

APLICAÇÃO DE NORMAS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO BRASIL

Gabriela Nascimento Pereira – gabriela.pereira@sengisolar.com.br

Fernando Andrey Bessegatto

Matheus Bisolotti do Carmo

Gabriel Ugucioni Rocha

Igor Utzig Picco

Carlos Victor do Rego Brandao

Murilo Bonetto

Sengi Solar, Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento

182. Aspectos técnicos de sistemas fotovoltaicos instalados

Resumo. A rápida expansão do setor fotovoltaico levou ao surgimento de instalações inadequadas, devido à utilização de materiais e equipamentos de menor qualidade e mão de obra não qualificada. A criação de regulamentações torna-se uma ferramenta importante para garantir a segurança e confiabilidade das instalações fotovoltaicas, a fim de evitar acidentes. A ocorrência de incêndio é um dos principais riscos associados a estas construções, sendo de fundamental importância a aplicação de critérios que minimizem estes riscos. Neste sentido, este trabalho visa abordar a situação atual das normas brasileiras de segurança para prevenção de incêndios que são aplicáveis a estes sistemas. É observado que alguns estados apresentam normativas mais particulares, enquanto a maior parte do país apresenta uma ausência de normas específicas, indicando uma deficiência em regulamentações nacionais para a segurança contra incêndios.

Palavras-chave: Sistemas fotovoltaicos, Segurança, Normas regulamentadoras

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda energética e a busca pelo desenvolvimento sustentável, fontes renováveis surgem como opções interessantes para a produção de energia. O Brasil é um dos países que tem se destacado na geração de eletricidade por estas fontes alternativas. Atualmente, ao se considerar as usinas em operação, a matriz elétrica brasileira é constituída, majoritariamente, por energias renováveis, que representam uma parcela de um pouco mais de 83% (ANEEL, 2023). Dentre elas, a energia solar é um dos setores que tem apresentado avanços significativos nos últimos anos. Segundo dados da Agência Internacional de energias Renováveis (IRENA - *International Renewable Energy Agency*), no ano de 2022 o Brasil entrou para o ranking dos dez países com maior capacidade elétrica instalada em tecnologia fotovoltaica, atingindo o oitavo lugar nesta classificação, com a capacidade elétrica fotovoltaica de 24.078,9 MW, ficando atrás de países como China, Estados Unidos, Japão e Alemanha (IRENA, 2023).

Para que ocorra a ampliação da capacidade é necessário que haja o aumento da quantidade de instalações fotovoltaicas. Em consequência a este crescimento, surgem preocupações em relação à confiabilidade e segurança dessas instalações (Santos *et al.*, 2022), tornando-se indispensável a criação de critérios e normas específicas que tenham o intuito de garantir a segurança e o desempenho adequado desses sistemas. As diretrizes de segurança devem avançar em conjunto com o mercado. No entanto, a rápida expansão ocorrida no setor tornou propício o surgimento de sistemas com práticas de instalações inadequadas, causadas pela utilização de materiais e equipamentos de baixa qualidade e, principalmente, pela falta de capacitação de profissionais, levando ao favorecimento da ocorrência de acidentes, afetando a segurança desses sistemas (Mohd Nizam Ong *et al.*, 2022; Karandikar *et al.*, 2020). Deste modo, torna-se evidente a necessidade da implementação de normas de segurança.

Um dos riscos associados a essas instalações é a ocorrência de incêndios. Ao pegar fogo, os componentes de um sistema fotovoltaico podem liberar gases tóxicos, afetando a saúde humana, sendo capazes de levar a morte, além de causar danos à propriedade (Aram *et al.*, 2021; Mohd Nizam Ong *et al.*, 2022). Neste sentido, o intuito deste trabalho é abordar práticas de segurança que são aplicadas, atualmente, no Brasil em sistemas fotovoltaicos, com ênfase na segurança contra incêndio. É verificado que normas específicas de segurança contra incêndio só são abordadas em alguns estados do Brasil, identificando-se uma ausência de normas em maior parte do país e a necessidade da elaboração de regulamentações nacionais.

2. PRINCIPAIS FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Além dos módulos fotovoltaicos, os sistemas fotovoltaicos são constituídos por outros componentes eletrônicos, como cabos, conectores, caixas de passagem, inversores, baterias, entre outros. Além disso, essas instalações podem ser

dimensionadas em diversos tamanhos, sendo definida de acordo com a necessidade do projeto, podendo ser em pequena escala, como o sistema residencial ou em larga escala, como em usinas fotovoltaicas. Outro ponto que afeta a configuração dessas instalações é o seu sistema de conexão, podendo ser classificado como *off-grid*, sendo aqueles que não estão conectados à rede de distribuição de energia, ou como *on-grid*, o qual retira a energia da rede elétrica externa quando o sistema está incapacitado de gerar energia e envia a energia excedente para o sistema (Mohd Nizam Ong *et al.*, 2022). Desta forma, percebe-se a complexidade dessas instalações e a necessidade de capacitação profissional para promover a construção apropriada, assim como a criação de regulamentações específicas, a fim de evitar acidentes.

Incêndios em módulos fotovoltaicos podem ser tanto o foco original de incêndios quanto vítimas de incêndios externos. Para o primeiro caso, o incêndio pode ser iniciado devido a uma série de fatores, sendo eles físicos, elétricos, ambientais e causados pelo homem. Em fatores de categoria física, a ocorrência de falhas, como danos à célula, degradação e rachaduras do módulo ou quebra de juntas de soldas, pode originar um superaquecimento no sistema, levando ao surgimento de uma conexão incandescente sob uma temperatura muito alta. Além disso, conexões inadequadas entre os componentes de um sistema fotovoltaico, como módulo e inversores, podem provocar incêndios (Aram, *et al.*, 2021). Em relação aos fatores ambientais, o sombreamento dos módulos pode ser causado por poeira acumulada, árvores, nuvens, prédios, ou qualquer outro objeto que provoque uma cobertura parcial no painel, afetando o desempenho do sistema. Em um dos piores cenários, quando o sombreamento ocorre por toda a superfície ou em uma porção considerável, pode ocasionar no aumento de temperatura na superfície do módulo, gerando pontos quentes, chamados de “*hotspots*” (da Silva, Gul e Chaudhry, 2021). Estes pontos quentes causam regiões localizadas superaquecidas e estresse por calor na superfície do módulo, resultando na ocorrência de incêndios. Os *hotspots* são considerados como fatores de origem elétrica que podem resultar em combustão (Aram *et al.*, 2021).

