

# Renováveis



ENERGIAS COMPLEMENTARES

Ano 4 - Edição 51 / Jan-Fev de 2021



Atitude.editorial

## NOVO FASCÍCULO PROTEÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Métodos recomendados para prover proteção e evitar sequelas no funcionamento dos sistemas

NOTÍCIAS DE MERCADO

COLUNA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA: O IMPACTO DAS BANDEIRAS TARIFÁRIAS

COLUNA ENERGIA SOLAR: OS AVANÇOS DO AGRONEGÓCIO NA GERAÇÃO SOLAR

COLUNA ENERGIA EÓLICA: OS FRUTOS COLHIDOS PELA FONTE EM 2020

APOIO





# FASCÍCULO PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Por Ronaldo Kascher\*



## Capítulo I

# A proteção de sistemas fotovoltaicos contra descargas atmosféricas - Introdução

Este artigo é o primeiro de quatro publicações que têm por objetivo avaliar as consequências das descargas atmosféricas no funcionamento dos sistemas fotovoltaicos e apresentar os métodos possíveis e recomendados para prover suas proteções.

As descargas atmosféricas causam danos às instalações elétricas e eletrônicas, provocando a queima de componentes por surtos de tensão e corrente com diferentes intensidades e tipos de energia. Este assunto já é conhecido pelos técnicos e engenheiros há muito tempo. Tornou-se um problema mais visível com a “eletronização” das instalações quando componentes com altas suportabilidades a surtos, tais como os relés eletromecânicos foram sendo substituídos por dispositivos em estado sólido sem a necessária adaptação da infraestrutura.

Este enfoque também se aplica às instalações de sistemas de geração fotovoltaicos (SFV). A experiência prática recente apresenta casos de SFV com índices de disponibilidade abaixo do ideal devido à queima por surtos elétricos não apenas dos componentes principais, como painéis fotovoltaicos propriamente ditos, inversores, etc., mas também de componentes de supervisão e controle, notadamente os sistemas trackers e de monitoração em tempo real da geração.

A evolução da potência fotovoltaica instalada no Brasil pode ser verificada na Figura 1. Observa-se um grande crescimento da potência nos últimos anos, sendo estimada em 7 GWp em outubro de 2020, conforme dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e da Associação Brasileira de Energia Solar (Absolar).



Figura 1 – Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil. Fonte : ANEEL / ABSOLAR

A necessidade de cuidados com a proteção elétrica dos SFV fica evidenciada por dois bons motivos.

O primeiro é o aumento eventual do risco R1, perda de vida humana ou ferimentos permanentes (ABNT NBR 5419) dos usuários de energia solar em alguns casos, notadamente, nos SFV instalados na cobertura das edificações, conforme ilustrado na Figura 2. Nestes sistemas, sendo a edificação dotada de SPDA, o projetista do SFV deve adequá-lo ao projeto de proteção e, se for o caso, calcular novamente o risco R1 considerando a nova situação, realizando as revisões necessárias de forma a mantê-lo em um nível tolerável. Observa-se neste caso que, incidindo uma descarga direta nos painéis, haverá perda de isolamento dos equipamentos interligados (painéis fotovoltaicos e inversor), e assim, além dos riscos previstos decorrentes dos arcos elétricos e incêndio, uma parcela da corrente da descarga pode ser injetada diretamente no quadro de distribuição geral da edificação, onde normalmente se interliga o inversor potencializando-se os riscos.

35

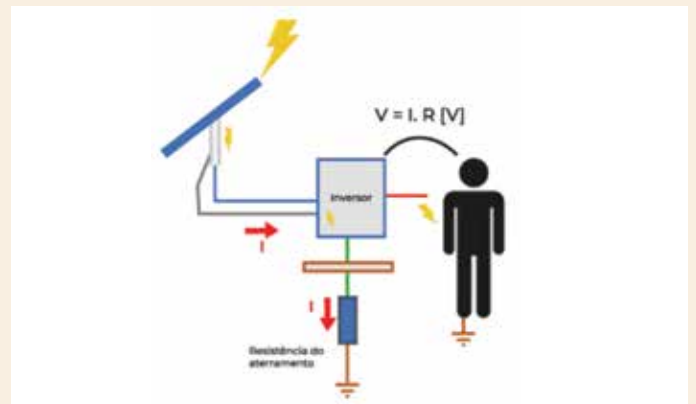


Figura 2 – Risco R1 - perda de vida humana ou ferimentos permanentes devido a descarga atmosférica incidindo nos painéis fotovoltaicos.

