher um local que facilite sua manutenção.

Um módulo fotovoltaico iluminado sempre terá tensão em seus terminais e o instalador deve estar atento a essa condição para evitar choque elétrico.

As baterias deverão ser instaladas em local que atendam aos seguintes requisitos:

- Seja ventilado naturalmente;
- Não tenha temperaturas elevadas;
- Seja afastado de vapores, gases, poeiras, umidade, vibrações e outros agentes nocivos;
- Seja exclusivo para as baterias;



- Seja seco.

Os cabos elétricos positivo e negativo de uma *string* devem estar muito próximos um do outro para evitar o efeito de espira. Esse efeito aparece devido ao acoplamento indutivo das descargas atmosféricas.

Todas as peças metálicas (estruturas suportes, moldura dos módulos etc) devem ser aterradas.

15.3 Comissionamento de um Sistema FV

O comissionamento é a etapa na qual o sistema fotovoltaico é testado para verificar se ele funcionará corretamente. Assegura que o projeto e a instalação foram executados atendendo os requisitos técnicos das normas.

Devem ser realizadas as seguintes medições elétricas:

- Resistência de terra;
- Resistência de isolamento do lado CC;
- Tensão de circuito aberto da usina;
- Tensão de circuito aberto de cada *string*;
- Corrente de curto-circuito de cada *string*.

15.4 Operação de um Sistema FV

Antes do início de operação da usina fotovoltaica deve-se realizar as seguintes ações:

- Verificar se o inversor não apresenta danos;
- Medir a tensão na entrada do inversor, a qual não deve ser superior à máxima tensão CC do inversor;
- Conectar o terminal positivo da *string* com a entrada positiva do inversor e o terminal negativo da *string* com a entrada negativa do inversor;
- Verificar se os cabos CA estão conectados corretamente ao inversor;
- Fechar a chave CC do inversor ou da *string box*.



A operação de uma usina fotovoltaica pode ser monitorada para evitar a diminuição da sua eficiência, em função de:

- *Mismatching*: módulos de um mesmo *string* apresentando rendimentos diferentes;
- Sombreamento e sujeira sobre os módulos;
- Falhas nos módulos.

Esses problemas podem ser detectados através de inspeções visuais, comparação entre vários anos de operação, estimativa de produção de energia elétrica e comparação entre *strings* ou entre instalações diferentes.

Numa usina fotovoltaica é possível monitorar seus vários elementos: módulos, *strings*, inversores e *string box*. Os inversores oferecem monitoramento integrado, incluindo alarmes.

15.5 Manutenção de um Sistema FV

A manutenção regular é essencial para garantir a operação correta e a segurança dos equipamentos. Em usinas instaladas nos consumidores normalmente a manutenção é realizada pelo proprietário. Nas grandes usinas são instalados sistemas de supervisão os quais monitoram vários parâmetros: potência produzida pelos módulos, potência entregue à rede, tensões e correntes etc.

A manutenção preventiva permite detectar antecipadamente possíveis problemas que aconteceriam na usina solar. Abrange os seguintes aspectos:

- Inspeção visual de módulos, inversores, cabos e conexões elétricos, estrutura de suporte e de fixação;
- Lavagem dos módulos, utilizando apenas água;
- Medições dos parâmetros elétricos.

A manutenção corretiva é realizada quando o problema já ocorreu na instalação e objetiva corrigi-lo a fim de restaurar a operação da instalação.

As avarias numa usina fotovoltaica normalmente estão associadas às falhas nos equipamentos causadas por:



- Descargas atmosféricas;
- Deficiência de módulos
- Cabos CC;
- Dimensionamento incorreto do inversor;
- Harmônicas no inversor;
- Corrosão causada pela combinação de diferentes materiais;
- Falhas em fusíveis.

Um parâmetro importante a ser monitorado é a resistência de isolamento de terra, a qual deve ser medida entre os condutores vivos e a terra.

Nos sistemas autônomos deve-se ter uma atenção especial com as baterias, realizando-se manutenções semestrais. Devem ser feitas as seguintes ações:

- Eliminar a sujeira depositada em cima das baterias;
- Verificar se os terminais dos cabos estão apertados;
- Examinar o nível do eletrólito;
- Medir as tensões no conjunto e em cada célula;
- Medir a densidade do eletrólito.