Outro fator elétrico é a presença do arco elétrico. O arco elétrico representa um dos maiores potenciais de perigo. O sistema fotovoltaico possui uma série de pontos de conexão elétrica, como, por exemplo, conexões entre células e nas caixas de junção. A presença de conexões fracas com folgas entre os contatos ou da deterioração de contatos, muitas vezes causada por altas temperaturas, pode resultar em uma resistência elevada, provocando o superaquecimento na área. O aumento da temperatura pode promover a quebra da conexão, possibilitando a formação do arco elétrico. Estas conexões fracas podem ser causadas pela incompatibilidade nas conexões, muitas vezes promovida pela utilização de conectores com modelos e materiais diferentes (Sepanski *et al.*, 2018).

A falha no sistema de aterramento é mais um fator elétrico com risco potencial de incêndio. Um aterramento inadequado pode gerar fuga de energia, aumentando a probabilidade de choques elétricos, além do superaquecimento de cabos, podendo resultar em combustão. Além dos citados, existem outros fatores elétricos, como falhas em inversores e baterias. Em relação ao cenário em que o fogo é iniciado em outra área e acaba por atingir a instalação fotovoltaica, são incluídos incidentes ocasionados pela ação humana, fatores naturais (como ondas de calor, raios e queimadas), ou outros fatores externos, causados por objetos fora do âmbito do sistema fotovoltaico (Aram *et al.*, 2021). A Tab. 1 apresenta um resumo dos principais fatores que originam incêndios em instalações fotovoltaicas.

Tabela 1 - Principais fatores responsáveis pela ocorrência de incêndio em instalações fotovoltaicas.

FOCO ORIGINAL DO INCÊNDIO			VÍTIMA DE INCÊNDIO	
FATORES FÍSICOS	FATORES AMBIENTAIS	FATORES ELÉTRICOS	INCIDENTES NATURAIS	AÇÃO HUMANA
<ul style="list-style-type: none"> • Danos em células • Rachaduras e degradação do módulo • Cabeamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Acúmulo de poeira • Sombreamento 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Hotspot</i> • Arco elétrico • Falhas em aterramento • Falhas em inversores • Falhas em circuito-aberto 	<ul style="list-style-type: none"> • Raios • Queimadas • Ondas de calor • Tempestades 	Ação própria de atear fogo

O sistema fotovoltaico é formado por componentes que possuem alto teor de polímeros, que são combustíveis e produzem um alto calor de combustão. Ainda, estão presentes vários elementos adesivos, selantes, cabos e conectores. Todos estes materiais contribuem com a emissão de gases tóxicos que afetam o meio ambiente e a vida humana (Sepanski, *et al.*, 2018).

No ano de 2023, alguns casos de incêndio em módulos fotovoltaicos foram reportados no Brasil. Em fevereiro, no interior do Mato Grosso do Sul, um curto-circuito nos módulos de um galpão de conveniência promoveu o derretimento da fiação e atingiu os inversores, provocando um incêndio. Por não haver um sistema que impedisse a produção de energia, o fogo não foi instinto, sendo necessário cortar os fios para conseguir isolar o sistema em falha e apagar o fogo (Redação com Bombeiros MS, 2023). Em setembro, no município de Pelotas, localizado no estado do Rio Grande do Sul, o sistema fotovoltaico de um posto de combustível pegou fogo, atingindo os inversores. Foi necessário que o sistema fosse desenergizado por um profissional habilitado (Redação Portal de Catamarã, 2023). Em novembro, na cidade de Uberlândia, em Minas Gerais, ocorreu um incêndio em módulos fotovoltaicos de um colégio causado por um curto-circuito. A rápida atuação do corpo de bombeiros foi fundamental para garantir a segurança dos alunos (Corrêa, 2023).

Tendo em vista os riscos de incêndio associados a estas instalações, além da variedade de componentes que constituem um sistema fotovoltaico e suas composições, torna-se fundamental a implementação de medidas que previnam a ocorrência de acidentes. Por exemplo, uma manutenção preventiva dos módulos pode evitar o acúmulo de poeira e, em consequência, o surgimento de *hotspot*. A conferência de todos os conectores pode reduzir a ocorrência de arcos elétricos.

A fixação de inversores em madeiras ou compensados possuem o risco associado de rápida propagação de fogo, assim, este tipo de dispositivo deve ser instalado em materiais que sejam resistentes ao fogo. Gabinetes errados no painel de distribuição e na caixa de combinação de *string* podem facilitar a propagação do fogo, tornando importante a utilização de materiais que possuem a característica de retardar o fogo (Karandikar *et al.*, 2020). Assim, demonstra-se a necessidade de critérios e normas em sistemas fotovoltaicos padronizados em âmbito nacional.