Nota-se que, no caso das usinas no solo, o risco R1 é pequeno, pois, além das restrições normais de movimentação de profissionais e pessoas na área de painéis da usina em dias com probabilidade de ocorrência de descargas atmosféricas, caso ocorra uma descargas nos equipamentos expostos, muitas são as possibilidades de perda de isolamento elétrico dos equipamentos e cabos, no trajeto da corrente até o usuário, o que propicia o controle das tensões perigosas desenvolvidas e o consequente controle do risco.

O segundo motivo é risco R4 – perda econômica (ABNT NBR 5419), incluindo aí os custos da falta ou diminuição de geração de energia devido aos danos sofridos pelos equipamentos do SFV, os custos de



# FASCÍCULO PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

manutenção corretiva decorrentes da substituição de componentes e os custos de mão de obra especializada para reparos, após o evento de descargas com danos e, em alguns casos, eventuais multas ou penalizações contratuais decorrentes da perda de geração. Sempre que os surtos de tensão produzidos pelas descargas atmosféricas ultrapassam a tensão máxima suportada pelo equipamento ( $U_w$  – ABNT NBR 5419) do SFV, seja painel, inversor, trackers ou equipamento de controle e supervisão, grande será a probabilidade de sua queima.

sistemas de geração fotovoltaica, a saber, na cobertura de edificações, geralmente unidades de menores potências, e no solo, encampando aí as usinas solares de média e altas potências, possuem características específicas que apontam para soluções de projeto do sistema de proteção contra descargas atmosféricas bem distintos.

## As fontes de danos que podem afetar os sistemas de geração fotovoltaicos

Como explícito na ABNT NBR 16690, as orientações da ABNT NBR 5419, com algumas adaptações, podem ser usadas na concepção dos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas das usinas fotovoltaicas.

Segundo a IEC 61643-32, quatro podem ser as possíveis fontes de danos devidos às descargas atmosféricas:

- Descargas diretas (S1) no SPDA da estrutura dotada de SFV;
- Descargas próximas (S2) à estrutura dotada de SFV;
- Descargas diretas na rede (S3) onde se conecta o SFV;
- Descargas induzidas (S4) nas redes onde se conecta o SFV.

Além das descargas atmosféricas, a IEC 61643-32 também aponta as operações de comutação do sistema de distribuição elétrica, como possível causadora de sobretensões que podem danificar os SFV.

As fontes de danos S1 e S3 são fenômenos de alta energia, pois parcela da corrente elétrica de descarga é acoplada por condução diretamente nos componentes dos SFV.



Figura 4 – Fonte de danos S1 em SDFV no topo de estruturas e no solo.

Para estas fontes, as medidas de proteção incluem colocação das partes expostas às descargas (painéis, trackers, equipamentos de controle, cabos, etc) na ZPR OB (ABNT NBR 5419), diminuição dos “laços de indução”, uso de infraestrutura adequada com baixas impedâncias de transferência e instalação de DPS classe I, com capacidade energética compatível com o nível do surto esperado.

Já as fontes de danos S2 e S4 acarretam em surtos induzidos, fenômenos de baixa energia, mas que podem acoplar tensões transitórias suficientes para romper os isolamentos dos equipamentos, queimando-os e retirando de operação o SFV. As correntes de surtos nestes casos têm baixa amplitude, pois são limitadas pelas impedâncias características das redes onde são acoplados.