15.6 Inspeção visual de um Sistema FV

A inspeção visual faz parte da manutenção preventiva e procura detectar danos mecânicos, acúmulo de sujeira, deterioração de linhas e conexões elétricas. Deve-se verificar também o estado dos quadros elétricos e seus componentes.

15.7 Medições de parâmetros elétricos de um Sistema FV

Alguns parâmetros elétricos devem ser medidos numa usina fotovoltaica para conhecer seu funcionamento:

- Tensão do módulo (U_P);
- Tensão na *string* (U_s): Deve ser a mesma para todas as *strings*;
- Corrente na *string* (I_s);



- Corrente CC total (I_T): É a soma de todas as correntes.

Deve-se realizar também uma medição da tensão nos terminais dos fusíveis do lado CC.

15.8 Utilização de inspeção termográfica em um Sistema FV

Nos sistemas fotovoltaicos deve-se ter uma atenção maior no aparecimento de aquecimento excessivo de condutores, emendas e módulos.

Uma excelente ferramenta para medição de pontos quentes (*hot spot*) é a inspeção termográfica. As câmeras termográficas (termovisores) são sensíveis à radiação infravermelha e permitem registrar a temperatura da superfície de objetos à distância.

16. Capacitação profissional em energia solar fotovoltaica

O rápido crescimento do setor de energia solar fotovoltaica no Brasil exige a qualificação de profissionais para garantir que os sistemas solares fotovoltaicos sejam projetados, montados, operados e mantidos de forma correta.

A Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, com apoio da Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica – SETEC do Ministério da Educação – MEC, em cooperação com a *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* – GIZ GmbH, elaborou itinerários formativos nas áreas de Eficiência Energética em Edificações e Industrial, Energia Solar Fotovoltaica, Energia Eólica e Aproveitamento Energético de Biogás.

Especificamente na área de energia solar fotovoltaica, a publicação contempla três níveis profissionais: Instalador de Sistemas Fotovoltaicos, Especialista Técnico em Energia Solar Fotovoltaica e Especialista em Sistemas Fotovoltaicos.



16.1 Instalador de Sistemas Fotovoltaicos

Tem como objetivo geral formar profissionais para instalar e manter sistemas de energia solar fotovoltaica de acordo com a legislação vigente e normas aplicáveis à qualidade, à saúde, à segurança e ao meio ambiente.

Seu público-alvo são os profissionais que já atuam na área, bem como jovens e adultos com Ensino Fundamental completo. A carga horária mínima do curso é de 160 horas.

16.2 Especialista Técnico em Energia Solar Fotovoltaica

Tem como objetivo geral formar profissionais para dimensionar, supervisionar, especificar, instalar, operar e manter sistemas fotovoltaicos de acordo com as normas técnicas e procedimentos técnicos e regulamentares, garantindo qualidade e segurança da instalação dos sistemas fotovoltaicos, com o melhor aproveitamento da conversão da irradiação solar em energia elétrica e respeitando o meio ambiente.

Seu público-alvo são os técnicos de nível médio em eletrotécnica, eletroeletrônica, eletromecânica, eletrônica ou áreas afins. A carga horária mínima do curso é de 300 horas.

16.3 Especialista em Sistemas Fotovoltaicos

Tem como objetivo geral formar profissionais capacitados para projetar, executar, gerenciar e inovar em sistemas fotovoltaicos de acordo com a legislação vigente e normas aplicáveis à qualidade, à saúde, à segurança e ao meio ambiente.

Seu público-alvo são engenheiros e tecnólogos em elétrica ou graduações de áreas afins. A carga horária mínima do curso é de 360 horas.



17. Conselhos de classes profissionais

Os Conselhos de classes profissionais são responsáveis pela fiscalização do exercício profissional e atuam em defesa da sociedade, através da realização de vistorias e/ou visitas técnicas em obras e serviços de engenharia, agronomia e geociências.

O Conselho Federal de Engenharia e Agronomia - Confea e os Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia - Crea são responsáveis pela verificação, fiscalização e aperfeiçoamento do exercício e das atividades das áreas profissionais da engenharia, agronomia e geociências.

