

Revista

ABEE-MG

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHEIROS ELETRICISTAS DEPARTAMENTO DE MINAS GERAIS



ABEE-MG
Associação Brasileira de Engenheiros Eletricistas
Departamento de Minas Gerais

ANO 1 | Nº 2

ABNT NBR 16690

A NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 16690: INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE ARRANJOS FOTOVOLTAICOS TEM TUDO PARA SER UM DIVISOR DE ÁGUAS NO SEGMENTO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS NO BRASIL. ISTO PORQUE O DOCUMENTO VEM PARA COLOCAR UM ORDENAMENTO TÉCNICO QUE FALTAVA NO TEMA



ENTREVISTA Fundadora e primeira presidente da ABEE-MG, a engenheira Marita Arêas de Souza Tavares conta nesta entrevista um pouco de sua experiência de vida e trajetória profissional.

ARTIGO Gilmar Narciso, diretor da ABEE Minas Gerais, comenta como o Norte de Minas tem se destacado como um polo relevante e atrativo para implantação de usinas solares.



ABEE-MG

Associação Brasileira de Engenheiros Eletricistas
Departamento de Minas Gerais

Publicação da Associação Brasileira de Engenheiros Eletricistas - Departamento de Minas Gerais (ABEE-MG).

Av. Álvares Cabral, 1.600 - 2º Andar - CEP 30170-001 | Belo Horizonte-MG | Tel: (31) 3299 8718
<https://abee-mg.com.br/>

ANO I • Nº 2 • NOVEMBRO 2021

Diretoria ABEE-MG
(gestão 2021-2023)

Presidente

Eng. Hélio Nonato de Oliveira

Vice-presidente

Engª Cláudia Deslandes Figueiredo

1º Secretário

Eng. Fernando Luis de Almeida

2º Secretário

Eng. Fábio Oliveira Souto

1º Tesoureiro

Eng. Miguel Angelo dos Santos Sá

2º Tesoureiro

Eng. Eduardo Sabarense Prado

Diretor de Relações Institucionais

Eng. Alfredo Marques Diniz

Diretor de Eventos Técnicos

Eng. Claudio do Carmo Barsante

Conselho Deliberativo (Titulares)

Eng. Gilmar Pereira Narciso
Eng. Fabio Luis de Oliveira e Silva
Eng. José Flávio Gomes
Eng. Welhilton Adriano de Castro Silva
Eng. Luiz Carlos Sperandio Nogueira
Eng. Marcelo Marques Santana

Conselho Deliberativo (Suplentes)

Eng. André Luiz Freire
Eng. Alípio Monteiro Barbosa
Eng. João Jackson Batista Braga

Conselho Fiscal (Titulares)

Eng. Igor Braga Martins
Eng. Lucio Francisco Junior
Eng. Luiz Reis Lana

Conselho Fiscal (Suplentes)

Eng. Mário Veras Junior
Eng. Paulo Roberto de Paiva Novo
Eng. Nicolau Neder Pinheiro Damasceno

PRODUÇÃO



Diretoria

Hilton Moreno | Marcos Orsolon

Redação

Diretor de Redação:

Marcos Orsolon

Editor: Paulo Martins

Jornalista Responsável:

Marcos Orsolon
(MTB nº 27.231)

Produção Visual e Gráfica
Estúdio AM

03 EDITORIAL



ABNT NBR 16690

Publicada em 03/10/2019, a norma brasileira ABNT NBR 16690 tem tudo para ser um divisor de águas no segmento das instalações elétricas no Brasil. Isto porque o documento vem para colocar um ordenamento técnico que faltava no tema desde que as primeiras instalações fotovoltaicas começaram a surgir alguns anos atrás.



ENTREVISTA

Fundadora e primeira presidente da ABEE-MG, a engenheira Marita Arêas de Souza Tavares conta nesta entrevista um pouco de sua experiência de vida e trajetória profissional.



ENERGIA FOTOVOLTAICA

A geração de energia fotovoltaica tem evoluído a cada ano no Brasil. O artigo traz uma visão geral de uma instalação elétrica fotovoltaica, incluindo seus componentes.



CASE

O presente caso aborda a experiência na coordenação de um projeto de eficiência energética, bem como os benefícios trazidos pela instalação de uma usina fotovoltaica.



ARTIGO

Gilmar Narciso, diretor da ABEE Minas Gerais, comenta como o Norte de Minas tem se destacado como um polo relevante e atrativo para implantação de usinas solares.



MUITAS NOVIDADES

O mercado de energia solar fotovoltaica está a todo vapor, crescendo de forma vertiginosa em todo o país. Segundo levantamento da ABSOLAR (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica), o Brasil ultrapassou a marca de 11 gigawatts (GW) de potência operacional da fonte solar fotovoltaica, em usinas de grande porte e em sistemas de pequeno e médio portes instalados em telhados, fachadas e terrenos. Nada mais natural, portanto, que a fonte solar tenha destaque nesta edição.

Um dos artigos que trazemos neste número mostra uma visão geral de uma instalação elétrica fotovoltaica, incluindo seus componentes.

Em outro artigo, o engenheiro Gilmar Narciso, diretor da ABEE-MG fala sobre como o Norte de Minas tem se destacado como um polo relevante

e atrativo para implantação de usinas solares dos mais variados portes e tamanhos.

Também são destacados nesta edição aspectos da norma técnica ABNT NBR 16690 - Instalações Elétricas de Arranjos Fotovoltaicos / Requisitos de Projeto.

Outro destaque desta edição é a entrevista com a engenheira Marita Arêas de Souza Tavares. Fundadora e primeira presidente da ABEE-MG, ela conta um pouco de sua trajetória profissional desde que se formou no curso de engenharia. Em 2022 vai fazer 60 anos que Marita concluiu sua graduação no Instituto Eletrotécnico de Itajubá (que depois passou a ser Escola Federal de Engenharia de Itajubá e mais recentemente Universidade Federal de Itajubá).



Uma vida dedicada à engenharia

ENTREVISTA A PAULO MARTINS

Aos 82 anos de vida (completa 83 em dezembro), a engenheira Marita Arêas de Souza Tavares possui um rico histórico profissional, que inclui desde a passagem por grandes empresas até a participação ativa em entidades de classe.

Em 2022 vai fazer 60 anos que Marita concluiu sua graduação no Instituto Eletrotécnico de Itajubá (que depois passou a ser Escola Federal de Engenharia de Itajubá e mais recentemente Universidade Federal de Itajubá).

Fundadora e primeira presidente da ABEE-MG, nesta entrevista Marita conta um pouco de sua experiência de vida, lembrando passagens da carreira profissional desde o colégio até a aposentadoria.

Casada com Luiz Fernando Tavares, Marita tem uma filha engenheira (Fernanda) e outra médica oftalmologista (Flavia).

Confira a seguir a entrevista com Marita.

**MARITA ARÊAS DE SOUZA TAVARES**

REVISTA ABEE - A SENHORA É ENGENHEIRA ELETRICISTA. COMO DECIDIU IR PARA ESSA ÁREA?

MARITA TAVARES - Eu me formei em 1962. Quem se formou na minha escola até 1968 tinha atribuição também na mecânica e na civil - limitada a edificações. No decorrer da minha carreira profissional eu trabalhei também na engenharia civil, porque eu tinha atribuição para isso.

REVISTA ABEE - COMO DECIDIU SER ENGENHEIRA, ENTÃO?

MARITA TAVARES - Na minha cidade, a maioria das moças estudava em um colégio de freiras - onde eu fiz o curso ginásial -, e depois elas continuavam lá nos três anos seguintes ao que se chamava ginásial, que era o curso normal, para formação de professora primária. Quando eu fiz o curso ginásial eu dizia para meu pai que eu não queria ser professora; eu não sabia ainda o que eu queria fazer, mas eu não queria ser professora. Esse colégio de freiras era só feminino, e tinha outro colégio que era misto, com curso científico e clássico. A gente podia optar por fazer o curso científico, que era mais forte nas áreas de exatas, ou o clássico, para quem quisesse seguir carreira de letras. Eu tinha muita afinidade com as áreas exatas, tanto que fui fazer o curso científico. As minhas matérias prediletas eram matemática, física, desenho descritivo, eram as matérias do vestibular para engenharia. Nessa época tinha aluno de todo lugar, não só de Minas,



para fazer o curso científico voltado para formação na engenharia, porque a escola era muito forte nessas matérias de vestibular para engenharia. Na minha turma do científico eram seis meninas e os rapazes acho que tinha uns 60. A maioria deles estava ali pensando em fazer vestibular para engenharia. E como eu tinha boas notas nessa área, os próprios colegas me incentivavam: por que você não faz vestibular? Meu professor de matemática falava: por que você não faz o vestibular? Então foi o que me motivou. Surgiu no convívio com aqueles colegas e houve um incentivo para que eu fizesse vestibular para engenharia.

REVISTA ABEE - E O PAI DA SENHORA ACEITOU NUMA BOA?

MARITA TAVARES - Ele não aceitou quando eu quis sair do colégio das freiras para ir para esse colégio, porque na cabeça deles eu ia ser professora, igual a minha irmã, que é mais velha que eu e seguiu a carreira de professora. E a maioria das moças da cidade fazia o curso normal. Lá na cidade, curso superior só tinha a engenharia e surgiram naquela época os cursos de filosofia e de enfermagem. Eu não pensava em fazer filosofia nem enfermagem, né? Então as coisas parecem que foram acontecendo para mim. Eu até falo que nada na minha vida profissional foi planejada a longo prazo, as coisas foram acontecendo naturalmente.

REVISTA ABEE - A PARTIR DO MOMENTO EM QUE A SENHORA SE FORMOU E PEGOU O DIPLOMA O QUE ACONTECEU? NO QUE A SENHORA TRABALHOU?

MARITA TAVARES - Na época que eu me formei o mercado de trabalho para engenheiro era muito bom. Em vez das empresas nos entrevistar, nós é que entrevistávamos as empresas. Eu fui para São Paulo e visitei algumas empresas pelas quais tinha simpatia, tinha informação de serem boas empresas para trabalhar. A gente visitava, procurava conversar com a pessoa que era encarregada de admitir engenheiros, as vezes levavam a gente para conhecer a empresa, qual era o tipo de trabalho que a gente ia fazer, qual era o salário que eles ofereciam, aí a gente ia em outra empresa e fazia o mesmo processo, e depois a gente é que escolhia onde ia trabalhar. Na época que me formei, fui a quarta engenheira da escola; a primeira foi em 1950 - foi a primeira engenheira eletricitista do país. Em 1959 veio a segunda. Em 1961 a terceira e eu fui a quarta em 1962. Às vezes me perguntam se naquela época, em que era raro ter uma engenheira, se não houve discriminação. Não teve por causa do mercado de trabalho, que era muito aquecido. Quando eu fui trabalhar eu namorava um colega de turma, ficamos noivos na formatura e nós dois optamos por ir trabalhar na Companhia Siderúrgica Paulista, em Cubatão. Eu fui a primeira engenheira dessa usina. Naquela época tinham completado as obras civis e estavam em fase de montagem da usina.

REVISTA ABEE - LÁ A SENHORA DESENVOLVEU TRABALHOS EM QUE ÁREA?

MARITA TAVARES - Mais na área de projetos. Inicialmente eles me colocaram para fazer especificações técnicas para compra de equipamentos que precisavam para oficinas e materiais diversos. Depois eu fui colocada como chefe de divisão na coordenação de projetos. O departamento de projetos tinha uma divisão de projetos elétricos, uma divisão de projeto civil, uma divisão de mecânica e de utilidades. A quinta divisão era a minha, de coordenação. Quando saía um projeto das quatro divisões passava pela minha seção para ver a compatibilidade, porque quando se sobrepõe os projetos, às vezes, tem interferência que precisa reprojeter. Nisso foi interessante que eu tinha uma formação mais generalista, porque eu fui colocada numa posição que tinha que ter uma visão da civil, da mecânica e da elétrica para ficar como chefe dessa divisão.

REVISTA ABEE - ONDE MAIS A SENHORA TRABALHOU?

MARITA TAVARES - Eu completei cinco anos nessa usina e tive minha segunda filha. A primeira filha eu contava com uma pessoa que me ajudava a tomar conta dela, quando nasceu a segunda filha essa pessoa não podia mais permanecer comigo e ela apresentou uns problemas de saúde que me preocupavam, então eu resolvi sair da empresa e trabalhar como autônoma. Fiquei dez anos trabalhando na área da construção civil e consegui uma colocação em uma função que era ligada à Receita Federal, uma função no Porto de Santos, de



certificante - a função era emitir laudos técnicos de equipamentos importados que chegavam no porto. Esses dez anos eu trabalhei nas duas funções. Eu montei um escritório próprio, trabalhava em construção civil na Baixada Santista e como certificante da Receita Federal no Porto de Santos. Meu marido ficou esses 15 anos na Companhia Siderúrgica. Nisso ele foi convidado para uma diretoria na holding da siderúrgica em Brasília. Nós resolvemos ir para Brasília, em função desse convite que ele teve. Em Brasília eu fui convidada para ser gerente de um escritório de engenharia, projeto e consultoria que estava abrindo na época, era uma filial de São Paulo. Eu fiquei com o cargo de gerente regional dessa empresa. Ficamos cinco anos em Brasília, meu marido foi convidado para ser diretor da Açominas, em Minas Gerais. Chegando em Belo Horizonte eu fui trabalhar em uma empresa de engenharia, projeto e consultoria, onde eu fiquei praticamente dez anos até me aposentar.

REVISTA ABEE - A SENHORA SE APOSENTOU EM QUE ANO?

MARITA TAVARES - Eu me aposentei em 1990 - aposentadoria oficial. Meu marido também se aposentou nessa época e nós abrimos um escritório de representação e consultoria. E com esse escritório nós ficamos 15 anos. Eu sempre gostei de participar de entidades de classe. Nessa fase eu já tinha me desligado de uma empresa onde a gente tinha aquele compromisso de horário integral - eu estava no escritório nosso de representação e consultoria -, foi quando eu passei a participar mais de entidades de classe. Entrei para o CREA, fiquei muitos anos como conselheira, participei de diretorias do CREA, fui vice-presidente. Na sociedade Mineira de Engenheiros eu atuo até hoje. Em 2006 fui fundadora da ABEE-MG. A ABEE nacional existe desde 1937. A de São Paulo foi criada em 1957, em outros estados também, e Minas Gerais não tinha. E a gente notava essa necessidade de ter uma entidade que desse maior apoio aos engenheiros eletricitas, promovendo cursos de atualização profissional, de defesa profissional, de inventivo aos engenheiros eletricitas no mercado de trabalho. Foi quando tivemos a ideia de criar o braço de Minas Gerais da ABEE. Fui a primeira presidente e a associação continua até hoje bastante atuante.

REVISTA ABEE - AGORA A ENTIDADE ESTÁ FAZENDO 15 ANOS. COMO A SENHORA VÊ ESSES 15 ANOS DE ATIVIDADES?

MARITA TAVARES - Eu tenho sempre notícias de que eles estão sempre desenvolvendo atividades voltadas aos engenheiros eletricitas, trazem sempre boas palestras e cursos de atualização para os engenheiros eletricitas. Acho que continua bem, a associação.



MARITA ARÉAS DE SOUZA TAVARES

REVISTA ABEE - E COMO A SENHORA VÊ O ATUAL MOMENTO DO SETOR ELÉTRICO, JÁ QUE O PAÍS ESTÁ NUMA CRISE ENERGÉTICA. A SENHORA ESTÁ ACOMPANHANDO OS MOVIMENTOS DO MERCADO?

MARITA TAVARES - Estou acompanhando e a tendência, que o Brasil já está nesse caminho, é o da energia limpa. Vemos aí a energia fotovoltaica e outras de energia limpa que estão em pleno desenvolvimento, e o Brasil até está na frente de muitos outros países. A tendência é a energia proveniente de energia fóssil ir diminuindo. Nesta fase de falta de água para energia proveniente das hidrelétricas, quando entra numa crise tem recorrido às termelétricas, por isso é que sobe o valor da energia. Mas a tendência é o Brasil ir se tornando suficiente em outras áreas de energia de forma que não vá mais depender das termelétricas.



REVISTA ABEE - QUANDO A SENHORA SE FORMOU E COMEÇOU A TRABALHAR A ENERGIA QUE PREDOMINAVA ERA HIDRELÉTRICA, NÉ?

MARITA TAVARES - Era hidrelétrica. Inclusive a formação na escola que me formei era voltada para projeto e obra de hidrelétricas. A maioria dos engenheiros que saíam de lá iam para concessionárias de energia elétrica e muitos deles iam trabalhar no meio do mato, mesmo, para montar hidrelétrica. Hoje chama-se TCC, mas nós tínhamos um projeto de final de curso que era o projeto de uma pequena usina hidrelétrica.