3. NORMAS DE SEGURANÇA EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

O estabelecimento de normas e regulamentações são fundamentais na garantia de prevenção de acidentes e ajudam a promover maior qualidade de trabalho. No setor elétrico e eletrônico existem normas internacionais determinadas pela Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC - *International Electrotechnical Commission*), que promovem instruções, critérios e definições aplicáveis a instalações, testes, fabricação, certificação e manutenção de sistemas elétricos e eletrônicos (IEC, s.d.). No Brasil existem as Normas Regulamentadoras (NR), estabelecidas pelo Ministério do Trabalho e Emprego, e as Normas Brasileiras (ABNT NBR), estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Segundo a NR-1, as normas regulamentadoras são referentes à segurança e saúde do trabalho, bem como às diretrizes e requisitos para a administração de riscos ocupacionais e às medidas de prevenção no âmbito da segurança e saúde do trabalho. A aplicação dessas normas é obrigatória aos empregadores e empregados (Norma Regulamentadora, 2020). Os documentos técnicos da ABNT são de caráter voluntário, sem obrigatoriedade, e não substituem regulamentos, decretos e leis (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2019). Algumas dessas normas são aplicáveis a sistemas fotovoltaicos, tratando-se de forma abrangente sobre sistemas elétricos ou de forma mais específica em instalações fotovoltaicas. Nas Tab. 2 e Tab. 3 são indicadas algumas das normas internacionais e normas brasileiras, respectivamente, que são aplicáveis a sistemas fotovoltaicos, apresentando seu número, nome e escopo.

Tabela 2 - Normas internacionais aplicáveis a sistemas fotovoltaicos.

NORMAS INTERNACIONAIS APLICÁVEIS A SISTEMAS FOTOVOLTAICOS		
NORMA	NOMENCLATURA	ESCOPO
IEC 61730-1	Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 1: Requirements for construction	Estabelece os requisitos de construção fundamentais a módulos fotovoltaicos, promovendo operações elétricas e mecânicas seguras.
IEC 61730-2	Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 2: Requirements for testing	Fornecer uma relação de testes necessários ao módulo fotovoltaico, a fim de qualificação da segurança.
IEC 61215-1	Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval - Part 1: Test requirements	Estabelece requisitos para a qualificação de projetos de módulos fotovoltaicos terrestres adequados a operação de longo período, ao ar livre.
IEC 61215-2	Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval - Part 2: Test procedures	Fornecer uma relação de testes necessários ao módulo fotovoltaico, a fim de qualificação da qualidade.
IEC 62109-1	Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 1: General requirements	Estabelece requisitos mínimos para a arquitetura e fabricação de equipamentos de conversão de energia para proteção a choque elétrico, energia, fogo e outros perigos.
IEC 62109-2	Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 2: Particular requirements for inverters	Estabelece requisitos de segurança particulares a inversores de corrente AC e DC.
IEC 62093	Photovoltaic system power conversion equipment - Design qualification and type approval	Estabelece requisitos de qualificação de arquitetura de equipamento de conversão de energia adequados a operação de longo período em sistemas fotovoltaicos terrestres.
IEC 60664-1	Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems - Part 1: Principles, requirements and tests	Estabelece critérios de folgas, distâncias de fuga e isolamento sólido a equipamentos conectados a sistemas de baixa tensão.
IEC 61140	Protection against electric shock - Common aspects for installation and equipment	Estabelece requisitos e princípios aplicáveis em instalações elétricas para a proteção contra o choque elétrico.
IEC 62790	Junction boxes for photovoltaic modules - Safety requirements and tests	Estabelece requisitos de segurança e construção e testes para caixas de junção de até 1500V, utilizadas em módulos fotovoltaicos.
IEC 62852	Connectors for DC-application in photovoltaic systems - Safety requirements and tests	Utilizado como guia para conectores em sistemas fotovoltaicos.

IEC 62485-1	Safety requirements for secondary batteries and battery installations - Part 1: General safety information	Estabelece requisitos básicos para baterias secundárias e instalação de baterias.
IEC 62485-2	Safety requirements for secondary batteries and battery installations - Part 2: Stationary batteries	Estabelece requisitos nos aspectos de segurança associados ao uso, manutenção, inspeção e descarte de baterias em relação à emissão de gases, eletricidade e eletrólito.

Tabela 3 - Normas brasileiras aplicáveis aos sistemas fotovoltaicos.

NORMAS BRASILEIRAS APLICÁVEIS A SISTEMAS FOTOVOLTAICOS		
NORMA	NOMENCLATURA	ESCOPO
NBR 5410	Instalações elétricas de baixa tensão	Estabelece condições a serem satisfeitas em instalações elétricas de baixa tensão, garantindo a segurança de pessoas e animais, conservação de bens e funcionamento adequado do sistema.
NBR 5419-1	Proteção contra descargas atmosféricas. Parte 1: Princípios gerais	Estabelece instruções para o projeto, instalação e manutenção de sistemas de proteção contra recargas atmosféricas.
NBR 16149	Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede de distribuição	Estabelece recomendações para a interface de conexão envolvendo os sistemas fotovoltaicos e a rede de distribuição de energia elétrica, estabelecendo seus requisitos.
NBR 16150	Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição - Procedimento de ensaio de conformidade.	Estabelece procedimentos de ensaio para verificação da conformidade, de acordo com os requisitos da norma, dos equipamentos utilizados na interface de conexão entre o sistema fotovoltaico e a rede de distribuição de energia.
NBR 16274	Sistemas fotovoltaicos conectados à rede - Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho	Estabelece documentações e informações mínimas a serem registradas após a instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede.
NBR 16612	Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, com cobertura, para tensão de até 1,8 kV CC entre condutores – Requisitos de desempenho	Estabelece os requisitos mínimos necessários à qualificação e aceitação de cabos singelos de condutos flexível aplicáveis em corrente contínua em instalações fotovoltaicas.
NBR 16690	Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos – Requisitos de projeto	Estabelece requisitos de projeto em instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos.
NBR 16767	Elementos e baterias estacionárias para aplicação em sistemas fotovoltaicos não conectados à rede elétrica de energia (off-grid) – Requisitos gerais e métodos de ensaio	Estabelece requisitos técnicos e métodos de ensaio que são aplicáveis às baterias estacionárias utilizadas em sistemas fotovoltaicos off-grid.
NBR 16384	Segurança em eletricidade — Recomendações e orientações para trabalho seguro em serviços com eletricidade	Estabelece orientações e recomendações para que sejam realizadas atividades em instalações equipamentos elétricos de modo a fornecer uma operação segura.
NR 10	Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Ministério do Trabalho e Emprego	Estabelece condições mínimas e requisitos de sistemas de prevenção e medidas de controle, de modo a certificar a segurança e a saúde dos trabalhadores.
NR 35	Trabalho em altura	Estabelece medidas de proteção para a execução de trabalho em altura e os requisitos mínimos, de forma a garantir a execução da atividade por meios seguros.