36

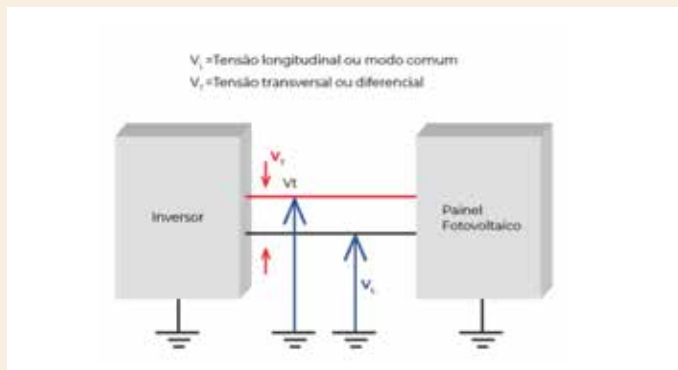


Figura 3 – Risco R4 - perda de valor econômico, humana ou ferimentos permanentes devido à descarga atmosférica incidindo nos painéis fotovoltaicos.

Nos próximos capítulos estes casos serão analisados.

## Base normativa para orientação dos projetos de proteção dos SFV dos efeitos das descargas atmosféricas

Observa-se que a norma brasileira ABNT NBR 16690 – Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos, requisitos de projeto – foi publicada em outubro de 2019 e, portanto, já havia cerca de 4 GWp instalados no país.

Além de orientações gerais de instalação, ela fornece informações específicas sobre como incorporar aos projetos a proteção contra descargas atmosféricas, fazendo referência à ABNT NBR 5419 – Proteção das estruturas contra descargas atmosféricas e as normas internacionais, notadamente, a IEC 61643-32 – Selection and application principles – SPDs connected to photovoltaic installations.

A IEC TR 63227 – Lightning and surge voltage protection for photovoltaic (PV) power supply systems também esclarece e orienta ações para a proteção.

Estas referências normativas internacionais são também muito recentes.

Neste cenário faz-se necessário, de um lado, implantar correções às plantas existentes de forma a adequá-las às recomendações técnicas e, de outro, incorporar aos novos projetos os conceitos de proteção, conferindo maiores suportabilidades aos SFV frente aos surtos causados pelas descargas atmosféricas.

É importante salientar que os dois tipos clássicos de instalações de

# AI BOOST

## Custo Otimizado da Eletricidade & Segurança Ativa

Com o Sistema de Armazenamento de Energia Inteligente LUNA2000, conectado a inversores solares e os otimizadores de potência SUN2000-450W-P, você tem agora a solução FV inteligente com o mais alto rendimento, que oferece muito mais energia, dia e noite, e proteção ativa contra arcos elétricos.

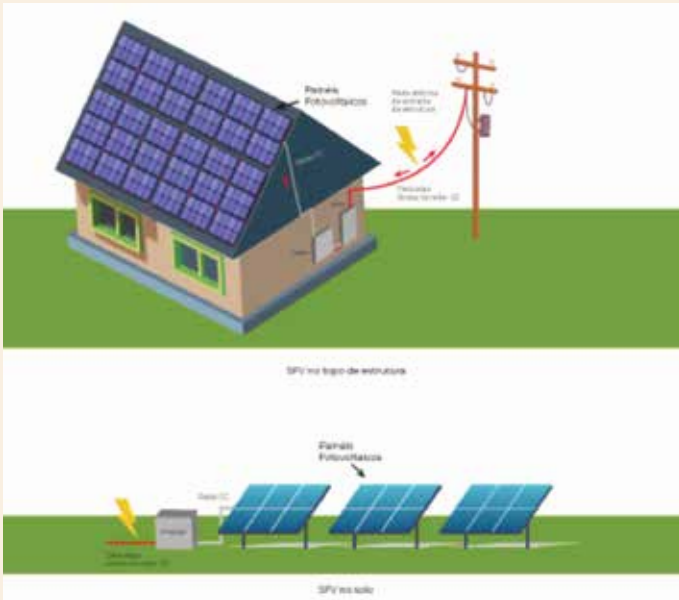
A solução permite armazenar de 5kWh a 30kWh, por bateria de lítio-ferro fosfato (LiFePO4), o tipo mais eficiente, durável e seguro já lançado.

Além da Inteligência Artificial integrada (AI BOOST), que diferencia todos os produtos Huawei e que permite comissionar, monitorar, gerenciar e até intervir na instalação, por um simples dispositivo de celular.