REVISTA ABEE - A SENHORA FALOU QUE NO COMEÇO HAVIAM GRANDES OPORTUNIDADES DE TRABALHO. A SENHORA ACHA QUE TEM MAIS OPÇÕES DE EMPREGO HOJE?

MARITA TAVARES - Eu acho que tem. Eu tenho visto engenheiro se formando, ele enfrenta uma competição, mas tem muita oportunidade. Não estou vendo tanta dificuldade de emprego para engenheiro, não. Talvez o engenheiro que fica tempo fora do mercado, para retornar é muito difícil. Porque aqueles que dedicam esse tempo fora do mercado a fazer cursos de atualização, mestrado, doutorado enquanto espera uma oportunidade, esses ainda conseguem. Agora, aqueles que ficam fora do mercado esperando a oportunidade eles vão ter dificuldade. Conheço vários casos desses. No entanto, as pessoas que estão se atualizando, que estão se formando agora e mesmo os que já são experientes, mas continuam se atualizando de alguma forma, não têm tido dificuldade, não.

REVISTA ABEE - QUE CONSELHOS A SENHORA DARIA PARA UM ESTUDANTE QUE ESTÁ NA FACULDADE HOJE DE ENGENHARIA, ANALISANDO AS POSSIBILIDADES DE QUE ÁREA VAI SEGUIR?

MARITA TAVARES - Olha, é difícil a gente dar um conselho porque temos que pensar na afinidade de cada um. Durante o próprio curso os alunos de engenharia vão percebendo maior afinidade com uma área ou outra. Eles mesmo vão ter que descobrir. Eu ouvi um conselho muito interessante da superintendente de uma empresa de colocação profissional em uma palestra no CREA-MG: 'Quem não sabe ainda, ou precisa aconselhar um filho ou uma pessoa da família que não sabe que carreira escolher, vocês aconselhem a fazer engenharia e depois eles vão ser o que eles quiserem'. Ela quis dizer com isso que o curso de engenharia é muito eclético. O engenheiro, se ele quiser trabalhar na área financeira, econômica, no comércio, em administração, ele tem essa facilidade, pelo tipo de formação que ele recebe. Eu achei esse conselho dela muito sábio, porque realmente o engenheiro tem esse joga de cintura para se adaptar a muitas áreas.

REVISTA ABEE - QUAL A IMPORTÂNCIA DE TER UMA ENTIDADE COMO A ABEE PARA AUXILIAR OS PROFISSIONAIS ENGENHEIROS?

MARITA TAVARES - Eu acho que entidade de classe ajuda muito principalmente no relacionamento. A rede criada dentro de uma entidade de classe... Aqueles que participam, que estão lá no ambiente, fazem algum curso, comparecem às palestras, fazem parte do grupo de WhatsApp da entidade, que seja, e recebem informações atualizadas da sua área de profissão, isso gera um networking muito necessário para a vida profissional. Porque você conhece outros profissionais através dessa rede. Surgem tanto oportunidades de desenvolvimento como de trabalho. O networking formado numa associação de classe é muito importante.

REVISTA ABEE - HOJE EM DIA ESTAMOS VENDO O EMPODERAMENTO DA MULHER. CADA VEZ É MAIS PERTINENTE A PARTICIPAÇÃO DA MULHER NA ENGENHARIA, NÉ?

MARITA TAVARES - Eu acho que em qualquer área. Eu sou muito favorável à participação da mulher em qualquer equipe de trabalho, não nessa ideia de que tem que ter o mesmo número de mulheres e de homens, tipo cota, isso sou contra. Sou muito favorável à participação de ambos os sexos no trabalho porque os sexos masculino e feminino têm visões diferentes. No trabalho em equipe essa diversidade de visão diferente do homem e da mulher sempre dá um bom resultado. Não veja discriminação na nossa área não. As mulheres têm que lutar pelo seu lugar pela competência. ●



Introdução à energia fotovoltaica



Foto: Shutterstock

1. Introdução

A geração de energia fotovoltaica tem evoluído a cada ano no Brasil, impulsionada sobretudo pelos avanços na regulamentação tarifária e na redução dos preços dos componentes.

Esse crescimento acelerado é verificado tanto na geração centralizada (usinas de grande porte) localizadas em grandes áreas ligeiramente afastadas dos centros de consumo, quanto nas mini e micro gerações distribuídas, que estão localizadas junto aos centros consumidores, como nos telhados de residências, prédios, hospitais, indústrias, etc.

Segundo levantamento da ABSOLAR (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica), o Brasil ultrapassou recentemente a marca de 11 gigawatts (GW) de potência operacional da fonte solar fotovoltaica, em usinas de grande porte e em sistemas de pequeno e médio portes instalados em telhados, fachadas e terrenos. Desde 2012, a fonte solar proporcionou novos investimentos na ordem de R\$ 57,2 bilhões e gerou mais de 330 mil empregos no País.

Nesse artigo trazemos uma visão geral de uma instalação elétrica fotovoltaica, incluindo seus componentes.



2. Visão geral de uma instalação elétrica fotovoltaica

Uma instalação elétrica fotovoltaica é a soma da montagem de diversos componentes elétricos e mecânicos, adequadamente escolhidos, que são responsáveis pela geração de eletricidade em corrente contínua a partir da radiação solar, pelo transporte dessa energia elétrica por meio dos condutores, por um eventual armazenamento e, finalmente, pela conversão desta eletricidade em corrente alternada, que será utilizada diretamente pelos aparelhos eletroeletrônicos existentes no local ou que será distribuída pelas redes elétricas até os centros de consumo.

Há também casos especiais, onde o arranjo fotovoltaico é conectado diretamente às cargas em corrente contínua, sem o uso de inversores. Por fim, existem situações nas quais são utilizados os chamados “microinversores”, que são inversores CC/CA de baixa potência acoplados diretamente ao módulo fotovoltaico, não existindo, desta forma, nenhuma instalação em corrente contínua externa ao módulo.

Os sistemas fotovoltaicos são divididos em duas grandes categorias: on-grid e off-grid.

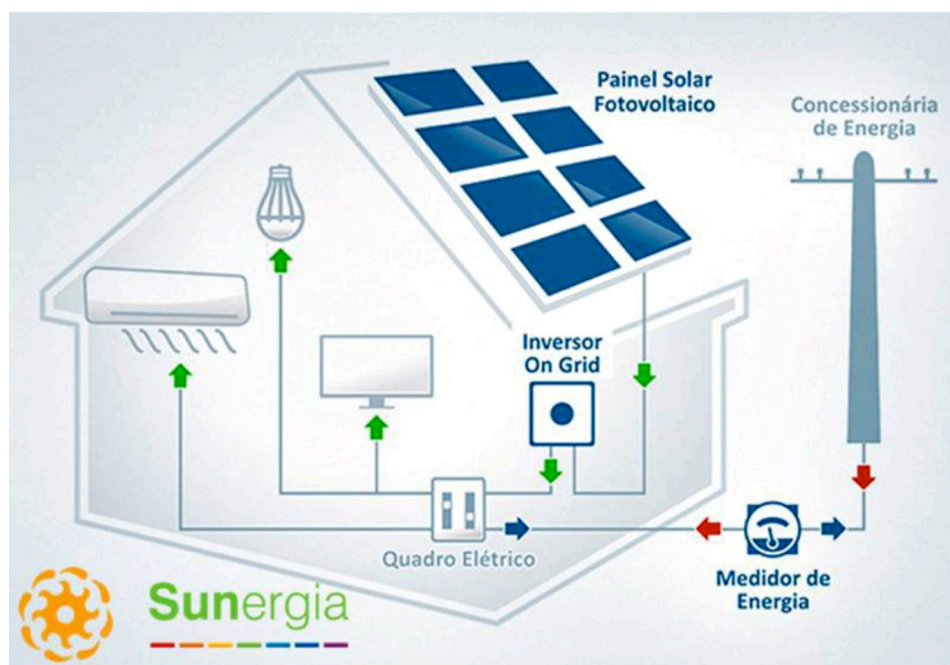
Sistema fotovoltaico conectado à rede (ON-GRID)

Sistemas conectados à rede de distribuição pública são aqueles onde a geração fotovoltaica e a alimentação proveniente da rede da distribuidora pública de energia local convivem na mesma instalação. Nesta situação, quando a geração do sistema fotovoltaico da edificação não for suficiente para suprir as cargas, elas são alimentadas pela rede da distribuidora. E, no caso de haver excedente de energia gerada pelo sistema fotovoltaico, a sobra é injetada na rede pública de distribuição, gerando assim um crédito de kWh para o proprietário da edificação.

No sistema on-grid, a interface que garante o adequado paralelismo entre as fontes fotovoltaica e pública é o inversor, que possui internamente todos os componentes de proteção e comando para garantir a total segurança do sistema. São os chamados “inversores on-grid” ou “inversores grid-tie”.

A medição do consumo de energia utiliza um medidor bidirecional, que registra a energia consumida da rede pela edificação e a energia excedente injetada na rede pelo sistema de geração fotovoltaico. Ao final do período, é calculada a diferença entre essas duas grandezas, que poderá resultar em um saldo a pagar pelo usuário ou um desconto em kWh concedido pela distribuidora, dependendo da utilização das cargas e da quantidade de energia fotovoltaica gerada no período de medição.

Figura 1 – Exemplo de uma instalação elétrica fotovoltaica on-grid





Sistemas isolados (OFF-GRID)

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 estocada em reservatórios.

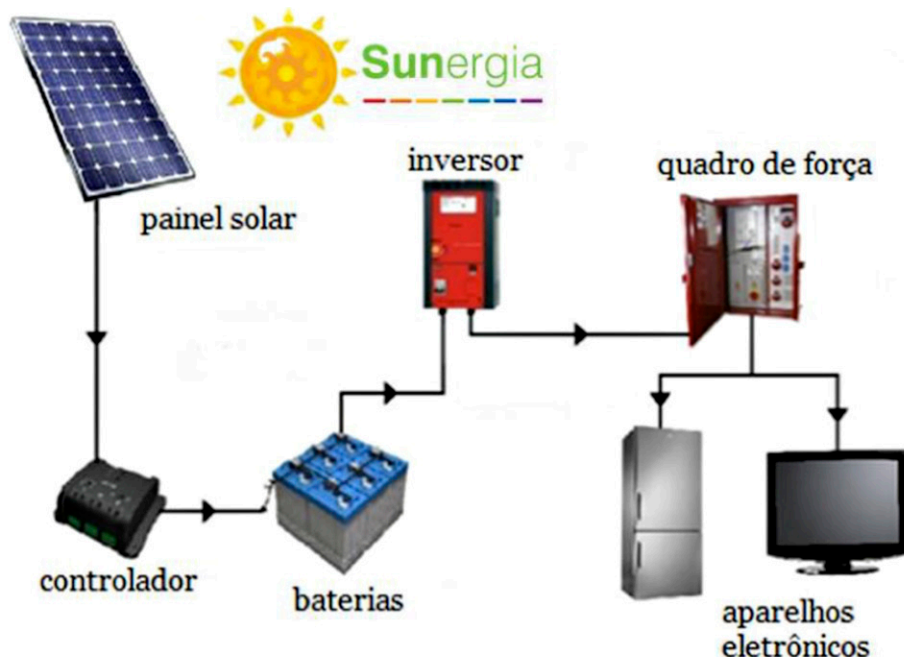


Figura 2 – Exemplo de uma instalação elétrica fotovoltaica off-grid

O sistema se autossustenta através da utilização de baterias, esse sistema é completo, e inclui todos os componentes divididos em três diferentes blocos:

- ★ Bloco gerador: painéis solares; cabos; estrutura de suporte.
- ★ Bloco de condicionamento de potência: inversores; controladores de carga.
- ★ Bloco de armazenamento: baterias.

A energia produzida é também armazenada em baterias, que por sua vez garantem o funcionamento do sistema em períodos com pouco, ou mesmo ausentes, de luz solar, como dias nublados ou à noite. Devido ao fato de as baterias serem a única fonte alternativa de energia para momentos ausentes de luz solar, é preciso dimensioná-las levando em conta as características climáticas do local e a demanda de energia sobre o sistema.

Vantagens e aplicações dos sistemas

Tanto sistemas fotovoltaicos isolados quanto conectados à rede têm o mesmo tipo de estrutura no que se refere aos equipamentos que os compõem. As exceções são as baterias e os controladores de carga, particularidades do sistema isolado.

3. Componentes de uma instalação fotovoltaica

Uma célula fotovoltaica é um dispositivo fotovoltaico elementar especificamente desenvolvido para realizar a conversão direta de energia solar em energia elétrica.

Um módulo fotovoltaico é a unidade básica formada por um conjunto de células fotovoltaicas, interligadas eletricamente e encapsuladas, com o objetivo de gerar energia elétrica.

Uma série fotovoltaica é um circuito no qual módulos fotovoltaicos são conectados em série, com o intuito de gerar a tensão de saída desejada de um arranjo fotovoltaico.



Um arranjo fotovoltaico é um conjunto de módulos fotovoltaicos ou subarranjos fotovoltaicos, mecânica e eletricamente integrados, incluindo a estrutura de suporte. Um arranjo fotovoltaico compreende todos os componentes até os terminais de entrada em corrente contínua da UCP (Unidade de Condicionamento de Potência), das baterias ou das cargas.

Um arranjo fotovoltaico pode ser constituído por um único módulo fotovoltaico, uma única série fotovoltaica, ou várias séries ou subarranjos fotovoltaicos conectados em paralelo, e os demais componentes elétricos associados.

A unidade de condicionamento de potência (UCP) é o sistema que converte a potência elétrica entregue por um arranjo fotovoltaico na potência elétrica com valores apropriados de frequência e/ou tensão para ser entregue à carga, ou armazenada em uma bateria ou injetada na rede elétrica.

Uma 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 de seccionamento (os termos equivalentes em inglês são: string box, junction box ou combiner box).

Em suma, uma instalação fotovoltaica inclui arranjos fotovoltaicos, condutores do cabeamento em corrente contínua (cabos fotovoltaicos), dispositivos de proteção elétrica, dispositivos de chaveamento, aterramento e equipotencialização do arranjo fotovoltaico, dispositivos de armazenamento de energia (opcional), unidades de condicionamento de potência, caixas de junção, medidores (opcional) e quadros de distribuição.



Foto: Shutterstock

Foto: Arquivo HMI/News



HILTON MORENO PROFESSOR,
ENGENHEIRO E DIRETOR DA
POTÊNCIA MULTIPLATAFORMA



ABNT NBR 16690: Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos | Requisitos de projeto

Publicada em 03/10/2019, a norma brasileira ABNT NBR 16690 tem tudo para ser um divisor de águas no segmento das instalações elétricas no Brasil. Isto porque o documento vem para colocar um ordenamento técnico que faltava no tema desde que as primeiras instalações fotovoltaicas começaram a surgir alguns anos atrás. Desde sempre, as montagens de sistemas de geração de energia por meio da radiação solar foram feitas, no melhor dos casos, a partir da prática e procedimentos de cada fornecedor, geralmente inspirados por padrões utilizados em suas matrizes fora do País. Porém, infelizmente, muitas vezes nem havia qualquer procedimento adequado de projeto e instalação. Como toda norma técnica, a NBR 16690 fornece os requisitos mínimos de projeto que devem garantir a segurança das pessoas e do patrimônio. A seguir são apresentadas os principais requisitos do documento.



1. Escopo

A NBR 16690 inclui requisitos sobre condutores elétricos, dispositivos de proteção e de manobra, aterramento e equipotencialização do arranjo fotovoltaico.

De um modo geral, a norma se aplica a partir dos módulos fotovoltaicos até a entrada dos dispositivos de armazenamento de energia, das unidades de condicionamento de potência ou das cargas.

A norma não se aplica aos arranjos fotovoltaicos menores que 100 Wp ou com tensão de circuito aberto menor que 35 Vcc ou maior que 1.500 Vcc. Como, em geral, um módulo fotovoltaico comercialmente disponível no mercado “entrega” em torno de 250 a 300 Wp com tensão entre 30 e 40 Vcc, acaba que a norma NBR 16690 é aplicável a arranjos já a partir de um módulo.

2. Referências normativas

Neste capítulo, a NBR 16690 traz uma lista de documentos necessários para a aplicação da norma, incluindo normas ABNT, IEC e EN (União Europeia).

3. Termos, definições, símbolos e abreviaturas

Há inúmeras definições importantes na norma, das quais destacam-se as seguintes:

- ★ **célula fotovoltaica:** dispositivo fotovoltaico **elementar** especificamente desenvolvido para realizar a conversão direta de energia solar em energia elétrica;
- ★ **módulo fotovoltaico:** unidade básica formada por um conjunto de **células fotovoltaicas**, interligadas eletricamente e encapsuladas, com o objetivo de gerar energia elétrica;
- ★ **série fotovoltaica:** circuito no qual **módulos fotovoltaicos** são conectados em série, com o intuito de gerar a tensão de saída desejada de um arranjo fotovoltaico;
- ★ **arranjo fotovoltaico:** conjunto de módulos fotovoltaicos ou **subarranjos fotovoltaicos** mecânica e eletricamente integrados, incluindo a estrutura de suporte. Um arranjo fotovoltaico não inclui sua fundação, aparato de rastreamento, controle térmico e outros elementos similares.