No âmbito internacional, em relação a regulamentações contra incêndio em sistemas fotovoltaicos, a IEC 61730 é uma das mais utilizadas, contendo aspectos de segurança de módulos fotovoltaicos para a operação elétrica e mecânica, bem como prevenção contra incêndios (Boddaert *et al.*, 2023). Ainda não foi verificada a existências de NR ou NBR que sejam específicas na segurança contra incêndio em sistemas fotovoltaicos, evidenciando uma deficiência nas tratativas de regulamentação dessas instalações. É adequado que mais atenção seja dada a este setor, tendo em vista o grande potencial

de risco que envolvem estes sistemas. Observa-se que não existe nenhuma regulamentação obrigatória e fiscalizável que aborde sistemas fotovoltaicos em âmbito nacional.

3.1 NORMAS BRASILEIRAS CONTRA INCÊNDIO EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Em relação às normas de segurança contra incêndio em sistemas fotovoltaicos no Brasil, existem poucas informações em âmbito nacional. Atualmente, é verificado que as normas estão sendo feitas em um âmbito estadual (Boddaert, et al., 2023), existindo três normas que foram publicadas pelo Corpo de Bombeiros Militar. A primeira foi publicada em 2022, no Estado de Minas Gerais, aplicável a subestações elétricas, instalações com painéis fotovoltaicos e grupos geradores de energia abastecido por óleo diesel (relacionados aos equipamentos que necessitem de explosão de combustível, com o objetivo de gerar energia) (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Minas Gerais, 2022). No ano de 2023 foram publicadas duas normas técnicas em relação à segurança contra incêndio em sistemas fotovoltaicos, uma elaborada pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso (CBMT) (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso, 2023), sendo uma atualização da norma publicada em 2022 (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso, 2022), e outra elaborada pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (CBGO) (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2023). Neste trabalho são analisadas as normas técnicas que foram publicadas em 2023.

Nesta sessão são apresentados quadros comparativos entre as normas técnicas (NT) do Estado de Mato Grosso e do Estado de Goiás, abordando os pontos que foram expostos em cada uma delas.

Na Tab. 4 são indicados aspectos gerais, sendo a nomenclatura, o objetivo e a aplicação de ambas as normas. Observando o quadro verifica-se que há uma diferença em relação a aplicação da norma. A NT nº44/2023 abrange toda a construção que possui a instalação de sistema fotovoltaico, enquanto a NT nº 49/2023 é aplicável somente aos conjuntos de módulos fotovoltaicos (sem incluir fundação, dispositivo de rastreamento, controle térmico e similares) que possuam potência maior que 100 Wp (Watt-pico) ou tensão de circuito aberto maior que 35 Vcc (tensão em corrente contínua) ou menor que 1500 Vcc.

Tabela 4 - Quadro comparativo de aspectos gerais das normas técnicas nº 49/2023 (Mato Grosso) e nº 44/2023 (Goiás).

ASPECTOS	NORMA TÉCNICA DO CORPO DE BOMBEIROS Nº49/2023 – MATO GROSSO	NORMA TÉCNICA DO CORPO DE BOMBEIROS Nº44/2023 - GOIÁS
Nomenclatura	Segurança contra incêndio e pânico em arranjos fotovoltaicos	Segurança em sistemas fotovoltaicos
Objetivo	Estabelecimento de medidas de segurança contra incêndio e pânico em construções ou áreas de risco que possuam arranjos fotovoltaicos, de acordo com a Legislação de Segurança contra Incêndio e Pânico do Estado de Mato Grosso (Assembleia Legislativa do Estado de Mato Grosso, 2023).	Estabelecimento de medidas de segurança contra incêndio e pânico em construções ou áreas de risco que possuam sistemas fotovoltaicos, de acordo com o Código Estadual Segurança contra Incêndio e Pânico (Governo do Estado de Goiás, 2006).
Aplicação	Aplica-se aos arranjos fotovoltaicos que sejam maiores que 100 Wp ou tensão de circuito aberto maior que 35 Vcc ou menor que 1500 Vcc, de acordo com as condições padrões de ensaio (STC – <i>Standard Test Conditions</i>); Recomendatória em arranjos fotovoltaicos que estejam instalados em construções unifamiliares, ou seja, uma única unidade habitacional.	Aplica-se às construções e áreas de risco que possuam instalações de sistemas fotovoltaicos para a geração de energia elétrica; Recomendatória em arranjos fotovoltaicos que estejam instalados em construções exclusivas de uma única unidade habitacional.

A Tab. 5 traz uma comparação entre a classificação do sistema nas duas normas técnicas. Percebe-se que os sistemas são definidos de formas diferentes. A Norma Técnica nº 49/2023 classifica os sistemas de acordo com o tamanho da sua capacidade de geração e em relação ao local de instalação dos módulos fotovoltaicos. A Norma Técnica nº 44/2023 define o sistema em apenas dois tipos, que são determinados de acordo com a tensão do sistema.

Tabela 5 - Quadro comparativo em relação a classificação de sistemas definidos nas normas técnicas (NT) nº 49/2023 (Mato Grosso) e nº 44/2023 (Goiás).