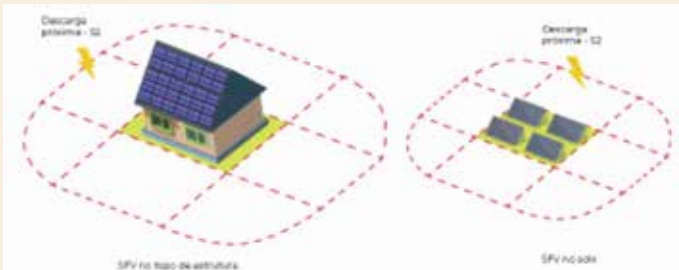
Segurança, simplicidade e eficiência tem nome.  
Huawei



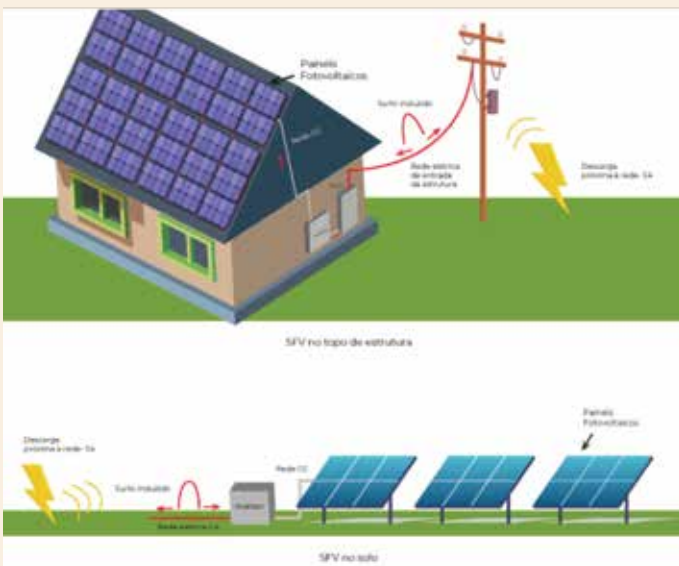
# FASCÍCULO PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS



38 **Figura 5 – Fonte de danos S3 em SDFV no topo de estruturas e no solo.**



**Figura 6 – Fonte de danos S2 em SDFV no topo de estruturas e no solo.**



**Figura 7 – Fonte de danos S4 em SDFV no topo de estruturas e no solo.**

Para estes casos, as medidas de proteção adequadas são muito parecidas com as elencadas para as fontes S1 e S3, entretanto, os DPS podem ser classe II, ou seja, com baixa capacidade energética, tendo em vista as amplitudes limitadas das correntes de surto induzidas.

Os SFV mas complexos, principalmente as usinas no solo de maiores

potências, são dotados de sistemas trackers e de supervisão cujas topologias envolvem o uso de interfaces eletrônicas tipo RS 232 ou RS 485 distribuídas pela planta de painéis através de cabos metálicos de grandes comprimentos. A experiência tem mostrado a grande susceptibilidade desses sistemas frente às descargas atmosféricas. São frequentes as observações dos operadores referentes à queima e à indisponibilização desses sistemas em épocas de tempestades com raios. A perda destes sistemas prejudica muito a eficiência de geração das usinas e, por isso, as medidas específicas para suas proteções são importantes.

## **Equipamentos de uma usina fotovoltaica que podem ser danificados por descargas atmosféricas**

Em geral, qualquer equipamento ativo do SFV pode ser danificado por descargas atmosféricas. A probabilidade de ocorrer sua queima depende diretamente de dois fatores: a sua suportabilidade a surtos e as amplitudes dos surtos que o atingem.

A suportabilidade a surtos é característica do próprio equipamento. Os equipamentos elétricos e eletrônicos utilizados certificados suportam tensões de surto tipicamente de 1,5 kV a 6 kV, dependendo de suas tecnologias construtivas. Sob o ponto de vista de sua disponibilidade, quanto maior a tensão de surto suportável, melhor será o seu desempenho frente aos raios, entretanto, o aumento de sua suportabilidade aumenta o seu preço, tirando competitividade do fornecedor. O problema, portanto, na maioria dos casos, deve ser resolvido no projeto de infraestrutura da usina.