Para os efeitos de aplicação da NBR 16690, um arranjo fotovoltaico compreende todos os componentes até os terminais de entrada em corrente contínua da **UCP**, das baterias ou das cargas.

Um arranjo fotovoltaico pode ser constituído por um único módulo fotovoltaico, uma única série fotovoltaica, ou várias séries ou subarranjos fotovoltaicos conectados em paralelo, e os demais componentes elétricos associados (figuras 1 e 2);

- ★ **subarranjo fotovoltaico:** parte de um arranjo fotovoltaico que pode ser considerada uma unidade;
- ★ **unidade de condicionamento de potência (UCP):** sistema que converte a potência elétrica entregue por um arranjo fotovoltaico na potência elétrica com valores apropriados de tensão e/ou frequência para ser entregue à carga, e/ou armazenada em uma bateria e/ou injetada na rede.

Uma UCP pode ser um inversor c.c./c.a. para conexão à rede, um inversor c.c./c.a. para sistema autônomo, um controlador de carga e descarga de baterias, dentre outros.

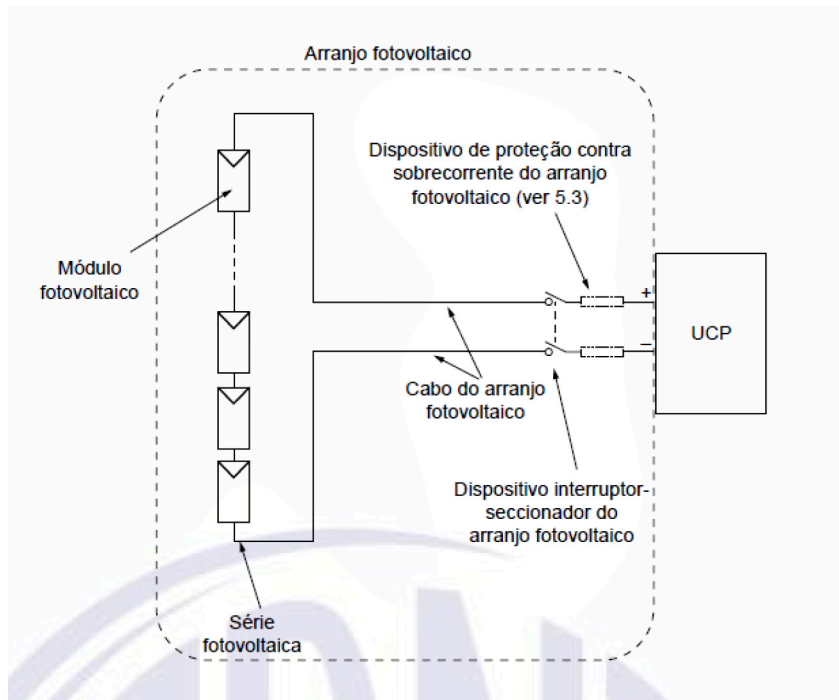


Figura 1 – Arranjo com uma série fotovoltaica

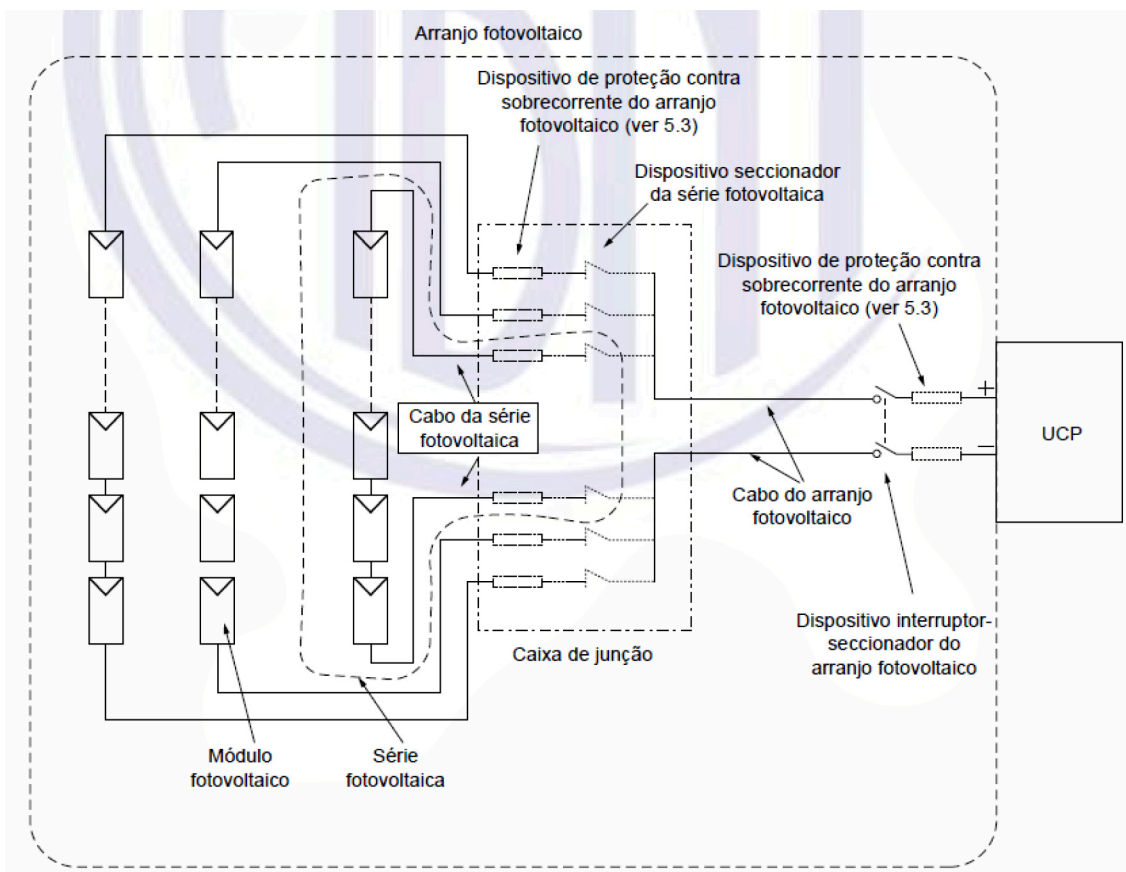


Figura 2 – Arranjo com múltiplas séries fotovoltaicas



4. Princípios fundamentais, determinação das características gerais e configurações do arranjo fotovoltaico

Neste capítulo a norma apresenta os aspectos gerais introdutórios dos arranjos fotovoltaicos, que serão devidamente detalhados nos capítulos seguintes.

Em **4.1 – Princípios fundamentais** e **4.2 – Determinação das características gerais**, a NBR 16690 “chama” os mesmos itens da ABNT NBR 5410(1), que enunciam, de modo bem geral, os requisitos que devem ser observados em qualquer projeto e instalação elétrica, como: proteção contra choques elétricos, proteção contra sobrecorrentes, proteção contra sobretensões, seleção e instalação dos componentes, verificação da instalação, potência de alimentação, previsão de carga, demanda, classificação das influências externas, dentre outras.

Ao remeter para a aplicação na íntegra dos itens da NBR 5410, a NBR 16690 faz com que, na prática, o profissional tenha que atender as duas normas simultaneamente.

O item **4.3 – Configurações do arranjo fotovoltaico** traz uma visão “física” de como são montados os diversos componentes do sistema e está dividido nas partes apresentadas a seguir.

4.3.1 Configuração funcional de um sistema fotovoltaico

Conforme a NBR 16690, “Arranjos fotovoltaicos são utilizados para fornecer energia a um circuito de aplicação” (figura 3). Como indicado na figura, é muito importante, embora “decepcionante”, perceber que, independentemente de seu tamanho (potência), eletricamente falando qualquer sistema fotovoltaico é um simples circuito elétrico formado por uma fonte em corrente contínua (arranjo fotovoltaico) ligada (por meio de um condutor positivo e outro negativo) a uma carga (circuito de aplicação). Igualzinho ao que as crianças aprendem nas aulas de Física do 1º grau: uma pilha, dois fios e uma lâmpada. Simples assim.

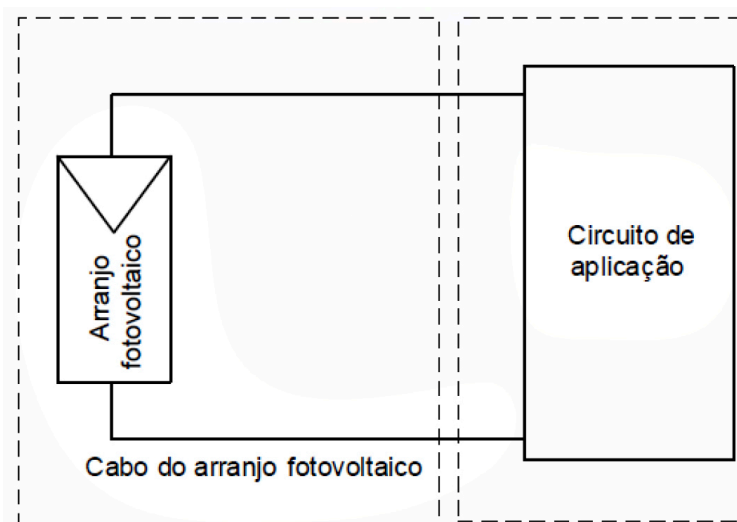


Figura 3 – Configuração funcional geral de um sistema fotovoltaico



Três tipos de circuitos de aplicação são considerados:

- ★ o arranjo fotovoltaico é conectado diretamente a cargas em corrente contínua;
- ★ o arranjo fotovoltaico é conectado a um sistema em corrente alternada via UCP que inclui ao menos isolamento galvânica, que pode ser interna à UCP, ou fornecida externamente, como, por exemplo, por um transformador externo. Em geral é possível saber se uma UCP possui ou não isolamento galvânica através de consulta ao manual do equipamento.
- ★ o arranjo fotovoltaico é conectado a um sistema em corrente alternada via UCP que não inclui isolamento galvânica.

4.3.2 Esquemas de aterramento de sistemas fotovoltaicos

Instalações fotovoltaicas estão sujeitas a situações de riscos de choques elétricos, sobretensões, descargas atmosféricas e circulação de correntes de falta, dentre outros assuntos que implicam diretamente na necessidade da existência de infraestrutura de aterramento para prover medidas de proteção satisfatórias.

A NBR 16690 indica que as especificações dos fabricantes de módulos fotovoltaicos e de UCP devem ser levadas em consideração na determinação do tipo de esquema de aterramento funcional mais apropriado.

Segundo a norma, o **aterramento funcional** de qualquer sistema fotovoltaico deve atender simultaneamente as duas condições indicadas adiante. Importante esclarecer que, segundo a NBR 5410, o termo “funcional” é utilizado com o sentido de caracterizar o aterramento e a equipotencialização destinados a garantir o bom funcionamento dos circuitos de sinal e a compatibilidade eletromagnética.

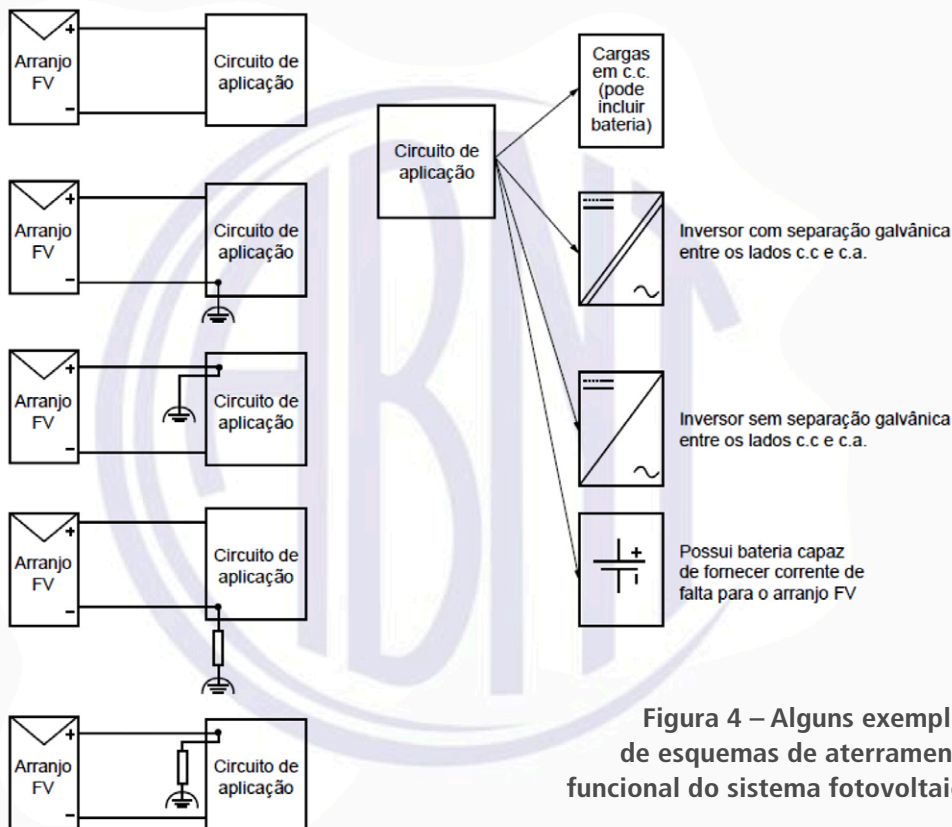


Figura 4 – Alguns exemplos de esquemas de aterramento funcional do sistema fotovoltaico

- a) deve existir no mínimo isolamento galvânica entre os circuitos em corrente contínua e em corrente alternada, podendo esta isolamento ser tanto interna quanto externa à UCP. O modo mais fácil de atender este requisito é utilizar UCP que já venha com a isolamento galvânica provida de fábrica, o que pode ser consultado no manual do equipamento;
- b) o aterramento de um dos condutores vivos em corrente contínua deve ser feito em um único ponto do arranjo fotovoltaico, próximo à entrada em corrente contínua da UCP ou na própria UCP. A figura 4, extraída do Anexo B da norma, mostra algumas ligações que satisfazem essa prescrição.



O aterramento por razões de proteção de qualquer condutor vivo do arranjo fotovoltaico não é permitido pela NBR 16690. Lembrando que a própria norma define aterramento para proteção como sendo aquela “ligação à terra de um ponto de um equipamento ou de um sistema por razões relacionadas à segurança”. Desta forma, por exemplo, não é permitido aterrar (diretamente) o condutor negativo ou positivo de um circuito como medida de proteção contra choques elétricos.

4.3.3 Esquemas elétricos de arranjos fotovoltaicos

A NBR 16690 apresenta diferentes configurações de arranjos fotovoltaicos, que variam em função da potência elétrica total desejada e da tecnologia/características da UCP a ser utilizada, conforme a seguir:

a) uma única série fotovoltaica

Neste arranjo (Figura 5), a potência total possível de ser gerada é a menor dentre todos os arranjos previstos, pois não há outros grupos de módulos em paralelo para aumentar a potência gerada.

Um ponto negativo a ser considerado nesse arranjo são eventuais zonas de sombreamento. Em um nível elementar, o efeito de sombreamento faz com que uma ou mais células de um módulo fotovoltaico que recebem pouca ou nenhuma radiação impeçam a passagem da corrente elétrica gerada por outras células que recebem luz. Olhando para um módulo (conjunto de células) de um arranjo em série, se ele estiver recebendo menos radiação do que os outros do grupo, a corrente elétrica de todo o arranjo é reduzida ao valor do módulo que está sombreado. O resultado é que todo o conjunto gera menos energia.

Para reduzir os efeitos danosos do sombreamento, os bons fabricantes de módulos fotovoltaicos utilizam os chamados diodos de by-pass (de passagem), que são ligados em paralelo com um certo número de células. Dessa forma, no caso de uma célula estar gerando menos corrente, as demais células continuam produzindo normalmente suas correntes que são desviadas pelo by-pass, não sendo assim interrompidas.

Embora o tema não seja normalizado, a prática tem mostrado que é conveniente ligar não mais do que 40 ou 50 módulos em série. Apenas para efeito ilustrativo, considerando valores médios aproximados de 30 V / 250 Wp por módulo, essa prática resulta em valores de 1.200 V / 10 kWp ou 1.500 V / 12,5 kWp por arranjo com apenas uma série fotovoltaica.

Isso implica que o arranjo com apenas uma série fotovoltaica é adequado (e largamente utilizado) para instalações que requerem potências geradas relativamente baixas (alguns poucos kWp), como casas, pequenos comércios e indústrias etc.

