



**A GESTÃO DE RISCOS NO COMBATE A
INCÊNDIO EM EDIFICAÇÕES COM
SISTEMA FOTOVOLTAICO**

**RISK MANAGEMENT IN FIREFIGHTING FOR
BUILDINGS WITH PHOTOVOLTAIC SYSTEMS**

**LA GESTIÓN DE RIESGOS EN LA LUCHA CONTRA
INCENDIOS EN EDIFICIOS CON SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS**

**DIEGO DE ALMEIDA FERREIRA¹
JANAINA DO Couto MASCARENHAS²
SOPHIA WIECZOREK LOBO³**

Resumo:

Com o crescimento do uso de energia solar nas edificações, as operações desenvolvidas pelos Corpos de Bombeiros militares se tornaram mais perigosas devido à exposição a riscos potencialmente desconhecidos. Diante disso, para estabelecer ações e procedimentos padronizados visando garantir a segurança dos bombeiros é fundamental conhecer os sistemas de geração fotovoltaica, identificar e analisar os riscos envolvidos nos sistemas e instalações relacionadas. Outra medida importante é verificar a existência de dispositivos que possam ser inseridos nos sistemas para evitar acidentes nos atendimentos. Neste enfoque, a proposta deste artigo é apresentar por meio da técnica Análise Preliminar de Riscos – APR, a gestão dos riscos potenciais que colocam as guarnições de bombeiros em situação de vulnerabilidade nas operações de combate a incêndio estrutural em edificações que fazem uso de sistemas fotovoltaicos na geração de energia elétrica, para prevenir, mitigar e controlar os perigos intrínsecos a estes eventos. A pesquisa foi classificada como aplicada, dedutiva, descritiva, qualitativa, bibliográfica e documental. Ao final,

¹ Especialista em Gerenciamento de Segurança Pública pela Universidade Estadual de Goiás (UEG). Especialista em Incêndios Urbanos. Graduado em Gestão Financeira pela Universidade Evangélica de Goiás (Unievangélica). Bombeiro Militar do Estado de Goiás. E-mail: selvalmeida@gmail.com.

² Mestranda em Educação, Gestão e Tecnologia pela Universidade Estadual de Goiás (UEG). MBA em Direito Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas (FGV/SP). Especialista em Direito Penal e Processo Penal pela Universidade Católica do Estado de Goiás (UCG/GO). Coordenadora Pedagógica da Secretaria de Segurança Pública do Estado de Goiás (COE/SSP). Professora orientadora dos Cursos de Especialização em Gerenciamento de Segurança Pública (CEGESP) e Altos Estudos em Segurança Pública (CAESP). E-mail: janainacoutom@gmail.com.

³ Mestre em Química pela Universidade de Brasília (UNB). Especialista em Produtos Naturais de Plantas e Derivados pela Unyleya. Especialista em Gestão de Projetos pelo Instituto Eivaldo Lodi. Perita Criminal da Superintendência da Polícia Técnico-Científica (SPTC-GO). E-mail: sophia.wieczorek@gmail.com.

Como citar este artigo:

FERREIRA, Diego de Almeida
MASCARENHAS, Janaina do Couto
LOBO, Sophia
Wieczorek
A gestão de riscos no combate a incêndio em edificações com sistema fotovoltaico.

**Revista de Direito
Socioambiental -
REDIS,**

Goiás – GO, Brasil,
v. 01, n. 02, jan./jul.
2023, p. 00-00.

Data da submissão:
26/06/2023

Data da aprovação:
02/11/2021



delineou-se aspectos a serem contidos em Protocolo Operacional Padrão de atendimento a ocorrências envolvendo energia fotovoltaica.

Palavras-chave: Corpo de Bombeiros Militar. Energia Fotovoltaica. Gestão Operacional.