A Anotação de Responsabilidade Técnica - ART é o documento que define, para os efeitos legais, os responsáveis técnicos pelo desenvolvimento de atividade técnica no âmbito das profissões abrangidas pelo Sistema Confea/Crea. É obrigatória em todo contrato para execução de obra ou prestação de serviço de Engenharia, Agronomia, Geologia, Geografia e Meteorologia, bem como para o desempenho de cargo ou função para a qual sejam necessários habilitação legal e conhecimentos técnicos nas profissões abrangidas pelo Sistema Confea/Crea.

A ART deve ser registrada pelo profissional antes do início da atividade técnica (conforme os dados do contrato escrito ou verbal), no Crea em cuja região será realizada a atividade.

O Conselho Federal dos Técnicos Industriais - CFT e os Conselhos Regionais dos Técnicos Industriais - CRTs têm como função orientar, disciplinar e fiscalizar o exercício profissional dos Técnicos Industriais.

O Termo de Responsabilidade Técnica - TRT é o instrumento que define, para os efeitos legais, os responsáveis técnicos pela execução de obras ou prestação de serviços relativos às profissões abrangidas pelo Sistema CFT/CRT.

O TRT também se aplica ao vínculo de profissional, tanto a pessoa jurídica de direito público quanto de direito privado, para o desempenho de cargo ou função técnica que envolva atividades para as quais sejam necessários habilitação legal e conhecimentos técnicos nas profissões abrangidas pelo Sistema CFT/CRT.



Todo contrato escrito ou verbal para execução de obras ou prestação de serviços relativos às profissões abrangidas pelo Sistema CFT/CRT fica sujeito ao registro do TRT no CRT em cuja circunscrição for exercida a respectiva atividade.

18. Conclusões

O uso da energia solar fotovoltaica vem crescendo rapidamente e está se incorporando aos locais de habitação, trabalho e lazer das pessoas. Sua participação nas matrizes elétricas mundial e brasileira está se consagrando e ocupará posição de destaque até 2050. A quantidade de empregos que a fonte solar gera ocupa o primeiro lugar entre as energias renováveis.

Essa fonte energética também se destaca por ser limpa, não produzindo, durante seu uso, Gases de Efeito Estufa e os materiais constituintes dos módulos fotovoltaicos são todos recicláveis.

A conversão da energia solar em energia elétrica é realizada através das usinas solares fotovoltaicas e o projeto, instalação, operação e manutenção devem atender os normativos técnicos.

O setor solar precisa de mão de obra qualificada e sua formação deve atender os itinerários formativos definidos pelo MEC.

19. Bibliografia

ABNT – Catálogo – <https://www.abntcatalogo.com.br/>

ABSOLAR – Infográfico – <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>

ANEEL – Resolução nº 482/2012 –
<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>

CFT – <https://www.cft.org.br/>

CONFEA – <https://www.confear.org.br/>

CREA-RN – <https://crea-rn.org.br/quem-somos/>

CRESESB – <http://www.cresesb.cepel.br/>

CRT-RN – <http://www.crtrn.org.br/>



EPE – <https://www.epe.gov.br/pt>

GOOGLE – <https://sites.google.com/site/reeetech/home/photovoltaic>

IBERDROLA – <https://www.iberdrola.com/inovacao/agrovoltaiico>

PEREIRA, Filipe A. de Souza; OLIVEIRA, Manuel A. Sarmiento. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica**. Porto: Publindustria, 2011.

REN21 – https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021_Full_Report.pdf

SCHEER, Hermann. **O Manifesto Solar, Energias Renováveis e a Renovação da Sociedade**. Rio de Janeiro: Cepel, 1995.

SETEC/MEC – <http://energif.mec.gov.br/images/materiais/materiais17.pdf>

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2015.

VINÍCIUS AYRÃO – <https://viniiciusayrao.com.br/nbr-16690-nova-norma-de-energia-solar/>

ZILLES, Roberto et al. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. São Paulo: Oficina de textos, 2012.

20. Autores

Aloizio Monteiro de Oliveira

Augusto César Fialho Wanderley

Rodrigo Anderson de Paiva

Thales Bruno Costa de Azevedo