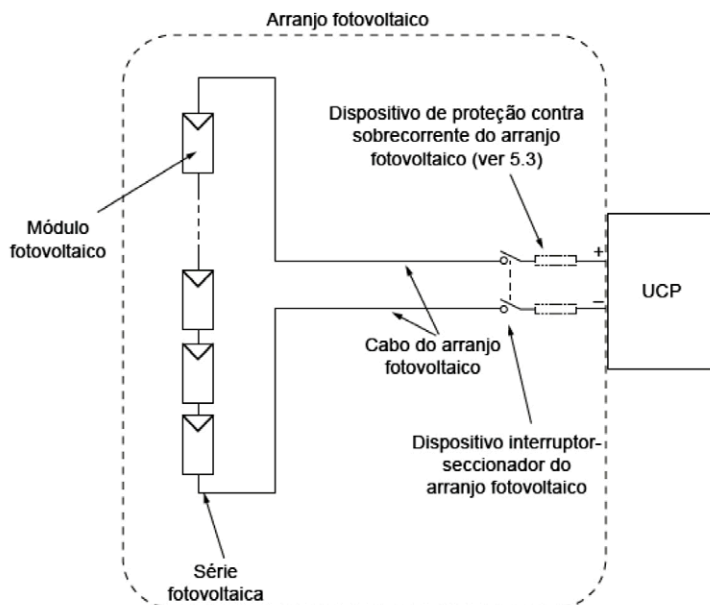


Figura 5 - Esquema de arranjo com apenas uma série fotovoltaica



b) múltiplas séries fotovoltaicas

Neste arranjo (Figura 6), a potência total possível de ser gerada é bem maior do que no caso anterior, uma vez que agora existem duas ou mais séries fotovoltaicas em paralelo. Com isso, as potências geradas em cada série se somam algebricamente. Por exemplo, se existirem 4 séries de 10 kWp cada uma, a potência total gerada será igual a 40 kWp.

O arranjo com múltiplas séries fotovoltaicas é adequado para instalações que requerem potências geradas relativamente elevadas (algumas dezenas de kWp), como edifícios e instalações comerciais e industriais de médio porte.

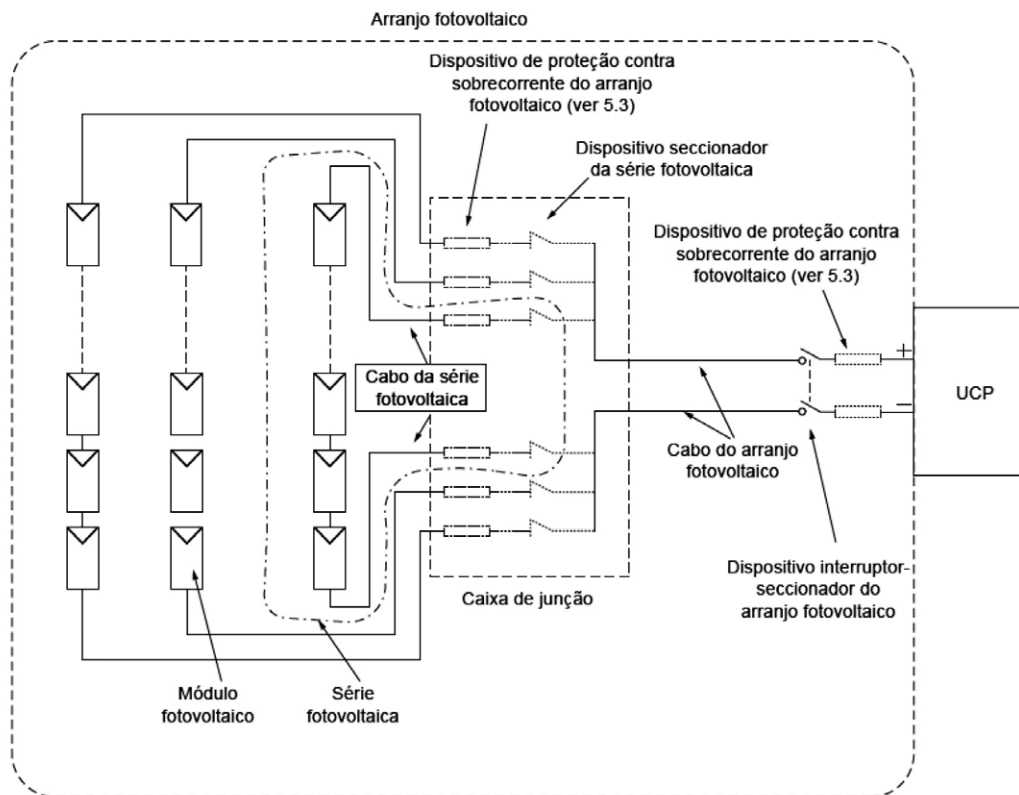


Figura 6 - Esquema de arranjo com múltiplas séries fotovoltaicas

c) múltiplos subarranjos fotovoltaicos conectados a uma UCP com apenas uma entrada em corrente contínua

Neste arranjo (Figura 7), a potência total possível de ser gerada é bem maior do que no caso anterior, uma vez que agora existem dois ou mais arranjos fotovoltaicos em paralelo. Com isso, as potências geradas em cada arranjo se somam algebricamente. Por exemplo, se existirem 4 arranjos de 100 kWp cada um, a potência total gerada será igual a 400 kWp.

Um ponto muito importante neste arranjo é a correta seleção da UCP que possui apenas uma entrada em corrente contínua, que deve ter seus valores nominais de tensão, corrente e potência compatíveis com o total gerado.

O arranjo com múltiplos subarranjos fotovoltaicos é adequado para instalações que requerem potências geradas muito elevadas (da ordem de MWp), como são os casos das usinas fotovoltaicas.

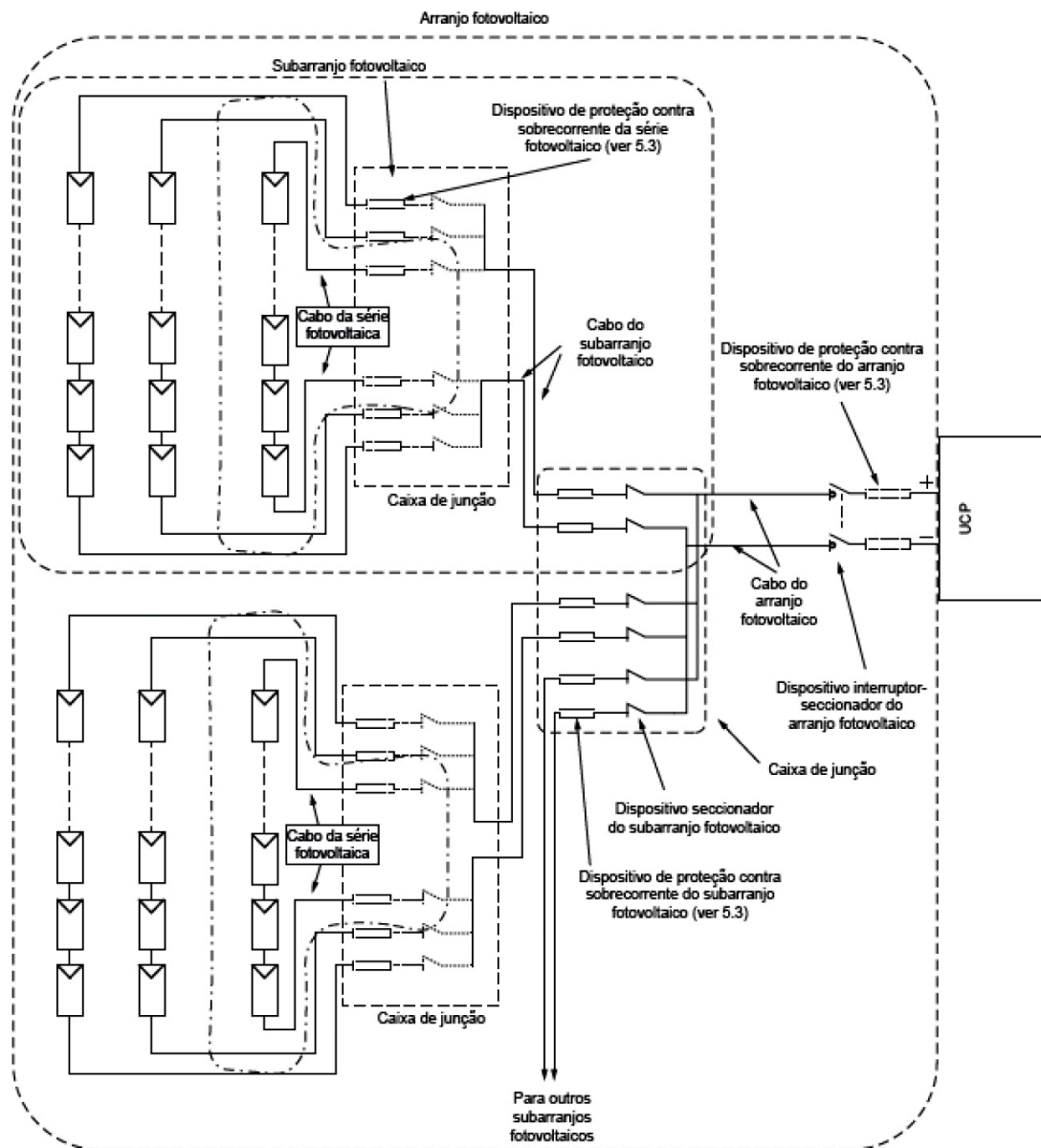


Figura 7 - Esquema de arranjo com múltiplas séries fotovoltaicas

d) múltiplos subarranjos fotovoltaicos conectados a uma UCP de múltiplas entradas em corrente contínua com SPMP individuais

Este arranjo é igual ao anterior em relação à configuração dos módulos (ligações em série e paralelo), diferindo apenas em relação ao tipo de UCP que, neste caso, possui múltiplas entradas em corrente contínua com SPMP individuais (Figura 8).

O termo SPMP refere-se ao “Seguimento do Ponto de Máxima Potência”, conforme definido na ABNT NBR 10899, que vem do termo equivalente em inglês “Maximum Power Point Tracking – MPPT”. Trata-se de uma função que está geralmente associada aos inversores, baseada na utilização de um algoritmo que busca manter o módulo fotovoltaico operando sempre com o valor ótimo de tensão (VMPP), a fim de manter a entrega da máxima potência possível sob as suas condições de operação.



Essa função SPMP pode ser desejável em situações onde a energia gerada por um módulo ou um arranjo pode variar bastante ao longo do dia, como é o caso de grandes áreas que podem estar com níveis de radiação diferentes no mesmo instante. Isso acontece, por exemplo, pela passagem de uma nuvem por um terreno bem grande, quando alguns módulos podem estar recebendo toda a luz possível enquanto outros estão encobertos pela nuvem. O resultado dessa diferença de radiação é que a tensão e corrente fornecidas pelos inúmeros módulos e arranjos ao inversor podem variar muito, prejudicando a operação e rendimento do sistema.

Neste cenário, o papel do SPMP é transformar essa energia variável que chega ao inversor em valores de tensão e corrente mais próximos possíveis do ponto ideal de funcionamento do equipamento. Por exemplo, digamos que o sistema está gerando 100 A com 800 V (8 kW), porém o ponto ideal do inversor é 200 A com 400 V (8 kW). Essa transformação de 100 A x 800 V para 200 A x 400 V é feita então pelo algoritmo SPMP do inversor.

Conforme 4.3.4.2, cada setor do arranjo fotovoltaico conectado a uma entrada da UCP pode ser tratado como um arranjo fotovoltaico independente. Dessa forma, cada arranjo fotovoltaico deve possuir um dispositivo interruptor-seccionador para prover a isolamento do inversor como indicado na Figura 8.

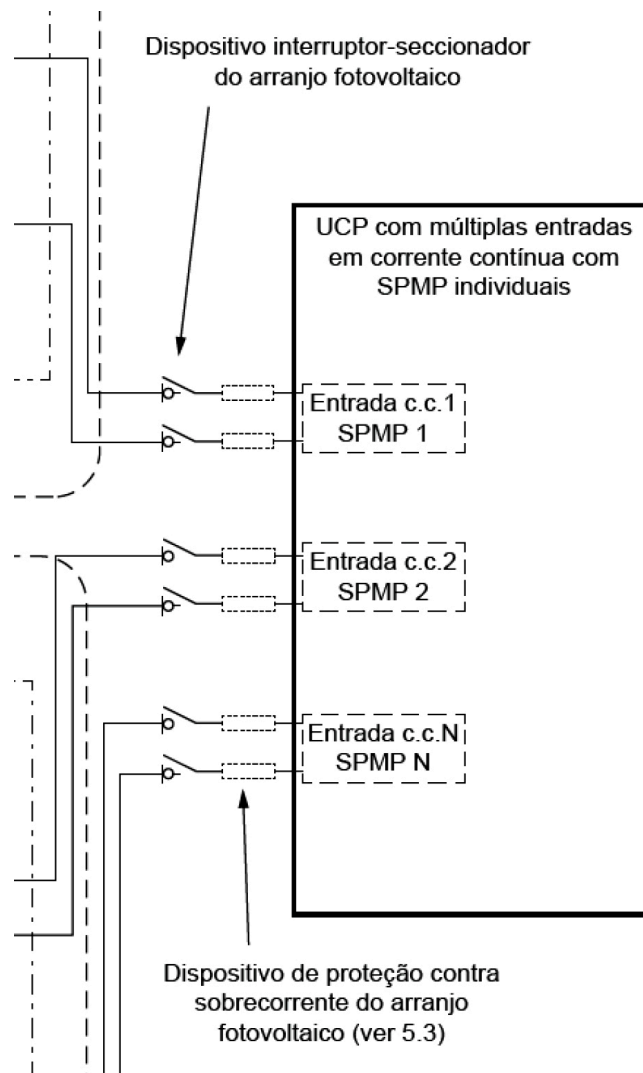


Figura 8 - UCP de múltiplas entradas em corrente contínua com SPMP individuais



e) múltiplos subarranjos fotovoltaicos conectados a uma UCP de múltiplas entradas em corrente contínua conectadas em paralelo internamente à UCP (Figura 9)

Este arranjo é igual ao anterior em relação à configuração dos módulos (ligações em série e paralelo), diferindo apenas em relação ao tipo de UCP que, neste caso, possui múltiplas entradas em corrente contínua que são conectadas em paralelo internamente à UCP, onde há dois barramentos para essa ligação: um positivo e um negativo (Figura 9).

Conforme 4.3.4.3, quando os múltiplos circuitos de entrada de uma UCP forem conectados em paralelo internamente em um barramento em corrente contínua comum, cada setor do arranjo fotovoltaico conectado a cada uma das entradas deve ser tratado como um subarranjo fotovoltaico e todos os setores combinados devem ser tratados como um arranjo fotovoltaico completo. Assim, cada subarranjo fotovoltaico deve possuir um dispositivo interruptor-seccionador para prover a isolação do inversor como indicado na Figura 9.

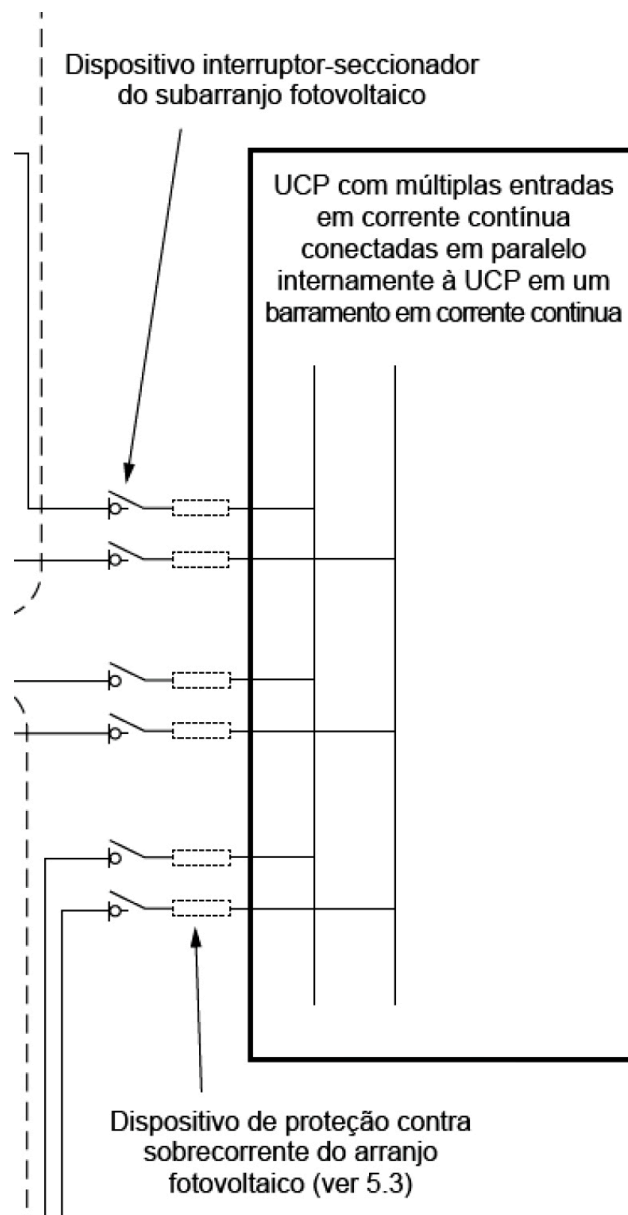


Figura 9 - UCP de múltiplas entradas em corrente contínua conectadas em paralelo internamente à UCP



Nesta parte do artigo são indicadas as principais prescrições do item 6.2 da norma ABNT NBR 16690 relativas à instalação dos cabos fotovoltaicos.