NORMA TÉCNICA DO CORPO DE BOMBEIROS Nº49/2023 – MATO GROSSO		NORMA TÉCNICA DO CORPO DE BOMBEIROS Nº44/2023 - GOIÁS
QUANTO AO PORTE	QUANTO AO LOCAL DE INSTALAÇÃO DAS PLACAS	QUANTO AO TIPO DE SISTEMA
<ul style="list-style-type: none"> Pequeno: Capacidade de geração (CG) ≤ 1 MW 	<ul style="list-style-type: none"> Tipo 1: Instalada diretamente ao solo ou flutuantes; 	<ul style="list-style-type: none"> Tipo 1: Sistema de geração de energia solar que possua tensão superior à Tensão de Segurança (EBT), conforme

<ul style="list-style-type: none"> • Intermediário: $1 < CG \leq 5$ MW • Grande: Acima de 5 MW 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo 2: Instalada em coberturas (do tipo laje), de material que não apresente combustão, como concreto e similares; • Tipo 3: Instalada em coberturas que não se enquadrem como Tipo 2. 	<p>NR10, em qualquer fiação, quando o sistema não estiver em funcionamento;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo 2: Sistema de geração de energia solar que não possua tensão superior à Tensão de Segurança (EBT), conforme NR10, em qualquer fiação, quando o sistema não estiver em funcionamento.
--	--	--

A Tab. 6 e Tab. 7 contêm aspectos relacionados às instalações, afastamentos e alguns requisitos dos sistemas que foram estabelecidos nas normas de Mato Grosso e Goiás, respectivamente. Verifica-se que a NT nº44/2023 possui mais citações referentes a inversores.

Tabela 6 - Critérios em relação às instalações, afastamentos e requisitos de sistemas definidos na norma técnica nº 49/2023 (Mato Grosso).

NORMA TÉCNICA DO CORPO DE BOMBEIROS Nº49/2023 – MATO GROSSO	
INSTALAÇÃO	REQUERIMENTOS
Skid/Unidade de condicionamento de potência	<ul style="list-style-type: none"> • Porte Pequeno: Distância – Isento • Porte Intermediário: Distância – 4 metros • Porte Grande: Distância – 6 metros <p>Obs: Em caso de local dividido em compartimentos por paredes corta-fogo com TRRF 120 min (tempo requerido de resistência contra o fogo), as distâncias podem ser reduzidas à metade.</p>
Arranjos fotovoltaicos	<ul style="list-style-type: none"> • Instalações do tipo 2 e 3 necessitam apresentar laudo técnico que assegure as condições de sua integridade estrutural; • Instalações do tipo 1 ou 2 necessitam apresentar, no máximo, 750 m², delimitados por corredores de, no mínimo 4 m de largura.
Instalações elétricas	Devem respeitar critérios estabelecidos na NBR 5410.
Partes estruturais metálicas dos módulos	Devem possuir aterramento.
Estruturas de sustentação dos arranjos de módulos (Para classificações do tipo 3)	<ul style="list-style-type: none"> • Devem ser de material que não apresente combustão; • Devem apresentar dispositivo que desliga a corrente e/ou a tensão dos módulos e condutores das <i>strings</i>.
Painéis fotovoltaicos NÃO devem ser instalados	<ul style="list-style-type: none"> • Em caso de coberturas de locais que manipulem, armazenem ou comercializem líquidos ou gases inflamáveis e/ou combustíveis; • Em caso de coberturas de construções ou locais de risco possuindo estruturas metálicas de forma integral, exceto para aquelas destinadas a estacionamento de veículos, desde que a estrutura não seja integrada a outras áreas, possua laterais abertas e possua aterramento das partes metálicas.
Instalação dos módulos	Deve possuir inclinação mínima de 5%, para evitar acúmulo de água no local
Cercamento por barreiras físicas (muro, cercas, entre outros)	<ul style="list-style-type: none"> • Devem possuir, no mínimo, uma altura de 1,10 m; • Quando necessário, eliminar a vegetação da superfície do solo em uma faixa de limite de 4 m, para evitar a propagação de incêndio.
Local de instalação do tipo 3	<ul style="list-style-type: none"> • Porte pequeno: arranjos de módulos devem apresentar, no máximo, 100m², delimitado por corredores de, no mínimo 2 m de largura; • Porte intermediário: arranjos de módulos devem apresentar, no máximo, 200m², delimitado por corredores de, no mínimo 2 m de largura; • Porte grande: é vedada para este porte a instalação de arranjos de módulos fotovoltaicos.

Tabela 7 - Critérios em relação às instalações, afastamentos e requisitos de sistemas definidos na norma técnica nº 44/2023 (Goiás).

NORMA TÉCNICA DO CORPO DE BOMBEIROS Nº44/2023 - GOIÁS	
INSTALAÇÃO	REQUERIMENTOS
Inversores centrais (<i>String</i>), ligados ou não a otimizadores	Instalados, preferencialmente, em sala técnica ventilada, de acesso restrito e sem carga de incêndio.
Quando não for possível atender o item anterior, e caso os inversores estejam	Grade de proteção deve ser prevista, de modo que apenas pessoas autorizadas possam manusear os equipamentos.

instalados em local acessível e alcançável à população flutuante da edificação	Obs: Proteção deverá ser de material rígido e incombustível, sem prejudicar a ventilação dos inversores e sem interferir na operação e manutenção dos aparelhos.
Inversores centrais devem respeitar afastamentos mínimos (obrigatório)	<ul style="list-style-type: none"> • 3 m de materiais de fácil combustão e pontos de ignição; • 3 m de fontes de água (ex.: torneiras, hidrantes, mangotinhos etc.); • 6 m de reservatórios que contenham fluidos inflamáveis.
Inversores centrais (<i>String</i>), ligados ou não a otimizadores	NÃO devem ser instalados em corredores e/ou rotas de fuga da edificação.
Aquelas associadas em ambientes ou áreas úmidas, tais como banheiros, vestiários ou similares	É vedada a instalação de equipamentos do sistema fotovoltaico, linhas elétricas e interconexões
Painéis fotovoltaicos NÃO devem ser instalados	Em coberturas de locais que armazenem e/ou manipulem materiais explosivos, bem como sobre coberturas combustíveis. Caso seja de material combustível: poderá ser aceita a aplicação de produtos retardantes, mediante apresentação de laudo do responsável técnico pela aplicação do produto e de documento de responsabilidade técnica.
Instalação dos módulos	Deve possuir inclinação mínima de 5%, a fim de evitar acúmulo de água no local.
No caso de instalação de módulos fotovoltaicos diretamente no solo	Deve ser previsto cercamento destas por meio de barreiras físicas (cerca, alambrado, muro, entre outros.) da área de arranjos/lotes de módulos fotovoltaicos, com no mínimo altura de 1,10 m, bem como aceiros de 4 m (se for o caso) nos limites/divisas.