O controle das amplitudes dos surtos pode ser obtido com soluções no projeto de infraestrutura da usina. O uso adequado de técnicas de proteção contra surtos e blindagens eletromagnéticas na fase de projeto da usina consegue aumentar o tempo médio entre falhas (MTBF) das instalações.

A experiência recente tem mostrado que, em uma escala descendente de ocorrências, as frequências de queimas por descargas atmosféricas ocorrem nos seguintes subsistemas / equipamentos:

- Equipamentos de supervisão de inversores que utilizam tecnologias híbridas com redes de wifi e redes seriais metálicas, geralmente, tipo RS-485.
- Sistemas “trackers” de posicionamento em tempo real dos painéis para otimização de geração.
- Inversores.
- Painéis fotovoltaicos.

## **Estimativa do período entre falhas de um sistema supervisorio de uma usina fotovoltaica no solo devido as descargas atmosféricas**

É possível estimar o período entre ocorrências de danificações por raios de equipamentos da usina solar em diversas configurações do

sistema de proteção a partir de dados relevantes da instalação. O projeto de proteção pode encampar desde a solução completa (incluindo otimização do sistema de aterramento, criação de ZPR OB [ABNT NBR 5419] para os painéis e equipamentos de monitoração e controle, instalação de DPS, implantação de infraestrutura com fator de blindagem conveniente) ou solução simplificada customizada, de forma a se obter uma boa relação custo / benefício.

As particularidades da usina é que determinarão o ponto de equilíbrio das soluções propostas em projeto.

Para fins de ilustração, o gráfico da Figura 8 apresenta o período estimado entre falhas por descargas atmosféricas em diversas situações de arranjos de medidas de proteção de um sistema de supervisão e controle de inversores distribuídos de usina fotovoltaica de 6 MWp, considerando a densidade de descargas atmosféricas  $N_g = 5$  descargas / km<sup>2</sup> / ano no local da instalação, dimensões aproximadas do pátio de painéis de 120.000 m<sup>2</sup> e tensão de surto estimada suportada pelos equipamentos de controle  $U_w = 3$  kV.



**Figura 8 – Períodos prováveis entre falhas (anos) do sistema de supervisão e controle de uma usina fotovoltaica típica de 6 MWp em local com  $N_g = 5$  descargas / km<sup>2</sup> ano em várias situações de infraestrutura de proteção da rede de supervisão.**

Estas estimativas foram elaboradas utilizando-se método de análise de danos que tem por base com base as orientações da ABNT NBR 45419 e IEC 62305, com as devidas adaptações para o arranjo típico de usinas fotovoltaicas implantadas no solo e são úteis para subsidiar a avaliação da viabilidade econômica de implantação das medidas de proteção contra surtos (MPS – ABNT NBR 5419) recomendadas para melhoria do desempenho.

### Conclusão

O assunto é extenso e muitas são as variáveis em jogo para a escolha da melhor filosofia de proteção dos sistemas fotovoltaicos contra os efeitos das descargas atmosféricas. Nos próximos artigos, os conceitos gerais apresentados serão ampliados, abordando as particularidades das instalações nas coberturas das edificações e das usinas de maior potência, geralmente implantadas no solo, cobrindo grandes áreas expostas ao sol.

*\*Ronaldo Kascher é engenheiro eletrônico e de telecomunicação, mestre e doutor em engenharia elétrica. É diretor e responsável técnico na Kascher Engenharia e Comércio Ltda. desde 1982. É professor dos Departamentos de Engenharia Elétrica, Engenharia Eletrônica e Engenharia Aeronáutica da PUC-MG. Membro da comissão da ABNT CE-03:64.10, que revisa a ABNT NBR 5419. É consultor e responsável técnico por diversos projetos na área de Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), compatibilidade eletromagnética e proteção contra transitórios de instalações elétricas de controle e automação de telecomunicação e eletrônicas.*

**DESCUBRA**  
Conteúdos exclusivos sobre gerenciamento de fios e cabos em diversos segmentos e indústrias, acesse o novo blog da HellermannTyton.  
**MADE FOR REAL®**



**HellermannTyton**