- a) Conforme 6.2.2, para evitar confusão entre linhas em corrente alternada e corrente contínua dentro de uma instalação, bem como evitar riscos de faltas entre linhas de alimentações distintas, as linhas em corrente contínua e em corrente alternada devem ser separadas. Além disso, os diferentes tipos de circuitos em corrente alternada e contínua devem ser claramente identificados, por exemplo, pelo uso de etiquetas ou condutores com cores diferentes.
- b) De acordo com 6.2.4, os cabos fotovoltaicos devem ser instalados de forma a não sofrer fadiga devido a esforços mecânicos, como, por exemplo, vento. Eles também devem ser protegidos contra bordas cortantes ou perfurantes, como as que existem nas estruturas de suporte dos módulos fotovoltaicos.
- c) Em 6.2.4 é prescrito que abraçadeiras e presilhas de cabos não devem ser utilizadas como o método principal de fixação, uma vez que, mesmo quando instaladas sob um arranjo fotovoltaico, ainda podem estar expostos à radiação UV refletida, o que diminui muito a vida útil no caso de não serem fabricadas com materiais adequados. Além disso, é preciso considerar que abraçadeiras metálicas podem ter bordas cortantes que, ao longo do tempo e em função do vento, podem causar danos aos condutores.
- d) No caso dos eletrodutos e canaletas plásticos expostos à luz solar, conforme 6.2.4, tais materiais devem possuir proteção contra a radiação UV de modo a suportar o tempo de vida útil pretendido para o produto, que, em geral, é da ordem de alguns anos.
- e) De acordo com 6.2.6.1, o cabeamento de arranjos fotovoltaicos deve ser realizado de tal forma que a possibilidade de ocorrências de faltas entre dois condutores energizados ou entre um condutor energizado e a terra seja minimizada. Por exemplo, a própria construção dos cabos específicos para uso fotovoltaico conforme a ABNT NBR 16612 garante o atendimento deste requisito, na medida em que a construção do cabo prevê obrigatoriamente a presença de uma cobertura, reduzindo assim substancialmente o risco de faltas entre condutores vivos e entre condutor vivo e a terra.
- f) Ainda conforme 6.2.6.1, todas as conexões dos cabos devem ser verificadas quanto ao torque mínimo e polaridade durante a instalação para reduzir o risco de faltas e possíveis arcos durante o comissionamento, operação e manutenção futura. Este requisito é atendido com o emprego de conectores e suas ferramentas específicas para sistemas fotovoltaicos, aplicados por mão de obra qualificada.
- g) Em 6.2.6.2 é feita uma prescrição muito importante para reduzir a magnitude de sobretensões induzidas por descargas atmosféricas. É indicado que os condutores do arranjo fotovoltaico devem ser dispostos de tal maneira que a área de laços de condutores seja mínima, por exemplo, pela instalação de condutores em paralelo.

Na prática, a formação de um laço nada mais é do que a construção indesejada de uma bobina com uma só espira (anel), que estará submetida à ação de um campo eletromagnético variável quando ocorrer uma descarga atmosférica próxima à instalação.

Dependendo do comprimento deste laço, que pode chegar a dezenas ou centenas de metros em alguns casos, a tensão induzida no anel pode atingir centenas ou até mesmo milhares de volts, dependendo da intensidade da descarga atmosférica. Uma vez que as pontas desse anel estão ligadas aos terminais dos módulos fotovoltaicos, é induzida então uma corrente elétrica também da ordem de centenas ou milhares de ampères, que facilmente pode danificar os condutores e destruir as placas fotovoltaicas, assim como outros componentes da instalação.



Para evitar este problema, deve ser buscada a menor área possível para os laços, conforme exemplos indicados na Figura 10.

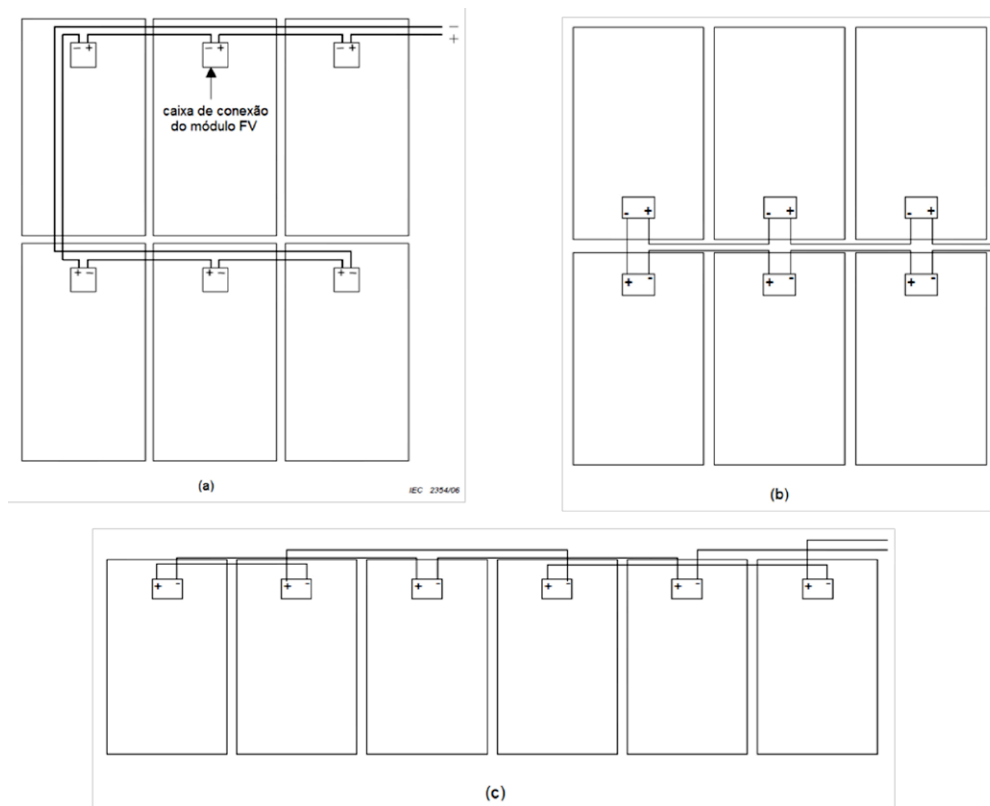


Figura 10 - Exemplos de cabeamento com laços reduzidos

h) De acordo com 6.2.6.4, quando condutores são inseridos diretamente em caixas de junção, sem eletrodutos, deve ser utilizado um sistema de alívio de tensão mecânica para evitar desconexões dos cabos dentro da caixa de junção, como um prensa-cabo adequado. Além disso, deve ser dada particular atenção à possibilidade de condensação de água e ao acúmulo de insetos e pequenos animais no interior das caixas de junção.

Nos dois casos, água e insetos/pequenos animais, pode haver degradação acelerada dos materiais metálicos ou isolantes, como conectores, cobertura e isolamento dos cabos. Desta forma, é recomendado que sejam tomadas medidas para evitar a entrada de água e insetos nas caixas, o que pode ser conseguido com a utilização de caixas com grau de proteção IP adequado, como IP44.

i) Em 6.2.7 é prescrito que deve haver uma adequada separação entre os condutores positivos e negativos dentro das caixas de junção, de maneira a minimizar os riscos de arcos em corrente contínua que possam ocorrer entre estes condutores. Uma boa organização dos cabos, evitando-se que eles fiquem “jogados” de qualquer forma no interior da caixa, normalmente é suficiente para que esta prescrição seja atendida da melhor forma possível.

J) Para atender o requisito de 6.2.6.5 deve ser fornecida uma identificação permanente e durável para o cabeamento do arranjo fotovoltaico, a ser realizada por um dos seguintes métodos:

- ★ utilizar cabos marcados de fábrica como “Cabo para sistema fotovoltaico”. Esta marcação deve ser permanente, legível e durável. Caso o cabo não seja claramente marcado de fábrica, devem ser fixadas



etiquetas com as palavras “SOLAR c.c.” em intervalos não superiores a 5 metros, podendo ser aumentado para espaçamentos não superiores a 10 metros em trecho reto, onde uma visão clara é possível entre etiquetas.

- ★ no caso de o condutor ser colocado em um conduto fechado, a identificação deve ser fixada ao exterior do conduto em intervalos não superiores a 5 metros e/ou nas caixas de passagem dessas linhas.
- ★ apesar da distinção por cor não ser exigida pela Norma, é recomendado fazer o uso de cores. O código de cores utilizado deve ser exposto claramente no local da instalação. Em geral, utiliza-se a cor vermelha para o condutor positivo, a cor preta para o negativo. Não é recomendado, para os condutores positivo e negativo, o uso das cores azul-claro, verde e verde/amarelo, que são empregadas, respectivamente, para o condutor neutro do lado em corrente alternada e para os condutores de aterramento dos dois lados.

Nesta parte do artigo são indicadas as principais prescrições do item 6.2.5 da norma ABNT NBR 16690 relativas à determinação da corrente de projeto para o dimensionamento dos circuitos de uma instalação fotovoltaica.

As seções nominais mínimas dos cabos utilizados no lado em corrente contínua das instalações fotovoltaicas devem ser dimensionados com base na corrente de projeto mínima dos circuitos, conforme indicado na Tabela 5 da NBR 16690, e na capacidade de condução de corrente dos condutores e fatores de correção aplicáveis, de acordo com a NBR 16612 (norma dos cabos fotovoltaicos).

Corrente de projeto (IB)

Conforme indicado na Tabela 5 da norma, a corrente de projeto (I_B) deve ser igual à corrente mínima em relação à qual a seção nominal dos condutores fotovoltaicos deve ser dimensionada, que é função do tipo de arranjo, conforme indicado a seguir.

Por sua vez, a corrente de projeto depende da existência ou não de proteção contra sobrecorrente no circuito, o que é definido nos itens 5.3.8 e 5.3.9 da norma NBR 16690.

a) Série fotovoltaica sem proteção contra sobrecorrente

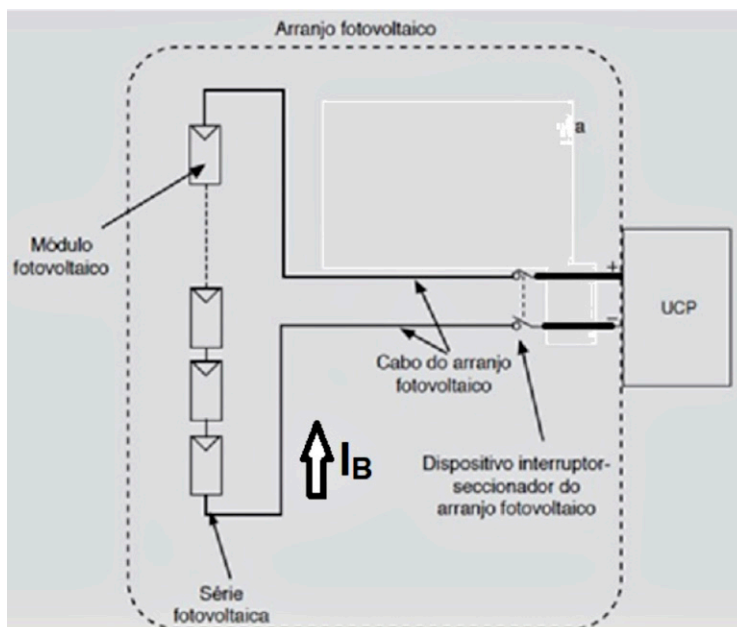


Figura 11 - Esquema de arranjo fotovoltaico com apenas uma série fotovoltaica sem proteção contra sobrecorrente



Conforme Tabela 5 da Norma, para um arranjo fotovoltaico com apenas uma série fotovoltaica sem proteção contra sobrecorrente a corrente de projeto é:

$$I_B = 1,5 \times I_{SC\ MOD}$$

Onde:

$I_{SC\ MOD}$ é a corrente de curto-circuito de um módulo fotovoltaico ou de uma série fotovoltaica nas condições de ensaio especificadas. Como séries fotovoltaicas são um grupo de módulos fotovoltaicos ligados em série, a corrente de curto-circuito de uma série fotovoltaica é igual à do módulo fotovoltaico.

A intensidade da corrente de curto-circuito de um módulo fotovoltaico deve ser disponibilizada pelo fornecedor do equipamento.

Exemplo: seja uma série fotovoltaica sem proteção contra sobrecorrente, com 10 módulos fotovoltaicos, cada um com uma corrente de curto-circuito $I_{SC\ MOD} = 10\text{ A}$.

A corrente de projeto da série fotovoltaica é calculada por $I_B = 1,5 \times I_{SC\ MOD} = 1,5 \times 10 = 15\text{ A}$

b) Série fotovoltaica com proteção contra sobrecorrente

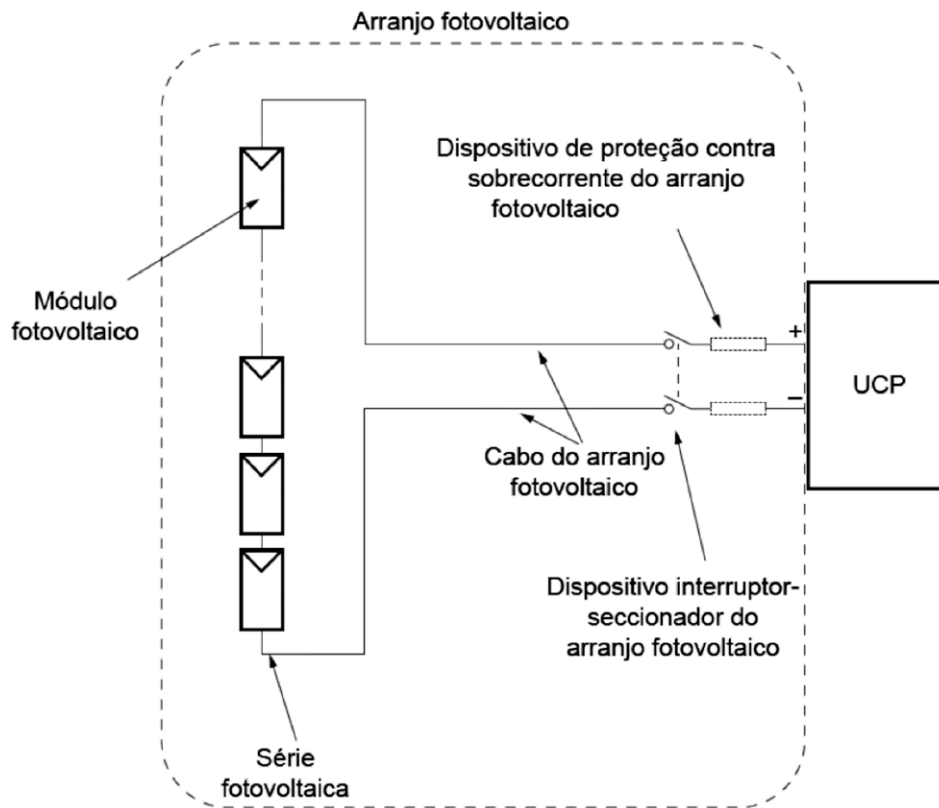


Figura 12 - Esquema de arranjo fotovoltaico com apenas uma série fotovoltaica com proteção contra sobrecorrente



Conforme Tabela 5 da Norma, para um arranjo fotovoltaico com apenas uma série fotovoltaica com proteção contra sobrecorrente a corrente de projeto é:

$$I_B = I_N$$

Onde:

I_N é a corrente nominal do dispositivo de proteção contra sobrecorrente da série fotovoltaica.

Exemplo: seja uma série fotovoltaica com 10 módulos fotovoltaicos, com proteção contra sobrecorrente provida por um dispositivo de corrente nominal I_N igual a 20 A.