A Tab. 8 apresenta os critérios em relação à proteção por extintores em cada uma das normas técnicas.

Tabela 8 - Quadro comparativo em relação à proteção por extintores definidos nas normas técnicas (NT) nº 49/2023 (Mato Grosso) e nº 44/2023 (Goiás).

NORMA TÉCNICA DO CORPO DE BOMBEIROS Nº49/2023 – MATO GROSSO		NORMA TÉCNICA DO CORPO DE BOMBEIROS Nº44/2023 - GOIÁS	
EXTINTORES	OBSERVAÇÕES	EXTINTORES	OBSERVAÇÕES
No mínimo um extintor de incêndio para arranjos pequenos ou intermediários	O dimensionamento e distribuição dos extintores devem ser feitos de acordo com a NTCB 18 – Sistema de Proteção por Extintores de Incêndio (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso, 2020).	Pelo menos um extintor de incêndio para o risco específico, de carga de pó ABC (capacidade extintora mínima de 2-A:20-B:C)	Previsto nos termos da NT-21 (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2014). Distância não superior a 5 m de inversor(es) <i>String</i> (conectados ou não a otimizadores) e das baterias, caso presentes na edificação. Obs: <ul style="list-style-type: none"> • Cada extintor poderá atender a mais de um inversor <i>String</i> ou conjunto de baterias, desde que atenda o item anterior; • Extintores não poderão ser instalados no interior das grades de proteção, caso existam.
No mínimo duas unidades de extintores para arranjos de grande porte ou especial	O dimensionamento e distribuição dos extintores devem ser feitos de acordo com a NTCB 18.	Extintores portáteis de pó ABC (capacidade extintora mínima de 2-A:20-B:C)	<ul style="list-style-type: none"> • Painéis instalados diretamente sobre o solo, como no caso das fazendas solares, ou quando os próprios painéis exercerem função de cobertura (ex.: estacionamento); • Distribuídos de maneira que o operador não percorra mais que 25 metros.

A Tab. 9 demonstra os critérios para sinalização de emergência de acordo com o apresentado na NTCB nº44/2023 (Goiás). A NTCB nº 49/2023 (Mato Grosso) declara somente que a sinalização de emergência deverá atender ao exposto na NTCB 15 – Sinalização de emergência (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso, 2020).

Tabela 9 - Critérios para sinalização de emergência de acordo com a NTCB nº 44/2023 (Goiás).

NORMA TÉCNICA DO CORPO DE BOMBEIROS Nº44/2023 - GOIÁS	
LOCAL	SINALIZAÇÃO
Inversores <i>String</i>	Devem possuir sinalização de alerta A5 e sinalização de solo E17, conforme NT-20 - Sinalização de emergência (Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2020).

Junto à placa M1 da edificação, além dos locais já especificados na NBR 16690	Sinalização de alerta para identificação da existência de sistema fotovoltaico, conforme figura A1 da NT-20, acompanhada da seguinte mensagem: “ESTA EDIFICAÇÃO POSSUI INSTALADO SISTEMA FOTOVOLTAICO”.
Placa M5 da edificação (caso possua)	Deverá trazer a informação da localização da chave de desligamento rápido ou do disjuntor de desligamento do sistema, a depender do tipo do sistema.
Disjuntores que desligam os sistemas Tipo 2	Devem estar acompanhados de sinalização complementar por meio da mensagem: “DISJUNTOR DE DESLIGAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO” Obs: Sinalização reflexiva, com todas as letras maiúsculas e com altura mínima de 10 mm, na cor branca e fundo vermelho.

A Tab. 10 indica os critérios de segurança em relação às generalidades estabelecidas na NT nº49/2023. A Tab. 11 apresenta os critérios de segurança em relação às generalidades estabelecidas na NT nº44/2023.

Tabela 10 - Relação dos critérios de generalidades apresentadas na norma técnica nº 49/2023 (Mato Grosso).

NORMA TÉCNICA DO CORPO DE BOMBEIROS Nº49/2023 – MATO GROSSO	
ITEM	REQUERIMENTOS
Arranjos fotovoltaicos	Devem atender às exigências da NBR 16690
Em caso de solicitação de vistoria técnica	Preenchimento do atestado de conformidade, presente em anexo à NTCB nº49/2023, que deverá estar devidamente assinado pelo responsável técnico e pelo proprietário
Construções ou locais de risco que forem regularizadas por meio de procedimento simplificado	O atestado de conformidade deverá permanecer disponível na construção, a qual pode ser solicitada (a qualquer momento), pela equipe de fiscalização do CBMT
No caso de ocupações como: local público de reunião, escolas, hospitais e outros	Instalações de arranjos fotovoltaicos deverá ser feita, somente, em coberturas classificadas em tipo 2
Casos de omissão	Deverão ser resolvidos pela Diretoria de Segurança Contra Incêndio e Pânico do CBMT

Tabela 11 - Relação dos critérios de generalidades apresentadas na norma técnica (NT) nº 44/2023 (Goiás).