A corrente de projeto da série fotovoltaica é calculada por $I_B = I_N = 20 A$

c) Subarranjo fotovoltaico sem proteção contra sobrecorrente

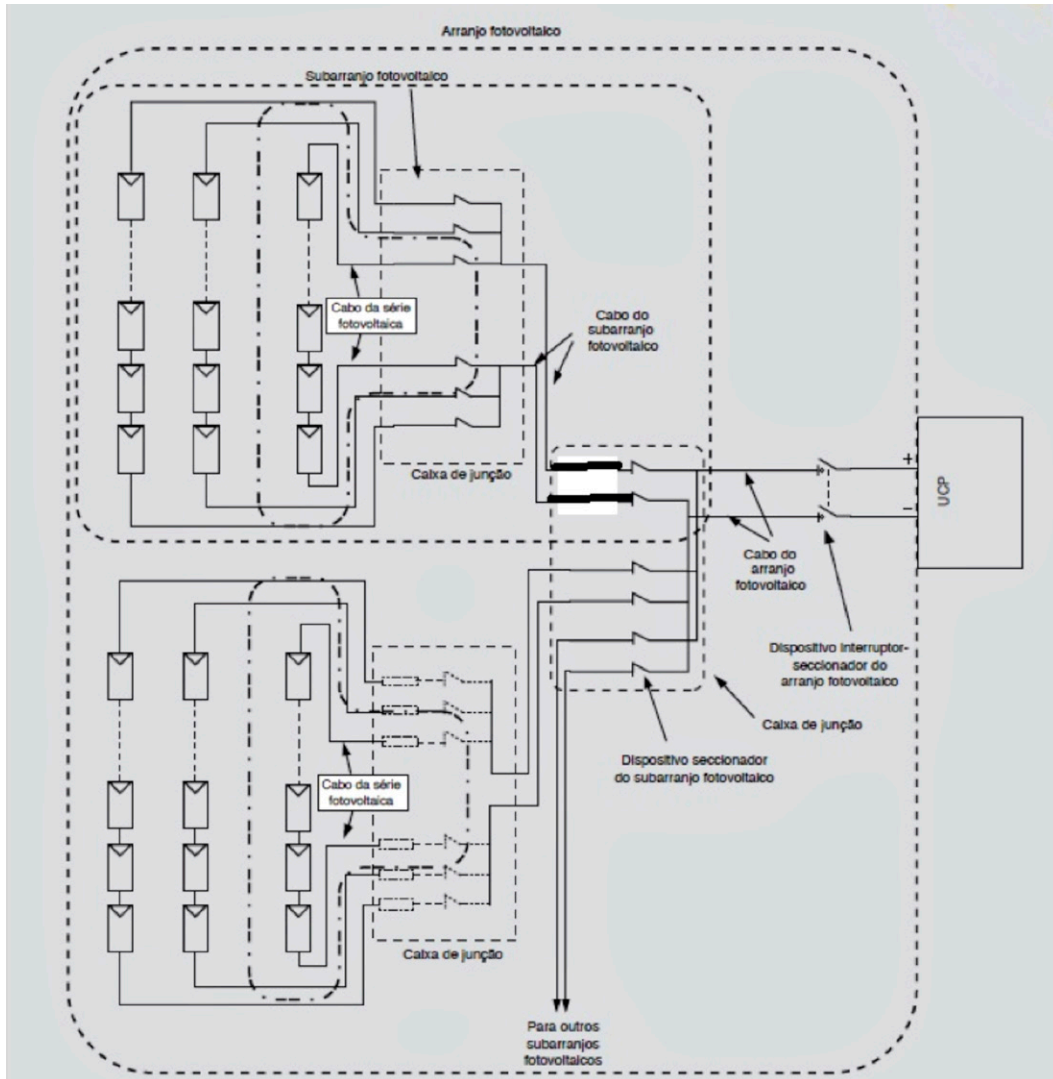


Figura 13 - Esquema de subarranjo e arranjo fotovoltaico sem proteção contra sobrecorrente



Conforme Tabela 5 da Norma, para um subarranjo fotovoltaico sem proteção contra sobrecorrente a corrente de projeto é:

$$I_B = 1,25 \times I_{SC\ S-ARRANJO}$$

Onde:

$I_{SC\ S-ARRANJO}$ é a corrente de curto-circuito de um subarranjo dada pela equação:

$$I_{SC\ S-ARRANJO} = I_{SC\ MOD} \times SSA$$

sendo SSA o número total de séries fotovoltaicas conectadas em paralelo no subarranjo fotovoltaico.

Combinando as duas expressões anteriores, resulta em:

$$I_B = 1,25 \times I_{SC\ MOD} \times SSA$$

Exemplo: seja um subarranjo fotovoltaico sem proteção contra sobrecorrente formado por cinco séries fotovoltaicas, com 10 módulos fotovoltaicos em cada série. Cada módulo tem uma corrente de curto-circuito $I_{SC\ MOD} = 10\ A$.

A corrente de projeto no trecho do subarranjo é calculada por $I_B = 1,25 \times I_{SC\ MOD} \times SSA = 1,25 \cdot 10 \cdot 5 = 62,5\ A$

d) Subarranjo fotovoltaico com proteção contra sobrecorrente

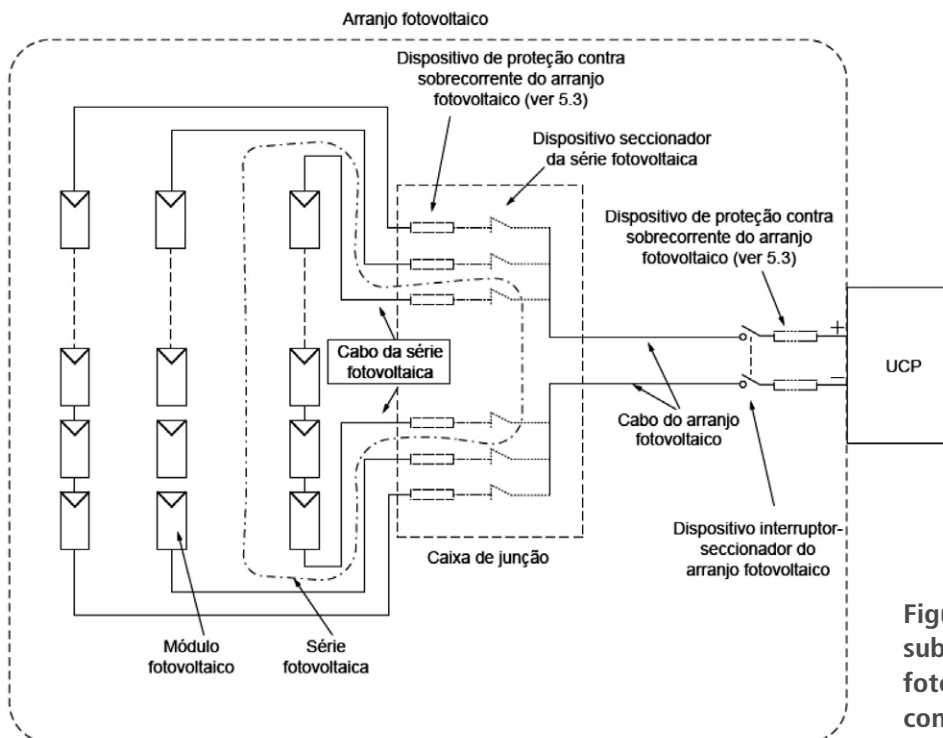


Figura 14 - Esquema de subarranjo e arranjo fotovoltaico com proteção contra sobrecorrente



Conforme Tabela 5 da Norma, para um subarranjo fotovoltaico com proteção contra sobrecorrente a corrente de projeto é:

$$I_B = I_N$$

Onde:

I_N é a corrente nominal do dispositivo de proteção contra sobrecorrente do subarranjo fotovoltaico.

Exemplo: seja um subarranjo fotovoltaico formado por cinco séries fotovoltaicas, com 10 módulos fotovoltaicos em cada série, com proteção contra sobrecorrente do subarranjo provida por um dispositivo de corrente nominal $I_N = 100$ A.

A corrente de projeto no trecho do subarranjo é calculada por $I_B = I_N = 100$ A

e) Arranjo fotovoltaico sem proteção contra sobrecorrente

Conforme Tabela 5 da Norma, para um arranjo fotovoltaico sem proteção contra sobrecorrente a corrente de projeto é:

$$I_B = 1,25 \times I_{SC\ ARRANJO}$$

Onde:

$I_{SC\ ARRANJO}$ é a corrente de curto-circuito do arranjo fotovoltaico, dada pela equação a seguir:

$$I_{SC\ ARRANJO} = I_{SC\ MOD} \times SA$$

Sendo SA o número total de séries fotovoltaicas conectadas em paralelo no arranjo fotovoltaico.

Combinando as duas expressões anteriores, resulta em:

$$I_B = 1,25 \times I_{SC\ MOD} \times SA$$

Exemplo: seja um arranjo fotovoltaico sem proteção contra sobrecorrente formado por cinco subarranjos, sendo cada um formado por cinco séries fotovoltaicas, com 10 módulos fotovoltaicos em cada série. Cada módulo tem uma corrente de curto-circuito $I_{SC\ MOD} = 10$ A.

A corrente de projeto no trecho do arranjo é calculada por $I_B = 1,25 \times I_{SC\ MOD} \times SA = 1,25 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 5 = 312,5$ A

f) Arranjo fotovoltaico com proteção contra sobrecorrente

Conforme Tabela 5 da Norma, para um arranjo fotovoltaico com proteção contra sobrecorrente a corrente de projeto é:



$$I_B = I_N$$

Onde:

I_N é a corrente nominal do dispositivo de proteção contra sobrecorrente do arranjo fotovoltaico.

Exemplo: seja um arranjo fotovoltaico formado por cinco subarranjos, sendo cada um formado por cinco séries fotovoltaicas, com 10 módulos fotovoltaicos em cada série, com proteção contra sobrecorrente do arranjo provida por um dispositivo de corrente nominal I_N igual a 200 A.

A corrente de projeto no trecho do arranjo é calculada por $I_B = I_N = 200$ A

Nesta parte do artigo são indicadas as principais prescrições do item 6.2.3 da norma ABNT NBR 16690 relativas aos condutores utilizados dentro do arranjo fotovoltaico.

Definições

Para começar, vejamos as definições aplicadas aos cabos, conforme Seção 3 da NBR 16690:

O **cabo da série fotovoltaica** é aquele que interliga os módulos fotovoltaicos em uma série fotovoltaica, ou que conecta a série fotovoltaica a uma caixa de junção.

O **cabo do subarranjo fotovoltaico** é o cabo de saída de um subarranjo que transporta a corrente de saída total do subarranjo ao qual está associado.

O **cabo do arranjo fotovoltaico** é o cabo de saída de um arranjo que transporta a corrente de saída total do arranjo fotovoltaico.

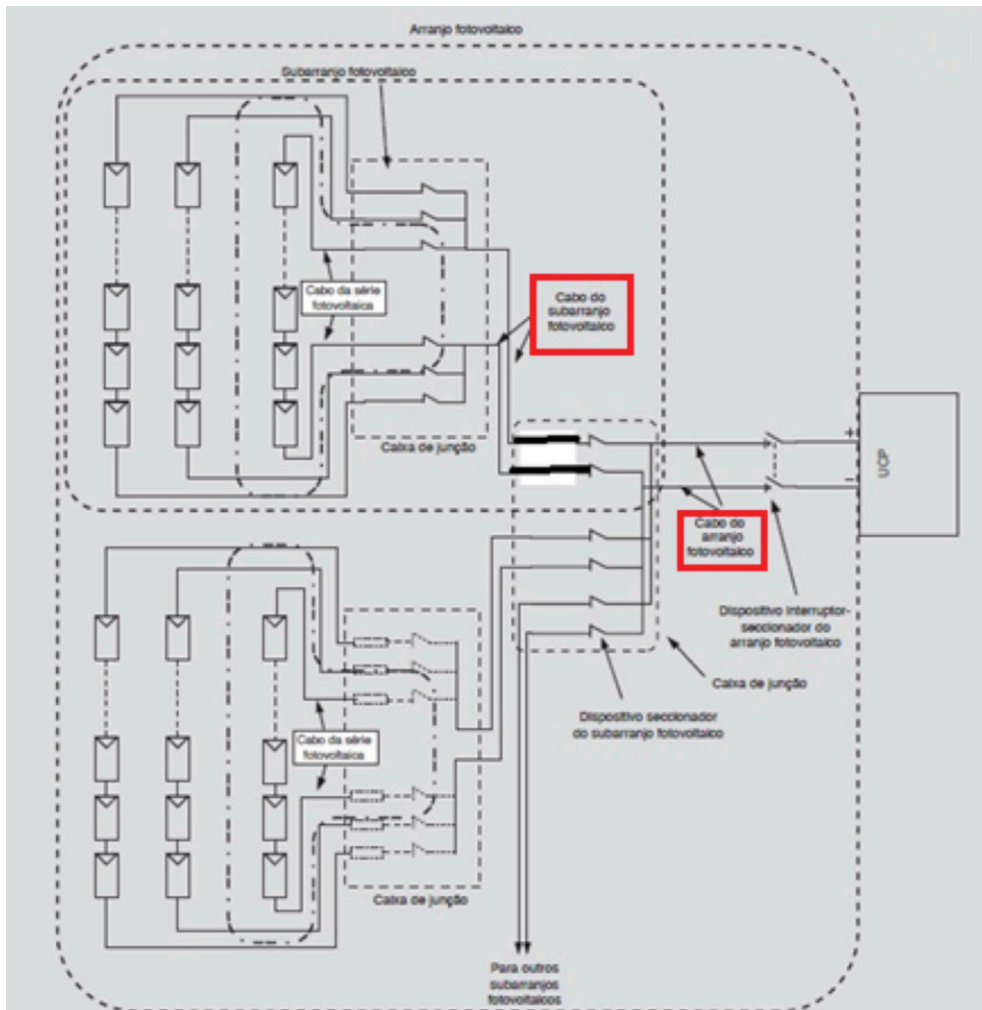


Figura 15 - Definições dos cabos elétricos utilizados em arranjos fotovoltaicos



Requisitos

Em 6.2.3 da NBR 16690 são tratados os requisitos aplicáveis aos cabos utilizados nas instalações fotovoltaicas, ou seja, no lado em corrente contínua.

O primeiro requisito, evidentemente, é que os condutores devem ser adequados para aplicações em corrente contínua e devem possuir tensão nominal igual ou superior à tensão máxima do arranjo fotovoltaico.

Os cabos devem ser dimensionados para a temperatura de operação de acordo com a aplicação e, se expostos ao tempo, ser resistentes à radiação UV. Se não resistentes à radiação UV, devem estar abrigados da radiação UV por proteção apropriada, ou ser instalados em eletrodutos resistentes à radiação UV.

Eles devem possuir isolamento resistente à água, conforme código AD7 da Tabela 4 da NBR 5410. Essa classificação é relativa à “imersão”, cuja característica é a possibilidade de imersão em água, parcial ou total, de modo intermitente. São exemplos dessa influência externa os casos de locais sujeitos a inundação e/ou onde a água possa se elevar pelo menos a 15 cm acima do ponto mais alto do componente da instalação elétrica, estando sua parte mais baixa a no máximo 1 m abaixo da superfície da água. Evidentemente essa situação é perfeitamente normal nas instalações no solo em áreas abertas, como nas usinas fotovoltaicas, mas pouco prováveis de serem encontradas, por exemplo, nas montagens em telhados de casas e edificações em geral. De toda forma, a NBR 16690 não faz distinção entre esses casos e, portanto, independentemente da posição dos cabos em relação ao solo, eles devem apresentar isolamento resistente à água.

A norma estabelece ainda que, se expostos a ambientes salinos, os condutores devem ser de cobre estanhado, a fim de reduzir a degradação do condutor ao longo do tempo. No entanto, mais do que por esse motivo de salinidade, os condutores devem ser de cobre estanhado para melhorar o contato nas conexões, item vital em instalações em corrente contínua em geral e nas fotovoltaicas em particular.

Os cabos devem ser escolhidos de modo a minimizar o risco de faltas a terra e curtos-circuitos, o que é facilmente conseguido com o conceito de dupla isolamento (classe 2). No caso dos cabos, isso é obtido com o emprego de duas camadas de material isolante aplicadas sobre o condutor, sendo uma a isolamento e a outra a cobertura (ver Figura 2).

Os cabos devem ainda ser do tipo não-propagantes de chama, como definido na ABNT NBR NM IEC 60332-1. Além disso, os condutores das séries fotovoltaicas devem ser flexíveis (classe 5 da ABNT NBR NM 280) para permitir a movimentação ocasionada pelo vento e a dilatação térmica dos arranjos e módulos fotovoltaicos.

Normas de cabos

Em 6.2.3, a NBR 16690 indica que os cabos utilizados nas séries fotovoltaicas, nos subarranjos fotovoltaicos e nos arranjos fotovoltaicos **devem atender aos requisitos da ABNT NBR 16612**.

Cabos do subarranjo fotovoltaico ou cabos do arranjo fotovoltaico **podem ser construídos** conforme a ABNT NBR 7286 ou ABNT NBR 7287 e instalados conforme as maneiras de instalar previstas na ABNT NBR 5410, observando se há a necessidade de resistência à radiação UV.

Pela leitura atenta dessas prescrições, nota-se claramente a existência de dois conceitos distintos e complementares, ou seja, “requisitos” e “construção”. No primeiro caso, a Norma indica que todos os cabos no lado em corrente contínua, sejam os utilizados nas séries, nos subarranjos ou nos arranjos, devem (é obrigatório) atender aos requisitos da NBR 16612. Como será visto na sequência, a NBR 16612 faz prescrições tanto em relação aos requisitos quanto à construção dos cabos para uso fotovoltaico.



No segundo caso, a Norma mantém a exigência dos requisitos da NBR 16612 serem atendidos, porém libera que a construção dos cabos possa ser feita de acordo com outras normas que não a NBR 16612, nomeadamente chamando as NBRs 7286, 7287 e 7288, respectivamente normas de cabos isolados em HEPR, XLPE e PVC/PE.

Como será visto a seguir, esse texto da NBR 16690 é muito pouco provável de ser atendido na prática, uma vez que cabos construídos conforme as normas NBR 7286, 7287 e 7288 não têm condições de atenderem aos requisitos da NBR 16612, exceto se tiverem construções muito especiais. Só para citar um requisito que prova essa afirmação, a NBR 16612 exige que cabos para uso fotovoltaico sejam constituídos por materiais não halogenados, sendo que essa propriedade não faz parte de nenhuma das três normas citadas no texto (7286, 7287, 7288).

Isso posto, **o único cabo que atende à NBR 16690** para aplicação em todos os trechos das instalações fotovoltaicas (série, subarranjo ou arranjo) é o cabo que atende a NBR 16612.

Requisitos da NBR 16612

Os principais requisitos dos cabos para instalação fotovoltaica conforme a norma **ABNT NBR 16612 - Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura — Requisitos de desempenho** são os seguintes:

- ★ Tensão máxima de operação: tensão contínua de 1,5 kV c.c. entre os condutores e entre os condutores e o terra, e tensão máxima em c.c. de 1,8 kV.

É relativamente comum, sobretudo em usinas fotovoltaicas, associar vários módulos em série, obtendo-se, em alguns casos, tensões máximas da ordem de 1,5 kV ou até mesmo um pouco superiores. Assim, os cabos para as aplicações fotovoltaicas são projetados para operar, sem problemas, até 1,8 kV. É muito importante que projetistas e instaladores respeitem este limite para não diminuir a vida útil do cabo ou, dependendo do caso, para que não causem danos irreversíveis à isolação, provocando a perda imediata do condutor.

- ★ Temperatura ambiente: de -15°C até $+90^{\circ}\text{C}$. Tais temperaturas extremas, ou próximas a elas, podem ser encontradas em instalações ao tempo em certos locais no Brasil. A determinação correta da faixa de temperatura na qual o cabo vai operar possibilita a otimização do dimensionamento dos condutores e garante uma vida útil adequada.
- ★ Resistência à radiação ultravioleta (UV): devido à permanente e severa exposição dos cabos fotovoltaicos aos raios solares, eles devem apresentar elevada resistência à radiação ultravioleta, conforme especificado nos ensaios da norma de fabricação.
- ★ Resistência à água: devido à possibilidade de severa exposição dos cabos fotovoltaicos à água, como decorrente de chuvas e alagamentos, eles devem apresentar elevada resistência à água, conforme especificado nos ensaios da norma de fabricação.
- ★ A temperatura do condutor em regime permanente não pode ultrapassar 90°C . Por um período máximo de 20.000 horas, é permitida uma temperatura máxima de operação no condutor de 120°C em uma temperatura ambiente máxima de 90°C .
- ★ O condutor deve ser de cobre estanhado e tempera mole, e estar conforme a ABNT NBR NM 280 na classe 5 de encordoamento.
- ★ A isolação e a cobertura devem ser constituídas por uma ou mais camadas extrudadas de composto não halogenado termofixo.



O composto termofixo permite que o cabo tenha maiores capacidades de condução de corrente do que se fosse utilizado um composto termoplástico. Além disso, o composto termofixo tem maior estabilidade térmica do que o termoplástico quando o cabo é submetido a elevadas temperaturas, como acontece quando exposto à ação direta dos raios solares, situação típica nas aplicações fotovoltaicas.

A característica não halogenada da isolação, por sua vez, tem por objetivo a não degradação dos materiais metálicos em geral (estruturas, caixas e suportes de fixação) e dos conectores elétricos, em particular, no caso de queima ou até mesmo um simples princípio de incêndio envolvendo os cabos elétricos. Esta queima dos cabos tanto pode ser originada no seu interior ou ter sido provocada externamente ao cabo, porém atingindo-o de alguma forma.

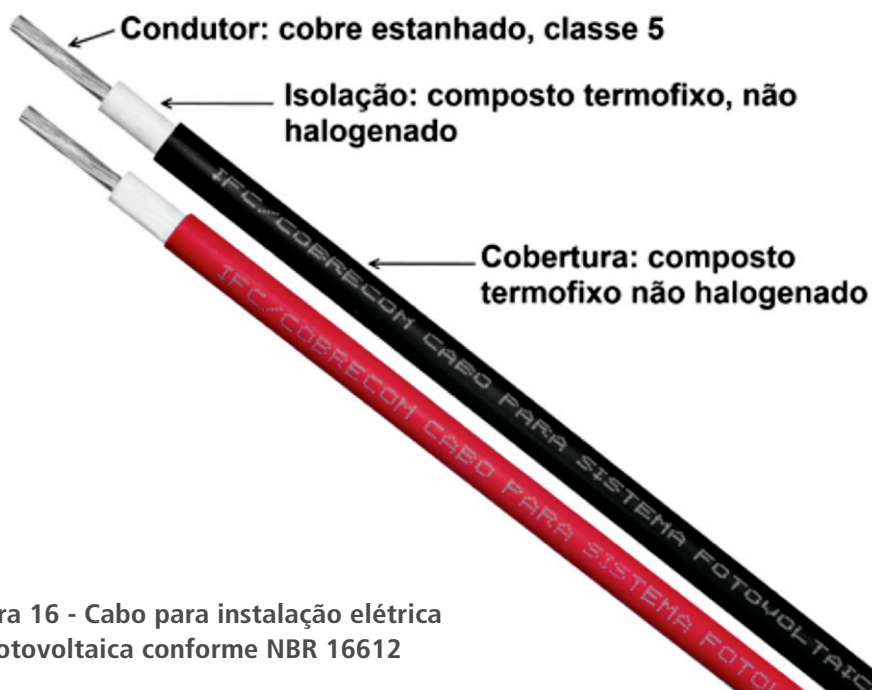
Os compostos não halogenados apresentam quatro características principais que os distinguem de outros materiais utilizados na fabricação dos cabos elétricos: reduzida emissão de fumaça; a pouca fumaça emitida é translúcida, permitindo a visão quase que total através do incêndio; reduzida emissão de gases tóxicos; e, a principal característica para os propósitos de um cabo fotovoltaico, a reduzida emissão de gases corrosivos, evitando, desta forma, a corrosão de materiais metálicos próximos aos condutores;

- ★ A cobertura deve ser marcada a intervalos regulares de até 50 cm com a inscrição “uso em sistema fotovoltaico”.

Cabos fotovoltaicos versus cabos para instalações fixas em corrente alternada

Quando comparamos as características construtivas e os principais requisitos dos cabos para instalação fotovoltaica com aquelas dos cabos “comuns” 750 V ou 1 kV, para uso nas instalações elétricas fixas, conforme prescritos na norma ABNT NBR 5410, é fácil concluir que se tratam de produtos muito diferentes.

Não que um tipo de cabo seja melhor do que outro, mas apenas são aplicações diferentes, com influências externas diferentes, o que resulta na necessidade de utilizar produtos diferentes, que são específicos para cada caso.



HILTON MORENO
 PROFESSOR,
 ENGENHEIRO
 E DIRETOR
 DA POTÊNCIA
 MULTIPLATAFORMA



Foto: Arquivo HMTNews

Figura 16 - Cabo para instalação elétrica fotovoltaica conforme NBR 16612



Instalação de um Sistema Fotovoltaico em uma APAC através do PEE

O PRESENTE CASO ABORDA A EXPERIÊNCIA DO ARTICULISTA NA COORDENAÇÃO DE UM PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, ESPECIALMENTE NOS BENEFÍCIOS TRAZIDOS PELA INSTALAÇÃO DE UMA USINA FOTOVOLTAICA

Programa de Eficiência Energética - PEE

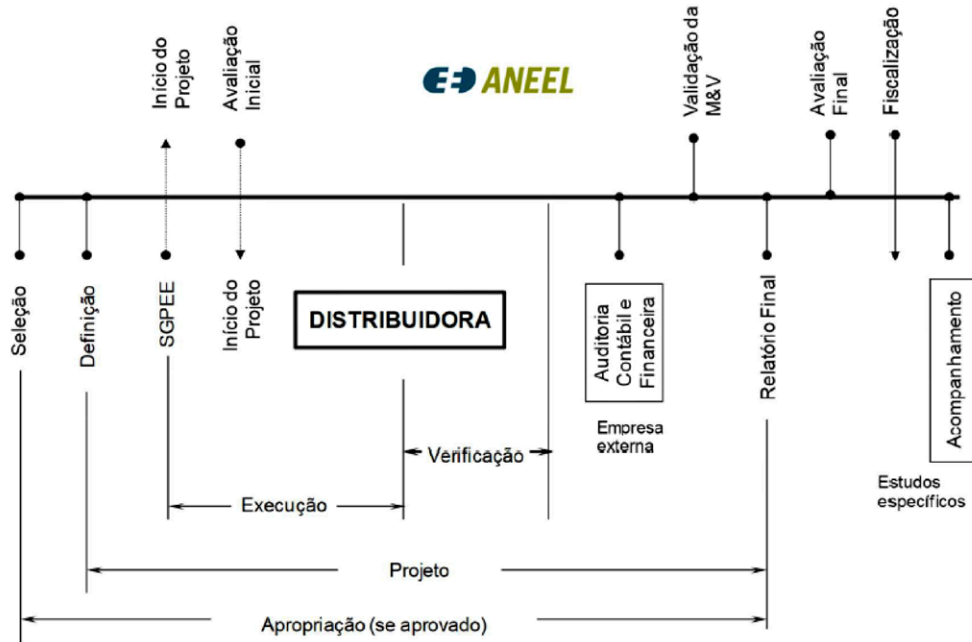
Regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica - Aneel, o Programa de Eficiência Energética - PEE - tem como objetivo a promoção do uso eficiente da energia elétrica nos diversos setores da economia. Este objetivo é alcançado através de projetos que demonstram a importância e a viabilidade econômico-financeira de suas execuções, por meio de melhoria na eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia.

Atualmente, de acordo com a Lei 14.120, de 1º de março de 2021, o percentual de 0,28% da Receita Operacional Líquida das empresas de distribuição de energia elétrica deve ser investido em projetos de eficiência energética, selecionados preferencialmente através de Chamada Pública de Projeto – CPP.





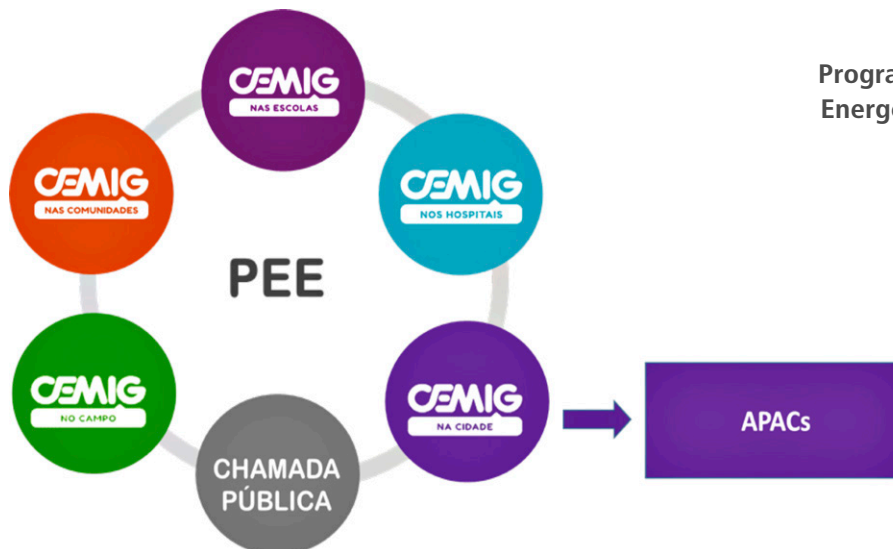
Após a realização da Chamada Pública, caso não haja proposta de projetos qualificados que contemplem todo o recurso disponível, a distribuidora poderá, por iniciativa própria, definir outros projetos em qualquer setor ou tipologia sem necessidade de atender a regra de 50% de investimento nas duas maiores classes de consumo. E ainda: caso não haja ofertas qualificadas de projetos suficientes para atender ao recurso disponibilizado, a distribuidora deverá elaborar projetos diretamente com os consumidores.



Etapas dos projetos do PEE

PEE da Cemig

No presente caso, encontra-se em execução na Cemig Distribuição S.A. – concessionária do serviço público de distribuição de energia elétrica, responsável pelo serviço em 774 municípios no estado de Minas Gerais – o “Projeto Cemig nas APACs”, parte integrante do subprograma “Cemig nas Cidades”, componente de seu Programa de Eficiência Energética.



Programa de Eficiência Energética da Cemig D



Projeto “Cemig nas APACs”

A finalidade do projeto visa a implantação de ações de eficiência energética, através da aplicação de recursos financeiros da Cemig D (provenientes do Programa de Eficiência Energética – PEE), com a finalidade de reduzir o consumo e a demanda média na ponta, além da disseminação da cultura de consumo consciente e sustentável da energia elétrica.

Estas ações serão aplicadas em todas as 36 APACs do Estado que estão na área de concessão da Cemig D e incluem a substituição de lâmpadas ineficientes por lâmpadas com tecnologia LED, a substituição de chuveiros obsoletos por duchas eletrônicas, além de geladeiras e freezers antigos e em mau estado de conservação por equipamentos novos e eficientes. E “a cereja do bolo” para muitas APACs: a instalação de uma usina solar fotovoltaica – mencionado também como Sistema Fotovoltaico (SFV).

Mas aí fica uma pergunta: “afinal de contas, o que é uma APAC”?

APACs e IMPP

APAC é uma entidade civil de direito privado, com personalidade jurídica própria, dedicada à recuperação e à reintegração social dos condenados a penas privativas de liberdade. Ela ainda opera como entidade auxiliar do poder Judiciário e Executivo, respectivamente, na execução penal e na administração do cumprimento das penas privativas de liberdade. Veja mais informações sobre as APACs no seguinte link: <https://fbac.org.br/o-que-e-a-apac/>

As APACs são mantidas com recursos públicos, provenientes da Secretaria de Justiça e Segurança Pública – SEJUSP e do TJMG (e em alguns casos, com as próprias Prefeituras Municipais), pois elas preenchem a necessidade de se apresentar uma alternativa eficiente, eficaz e urgente ao sistema penitenciário convencional, promovendo a recuperação do condenado pela Justiça Penal e sua reintegração à sociedade. Além disso, o Estado é responsável pelo custeio dos recuperandos admitidos nas APACs, que prestam serviços de natureza singular.

Dessa forma, a redução do custo de energia elétrica contribui para um Estado mais eficaz!

Ações de Eficiência Energética

Como citado anteriormente, em todas as APACs foram implementadas ações de eficiência energética antes da instalação da usina fotovoltaica, que consistiram nas substituições dos equipamentos obsoletos (iluminação, chuveiros, geladeiras e freezers). E o motivo é óbvio: primeiro eu “reduzo” meu consumo (minha necessidade energética) através da substituição de equipamentos antigos e “gastadores” por novos equipamentos (mais eficientes), para depois instalar uma usina “mais adequada” às minhas necessidades – possivelmente, uma usina de menor potência!