NORMA TÉCNICA DO CORPO DE BOMBEIROS Nº44/2023 - GOIÁS	
ITEM	REQUERIMENTOS
Instalação e manutenção dos equipamentos e acessórios que compõem as instalações fotovoltaicas	Deverão ser observadas as NBR de referência, em especial a NBR 16690 e a NBR 5410, ou outras que vierem a substituí-las
Instalações fotovoltaicas de geração distribuída de energia	Deverão ser compostas por painéis fotovoltaicos, inversores e demais aparelhos/equipamentos, componentes e acessórios necessários à geração de energia elétrica que atendam aos requisitos do INMETRO
Instalação dos painéis fotovoltaicos	Cuidados adotados previstos nas normas de referência terão o dimensionamento e execução de inteira responsabilidade do RT, não sendo objeto de análise e vistoria pelo CBGO
Ocasão de vistoria	Deverá ser apresentado o documento de responsabilidade técnica das instalações fotovoltaicas
Instalação de painéis solares em telhados e coberturas, ou que estes próprios exerçam a função de cobertura	Deverá ser apresentado laudo técnico estrutural, atestando que a estrutura sobre a qual foi montada apresenta resistência mecânica necessária para suportar a carga sobre ela instalada
Circuitos tratados na presente NT	Todos devem dispor de dispositivos de proteção contra sobrecorrentes, tais como disjuntores, fusíveis e similares
Edificações que já possuam o sistema fotovoltaico instalado, (quando da vigência da presente norma técnica)	Prazo de 1 ano para se adaptarem por completo às exigências de segurança relativas ao referido sistema

Para o caso de Sistema de proteção contra descargas atmosféricas, ambas as normas determinam que: a necessidade de previsão de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), de acordo com a NBR 5419, deverá ser avaliada por um responsável técnico. Em caso de necessidade deste sistema de proteção, o SPDA deverá ser previsto de acordo com a NBR 5419.

A NTCB nº 44/2023 (Goiás) ainda inclui alguns itens que não são abordados na NTCB nº49/2023 (Mato Grosso) como, por exemplo, abordagens acerca da brigada de incêndio, em que, no caso da obrigatoriedade de projeção de medida de segurança de brigada de incêndio, os brigadistas devem conhecer o local de instalação dos painéis, bem como inversores, baterias e do dispositivo de desligamento rápido de módulos fotovoltaicos, caso exista. No caso de não haver a brigada de incêndio é recomendatório que a população presente na construção possua o conhecimento desses mesmos

locais. É mencionado também critérios em relação a área de instalação de baterias, as quais devem ser projetadas medidas de segurança que são previstas em edificações ou áreas de risco. Outro ponto tratado são as proteções elétricas, principalmente, para Sistemas Tipo 1, indicando alguns sistemas de proteção, como a proteção de falha de arco elétrico (AFPE), o interruptor de proteção de falha de aterramento (GFCI) e a instalação de um dispositivo de desligamento rápido (RSD) juntamente aos painéis fotovoltaicos, estando este dispositivo em local seguro e de fácil acesso.

4. CONCLUSÃO

Em virtude dos riscos de incêndios associados aos sistemas fotovoltaicos, podendo ser causados por fatores elétricos, ambientais e físicos, ou até como vítima de incêndio, seja pela ação própria humana ou por incidentes naturais, foi verificado que a aplicação de normas de segurança torna-se fundamental para evitar a ocorrência de incêndios. No Brasil, há pouca informação a respeito de normas específicas para segurança em sistemas fotovoltaicos contra incêndio, sendo identificadas somente normas técnicas, válidas em âmbito estadual, que foram realizadas pelo Corpo de Bombeiros Militar dos Estados de Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás. Cada uma dessas normas técnicas, apesar de terem o mesmo objetivo, trazem diferentes tratativas, como, por exemplo, o âmbito de aplicação da norma, a definição de sistemas e os critérios em relação às instalações, evidenciando a necessidade da criação de regulamentações nacionais que sejam padrões, como são verificadas, por exemplo, em normas internacionais da IEC, facilitando a operação e fiscalização desses sistemas.

As diretrizes aqui informadas não substituem as normas técnicas. Para a execução adequada das atividades, as normas devem ser verificadas para melhor atendimento de seus critérios.

Agradecimentos

Agradecimentos a Sengi Solar pelo suporte, financiamento e incentivo a este trabalho. Agradecimento a equipe de Pesquisa e Desenvolvimento pelo suporte na elaboração do trabalho. Agradecimentos ao programa PADIS pelo incentivo e fomento ao P&D nacional.

REFERÊNCIAS

- ANEEL., 2023. Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA) - Capacidade de Geração do Brasil. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoibNjc4OGYyYjQtYWZmZWZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2liwiZCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>. Acessado em: 21 de novembro de 2023.
- Aram, M. *et al.*, 2021. A state-of-the-art review of fire safety of photovoltaic systems in buildings. *Journal of Cleaner Production*.
- Assembleia Legislativa do Estado de Mato Grosso, 2023. Lei nº 12.149, de 16 de junho de 2023: Segurança Contra Incêndio e Pânico no Estado de Mato Grosso.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas., 2004. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro.
- _____. 2013. NBR 16149: Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição. Rio de Janeiro.
- _____. 2013. NBR 16150: Sistemas fotovoltaicos (FV) — Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição — Procedimento de ensaio de conformidade. Rio de Janeiro.
- _____. 2014. NBR 16274: Sistemas fotovoltaicos conectados à rede — Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho. Rio de Janeiro.
- _____. 2015. NBR 5419-1: Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Parte 1: Princípios gerais. Rio de Janeiro.
- _____. 2019. NBR 16690: Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos – Requisitos de projeto. Rio de Janeiro.
- _____. 2019. NBR 16690:2019. Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos - Requisitos de projeto. Rio de Janeiro.
- _____. 2020. NBR 16384: Segurança em eletricidade — Recomendações e orientações para trabalho seguro em serviços com eletricidade. Rio de Janeiro.
- _____. 2020. NBR 16612: Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura, para tensão de até 1,8 kV C.C. entre condutores - Requisitos de desempenho. Rio de Janeiro.
- _____. 2021. NBR 16767: Elementos e baterias estacionárias para aplicação em sistemas fotovoltaicos não conectados à rede elétrica de energia (off-grid) – Requisitos gerais e métodos de ensaio. Rio de Janeiro.
- Boddaert, S. *et al.* (2023). Fire safety of BIPV: International mapping of accredited and R&D facilities in the context of codes and standards. Task 15 of the IEA Photovoltaic Power Systems Programme.
- Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás., 2014. Norma Técnica do Corpo de Bombeiros nº 21/2014: Sistema de proteção por extintores de incêndio.
- _____. 2023. Norma Técnica do Corpo de Bombeiros nº 44/2023 - Segurança em sistemas fotovoltaicos. Goiás.
- _____. 2020. Norma técnica do Corpo de Bombeiros nº20/2020: Sinalização de emergência. Goiás.
- Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso. 2020. Norma Técnica do Corpo de Bombeiros Militar nº 18/2020: Sistema de Proteção por Extintores de Incêndio.
- _____. 2020. Norma Técnica do Corpo de Bombeiros nº 15/2020 - Sinalização de emergência. Mato Grosso.