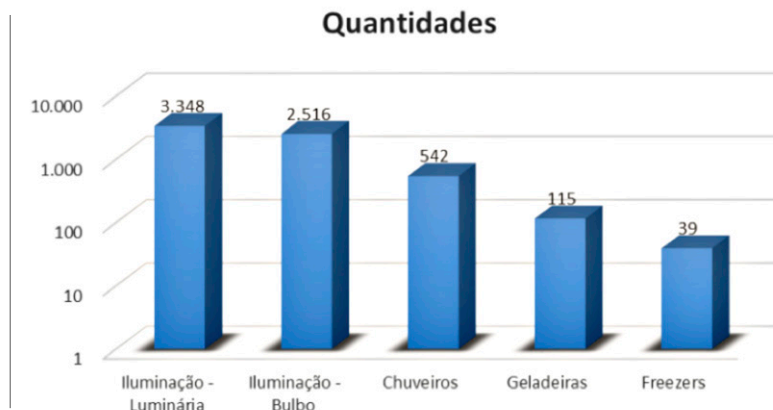
Como o objetivo desse artigo não está nas ações de eficiência energética implementadas anteriormente à usina, na tabela e gráficos ao lado e na página seguinte estão os dados globais dessas ações:

Quantidades e Valores investidos

Tipo da AEE	Quantidade	Valor
Iluminação - Luminária	3.348	362.494,66
Iluminação - Bulbo	2.516	33.714,40
Chuveiros	542	65.326,91
Geladeiras	115	210.336,17
Freezers	39	103.840,67
	Sub-total:	775.712,80



Quantidades e Valores investidos



Usina Fotovoltaica

Apesar da previsão de instalação de uma usina fotovoltaica em cada APAC, num total de 35 associações, este artigo abordará uma edificação como exemplo, ou seja, os dados a seguir são da usina fotovoltaica instalada na **APAC Passos**, no sudoeste do Estado de Minas Gerais.

Dados gerais da instalação

- ★ **Nome:** UFV APAC Passos
- ★ **Endereço:** Rua Antônio Ovídio Carvalho, 75, Jardim Flamboyant CEP: 37.900-000 – Passos – MG
- ★ **Capacidades:** **146** recuperandos no total, sendo: **78** no regime fechado; **48** no regime semiaberto; e **20** no regime semiaberto com trabalho externo (dormem na APAC).
- ★ **Período de instalação:** 22/03/2021 a 01/04/2021
- ★ **Período de comissionamento:** 19/04/2021 a 07/05/2021

Dados Técnicos

- ★ A UFV APAC Passos possui capacidade geradora instalada de 75,33 kWp, sendo 186 módulos TRI-NA SOLAR TSM-DE15H(II) de 405 Wp e 02 inversores WEG (HUAWEI), modelo SIW500HST036 (SUN2000-36KTL).
- ★ Está subdividida em 2 unidades de geração – UG, sendo a UG N1 com 36,45 kWp e a UG N2 com 38,88 kWp.
- ★ A UG N1 consiste em 90 módulos, divididos em 06 strings de 15 módulos cada, que são ligadas diretamente ao inversor. O módulo de conversão desta UG consiste em 01 inversor WEG (HUAWEI) de 36 kW.
- ★ A UG N2 consiste em 96 módulos, divididos em 06 strings de 16 módulos, que são ligadas diretamente ao inversor. O módulo de conversão desta UG consiste em 01 inversor WEG (HUAWEI) de 36 kW.
- ★ Os 02 inversores são conectados a 01 autotransformador Eikon de 75 kVA 380 / 220 V, que faz a interface entre o sistema fotovoltaico e o sistema elétrico existente da APAC.

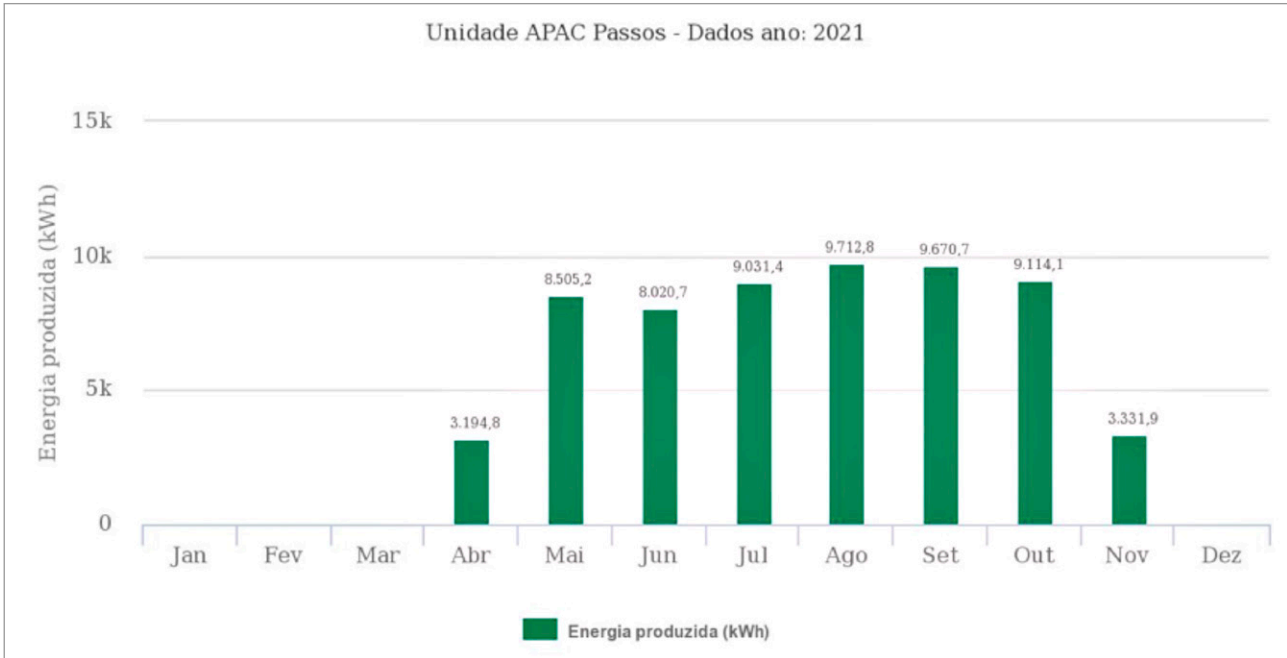


Abaixo estão algumas fotos dos componentes principais da usina (módulos e inversores):

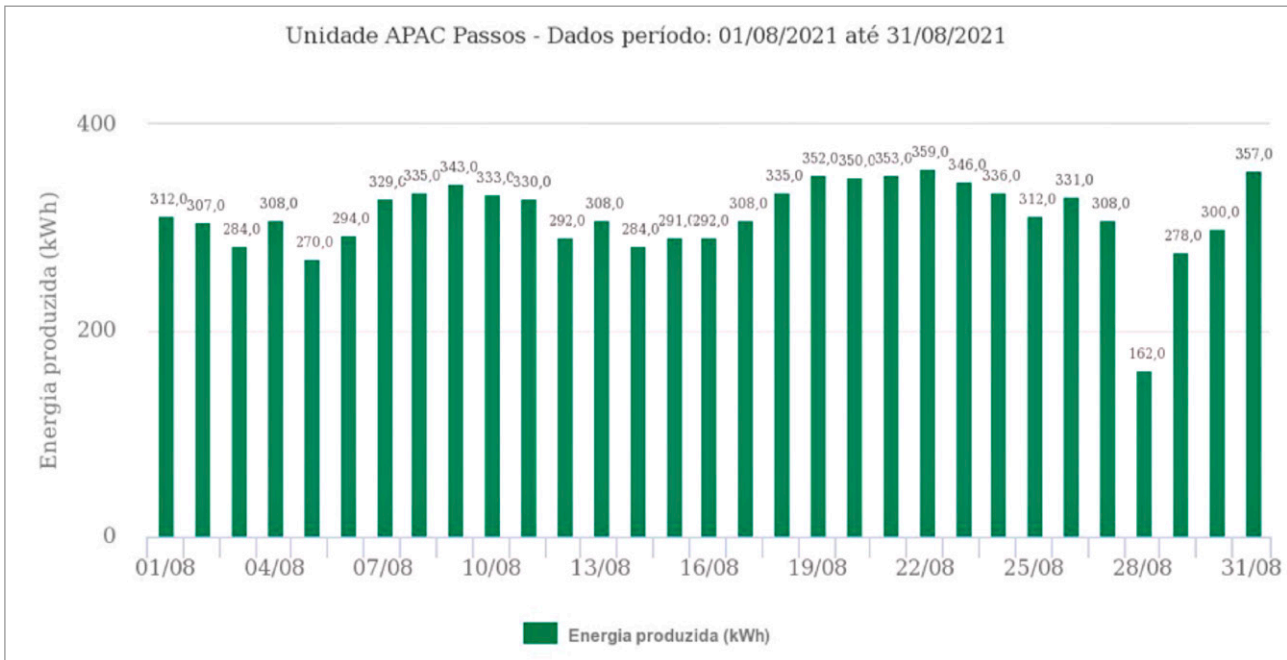




A seguir podemos verificar a geração da usina desde sua instalação (geração mensal):



Nesta outra figura vemos a geração em um mês específico (o mês de agosto):





Na próxima figura verificamos a geração em um dia específico (o valor ao meio do gráfico aponta a maior geração nesse dia):



Cabe aqui um destaque interessante: se compararmos a “curva de geração perfeita” acima (num dia de julho, certamente sem nuvens – porém na estação inverno) com a figura a seguir (um dia típico de primavera, com várias nuvens ao longo do dia) vemos que potência no pico de geração de energia é significativamente maior! Conseqüentemente, a geração diária também foi superior em 21,66%! Vejam:





Quanto ao histórico de consumo da APAC Passos, podemos acompanhar abaixo (out/2021):

Histórico de Consumo			
Mês/Ano	Consumo kWh	MédiakWh/Dia	Dias
OUT/21	6.400	231,33	30
SET/21	6.720	203,33	33
AGO/21	6.560	211,61	31
JUL/21	6.760	218,96	31
JUN/21	6.440	214,66	30
MAI/21	6.160	220,00	30
ABR/21	10.080	305,45	33
MAR/21	8.480	282,66	30
FEV/21	7.960	284,28	28
JAN/21	9.360	283,63	33
DEZ/20	8.160	281,37	29
NOV/20	8.520	284,00	30
OUT/20	8.840	276,25	32

Informações Gerais
SALDO ATUAL DE GERAÇÃO: 260,00 kWh.
Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 2.877, de 25/05/2021. Unidade faz parte de sistema de compensação de energia. O pagamento desta conta não quita débitos anteriores. Para estes estão sujeitas penalidades legais vigentes.

Valores Faturados			
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)
Energia Elétrica kWh	100	0,96220310	96,20
En comp. kWh ISENTA	6.300	0,76005000	4.788,31
Energia injetada kWh HFP	6.300	0,76005000	-4.788,31

Nas figuras anteriores podemos verificar dois aspectos principais:

- ★ Há uma queda perceptível logo após a instalação e colocação em funcionamento da usina fotovoltaica no mês de maio de 2021.
- ★ Apesar do consumo se reduzir em cerca de 26% depois da usina (comparação entre as médias de Out/20 a Abr/21 e Mai/21 a Out/21), vemos que a geração está suficiente para compensar todo o consumo da APAC, visto que a instituição ainda possui um saldo de geração (260 kWh) e que seu faturamento foi apenas do custo de disponibilidade (neste caso, 100 kWh por ser uma instalação trifásica).

É importante destacar algumas das atividades realizadas pelos recuperandos da APAC Passos:

- ★ Laborterapia
- ★ Escola (ensinos fundamental e médio, curso profissionalizante e faculdade)
- ★ Padaria (produção de pães, bolos, roscas e encomendas de forma geral). Possui um ponto de venda à população e ainda fornece pães para o Presídio de Passos, Casa do Menor, CAP (que cuida de crianças em situação de risco), Câmara Municipal, Ministério Público e pequenos comércios da cidade.
- ★ Trabalhos sociais (pintura dos muros do cemitério, manutenção e reparos em obras civis para população carente, escolas municipais, mercado municipal, aeroporto, praças etc.)

Diante dos dados apresentados, podemos concluir que as ações de eficiência energética são viáveis economicamente e que, iniciativas como as relatadas juntos às APACs nos enchem de orgulho e felicidade de trabalhar com o Programa de Eficiência Energética! ●

WELHITON ADRIANO DE CASTRO SILVA - ENG. ELETRICISTA E DE SEGURANÇA DO TRABALHO. EXERCE O CARGO DE ENGENHEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA CEMIG DISTRIBUIÇÃO. NO SISTEMA CONFEA/CREA/MÚTUA FOI CONSELHEIRO DA CÂMARA ESPECIALIZADA DE ENGENHARIA ELÉTRICA DO CREA/MG DE 2015 A 2020; COORDENADOR DA COMISSÃO DE ÉTICA PROFISSIONAL DO CREA MINAS EM 2016 E 2017; E COORDENADOR NACIONAL DAS COMISSÕES DE ÉTICA DOS CREAS NO ANO DE 2017. É DIRETOR DO SINDICATO DE ENGENHEIROS DE MINAS GERAIS - SENGE-MG.



Foto: Divulgação

Energia solar fotovoltaica

No momento em que a economia brasileira ainda ensaia um crescimento após um conturbado período pandêmico, o setor de energia solar fotovoltaica é extremamente importante e estratégico, sem deixar de destacar que nossa matriz energética atualmente se encontra bastante desfalcada devido à escassez de chuvas, provocando uma crise hídrica sem precedentes. Como uma das mais sólidas alternativas para ampliar nossa matriz energética, a fonte solar fotovoltaica promete alavancar diversos setores da economia, abrindo portas para receber diversificados investimentos para seu crescimento, além de se destacar como a mais limpa fonte de energia renovável do mundo.

O Brasil tem se destacado como um dos maiores países em potencial de geração de energia fotovoltaica do mundo. Essa é uma fonte de energia democrática, grande geradora de empregos (estima-se que para cada 1 Mva instalado, emprega-se em torno de 100 pessoas direta e indiretamente). Vale destacar que o setor de energia solar fotovoltaica tem um papel importante para fomentar a nossa economia, é uma grande fonte para geração de renda e emprego (dos 15 milhões de empregos criados pelas renováveis no planeta, quase 5 milhões vieram do setor fotovoltaico e a meta é fazer nosso país se destacar nesse cenário nos próximos 5 anos).

O Norte de Minas tem se destacado como um polo relevante e atrativo para implantação de usinas solares dos mais variados portes e tamanhos, contribuindo para saltarmos de uma fonte energética que



antes era de 0,1% para mais de 1% da matriz elétrica nacional. No final de 2016 e início de 2017, fui convidado por uns colegas engenheiros e grandes sonhadores, para implantar uma pequena usina no Norte de Minas, na região de Capitão Enéas, a 50 km de Montes Claros, usina esta que seria a primeira a ser implantada em solo e com uma carga em torno de 3,0 Mva. Vale este destaque porque ela serviu de referência para outras empresas e investidores, que tornou a região do Norte de Minas uma das maiores regiões em parques solares do país e estima-se que os investimentos aprovados já ultrapassam a casa de 50 bilhões de reais a ser investidos nesses próximos 5 anos.



Foto: Divulgação

A nossa missão é que as nossas ações de implementações dos parques solares alcance os olhos dos nossos governantes e que eles tenham uma nova visão de planejamento, desburocratizando esse setor e abrindo novas linhas de créditos, para alinhar de forma contundente a operacionalidade do setor com investimento em linhas de transmissões, distribuições e subestações para viabilizar as diversas conexões para receber as usinas solares geradoras, o que irá agregar maior competitividade entres os investidores, barateando a conta do consumidor, da indústria, do comércio e do poder público. ●



Foto: Divulgação

GILMAR NARCISO É ENGENHEIRO ELETRICISTA, ELETRÔNICO E DE TELECOMUNICAÇÕES. OCUPA ATUALMENTE O CARGO DE DIRETOR DE RECURSOS HUMANOS DO CREA-MG, CONSELHEIRO ESTADUAL PELA CÂMARA ESPECIALIZADA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, DIRETOR DA ABEE MINAS GERAIS E CEO DAS EMPRESAS NORTH SOL E MONTEC, EMPRESAS SEDIADAS EM MONTES CLAROS E JANAÚBA RESPECTIVAMENTE. ATUANDO EM CONSULTORIAS, PROJETOS, EXECUÇÕES E MANUTENÇÕES DE USINAS SOLARES FOTOVOLTAICAS COM ATUAÇÃO EM TORNO O TERRITÓRIO NACIONAL.

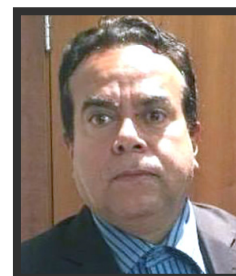
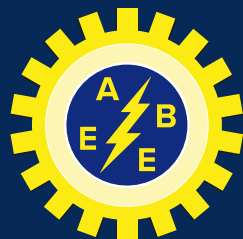


Foto: Divulgação



ABEE-MG

Associação Brasileira de Engenheiros Eletricistas
Departamento de Minas Gerais

Av. Álvares Cabral, 1.600 - 2º Andar - CEP 30170-001 | Belo Horizonte-MG | Tel: (31) 3299 8718
<https://abee-mg.com.br/>