- _____. 2022. Norma técnica do Corpo de Bombeiros nº 49/2022 - Segurança contra incêndio e pânico em arranjos fotovoltaicos. Mato Grosso.
- _____. 2023. Norma técnica do Corpo de Bombeiros nº 49/2023 - Segurança contra incêndio e pânico em arranjos fotovoltaicos. Mato Grosso.
- Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Minas Gerais. 2022. Instrução Técnica nº 30/2022: Instalações e equipamentos elétricos: Subestações, painéis fotovoltaicos e grupos geradores de energia.
- Corrêa, A., 2023. Princípio de incêndio é registrado em escola particular de Uberlândia. Retrieved from G1: <https://g1.globo.com/mg/triangulo-mineiro/noticia/2023/11/07/principio-de-incendio-e-registrado-em-escola-particular-de-uberlandia.ghtml>. Acessado em: 26 de novembro de 2023.
- da Silva, M. K., Gul, M. S. e Chaudhry, H., 2021. Review on the Sources of Power Loss in Monofacial and Bifacial Photovoltaic Technologies. Energies.
- Governo do Estado de Goiás. 2006. Lei nº 15.802, de 11 de setembro de 2006 : Código Estadual de Segurança Contra Incêndio e Pânico.
- IEC. (n.d.). Understanding standards. Retrieved from <https://www.iec.ch/understanding-standards>. Acessado em: 25 de novembro de 2023.
- International Electrotechnical Commission. 2010. IEC 62109-1 - Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 1: General requirements.
- _____. 2010. IEC 62485-2 - Safety requirements for secondary batteries and battery installations - Part 2: Stationary batteries.
- _____. 2011. IEC 62109-2 - Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 2: Particular requirements for inverters.
- _____. 2014. IEC 62852 - Connectors for DC-application in photovoltaic systems - Safety requirements and tests.
- _____. 2015. IEC 62485-1 - Safety requirements for secondary batteries and battery installations - Part 1: General safety information.
- _____. 2016. IEC 61140 - Protection against electric shock - Common aspects for installation and equipment.
- _____. 2020. IEC 60664-1 - Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems - Part 1: Principles, requirements and tests.
- _____. 2020. IEC 62790 - Junction boxes for photovoltaic modules - Safety requirements and tests.
- _____. 2021. Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval - Part 1: Test requirements.
- _____. 2021. Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval - Part 2: Test procedures.
- _____. 2022. IEC 62093 - Photovoltaic system power conversion equipment - Design qualification and type approval.
- _____. 2023. IEC 61730-1 Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part 1: Requirements for construction.
- _____. 2023. IEC 61730-2 Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part 2: Requirements for testing.
- IRENA. 2023. Capacity and Generation - Country Rankings. Disponível em <https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Capacity-and-Generation/Country-Rankings>. Acessado em 21 de novembro de 2023.
- Karandikar, A. *et al.* 2020. Distributed Solar Quality: Key Challenges and Potential Solutions. NREL.
- Mohd Nizam Ong, N. A. *et al.* (2022). Development of fire safety best practices for rooftops grid-connected photovoltaic (PV) systems installation using systematic review methodology. Sustainable Cities and Society.
- Norma Regulamentadora. 2020. NR 01: Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais.
- Norma Regulamentadora. 2022. NR 35: Trabalho em altura.
- Redação com Bombeiros MS. 2023. Sistema de energia solar pega fogo em cidade de MS. Disponível em Jornal GranDourados: <https://jomalgrandourados.com.br/noticia/8344/sistema-de-energia-solar-pega-fogo-em-cidade-de-ms>. Acessado em: 26 de novembro de 2023.
- Redação Portal de Catamarã. 2023. Bombeiros atendem incêndio no sistema de energia solar de posto de combustíveis, em Pelotas.
- Santos, H. F. *et al.*, 2022. Problemas em Instalações Fotovoltaicas de Micro e Minigeração: Por que Ocorre e Como Prevenir. IX Congresso Brasileiro de Energia Solar.
- Sepanski, A. *et al.*, 2018. Assessing fire risks in photovoltaic systems and developing safety concepts for risk minimization. Cologne, Germany.

APPLICATION OF FIRE SAFETY STANDARDS IN PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN BRAZIL

Abstract. *The rapid expansion of the photovoltaic sector has led to the emergence of inadequate installations, due to the use of lower quality materials and equipment and unskilled labor. The creation of regulations is an important tool to guarantee the safety and reliability of photovoltaic installations, in order to prevent accidents. The occurrence of fire is one of the main risks associated with these constructions, and it is of fundamental importance to apply criteria that minimize these risks. In this sense, this work aims to address the current situation of Brazilian safety standards for fire prevention that are applicable to these systems. It has been observed that some states have more specific regulations, while most of the country has no specific standards, indicating a deficiency in national regulations for fire safety.*

Keywords: *Photovoltaic systems, Safety, Regulatory standards*