ABSTRACT

As the use of solar energy in buildings increases, the operations developed by the Military Fire Departments have become more dangerous and expose operators to unknown risks. Therefore, to establish proper and standardized procedures that guarantee firefighters safety, it is necessary to be familiar with the photovoltaic generation systems, identify and analyze the risks involved in operating systems and installations. Another important aspect is to verify the existence of devices that can be inserted into the systems to avoid accidents during calls. In this approach, the purpose of this article is to present, through the Preliminary Risk Analysis - APR technique, the management of potential risks that expose firefighters in structural firefighting operations in buildings that make use of photovoltaic systems, for the generation of electric energy, to prevent, mitigate and control the dangers intrinsic to these events. Methodologically, it was classified as applied research as well as based on deductive method, descriptive, qualitative, bibliographic and documental. It was possible to outline important aspects that a Standardized Operational Procedure should attain.

Keywords: Military Firefighting Service. Operational management. Photovoltaic System.

RESUMEN

Con el crecimiento del uso de energía solar en los edificios, las operaciones desarrolladas por los Cuerpos de Bomberos militares se han vuelto más peligrosas debido a la exposición a riesgos potencialmente desconocidos. Ante esto, para establecer acciones y procedimientos estandarizados que garanticen la seguridad de los bomberos, es fundamental conocer los sistemas de generación fotovoltaica, identificar y analizar los riesgos involucrados en los sistemas y las instalaciones relacionadas. Otra medida importante es verificar la existencia de dispositivos que puedan ser incorporados en los sistemas para evitar accidentes durante las intervenciones. En este enfoque, la propuesta de este artículo es presentar, a través de la técnica de Análisis Preliminar de Riesgos (APR), la gestión de los riesgos potenciales que ponen a los equipos de bomberos en una situación de vulnerabilidad durante las operaciones de combate a incendios estructurales en edificios que utilizan sistemas fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica, con el fin de prevenir, mitigar y controlar los peligros inherentes a estos eventos. La investigación se clasificó como aplicada, deductiva, descriptiva, cualitativa, bibliográfica y documental. Al final, se delinearón aspectos que deben incluirse en un Protocolo Operativo Estándar para la atención de incidentes relacionados con la energía fotovoltaica.

Palabras clave: Cuerpo de Bomberos Militar. Energía Fotovoltaica. Gestión Operativa.

INTRODUÇÃO

Tratar do tema energia sempre foi um desafio, considerando que o progresso da humanidade está intimamente relacionado a sua descoberta e uso.

Desde os tempos mais primitivos, o homem se debruça na busca por fontes de energia. Dos nossos antepassados friccionando pedra para produzir fogo, passando pela era dos combustíveis fósseis até as fontes mais avançadas como energia eólica, solar, nuclear e outras tantas que virão.

A energia não só foi fundamental para o desenvolvimento industrial nos séculos XIX e XX, mas ainda hoje têm importância incontestável para a humanidade e apresenta uma demanda crescente, visto que de modo geral, todas as atividades por nós desenvolvidas estão afetadas direta ou indiretamente pelo consumo de energia.

Todavia, os padrões de consumo de energia vão muito além dos recursos naturais de que dispomos, e o considerável aumento na demanda por energia representa o enfrentamento de vieses ainda mais provocativos, como o combate à poluição ambiental, alterações climáticas e tantos outros.

De fato, a dependência do fator energia é um ponto crítico para o desenvolvimento das civilizações, que precisa ser pensado a partir de soluções sustentáveis e fontes renováveis, de modo a garantir segurança ao meio ambiente e, ao mesmo tempo, sustentabilidade às gerações futuras.

Assim, considerando que a energia é aspecto crucial no desenvolvimento financeiro, social, cultural e tecnológico de qualquer nação, bem como por desempenhar papel relevante na redução da pobreza e no aumento da qualidade de vida dos povos, não há como abordar tal tema sem considerar os aspectos ambientais, econômicos e sociais que o envolvem.

Nesse passo, a Organização das Nações Unidas (ONU) e seus parceiros, incluindo o Brasil, estabeleceram através da Agenda 2030⁴, publicada em setembro de 2015, metas ousadas e transformadoras no redirecionamento do mundo para um caminho sustentável e resiliente, tratando o desenvolvimento sustentável⁵ nas suas três dimensões – econômica, social e ambiental, de forma equilibrada e integrada. A energia por sua vez é o objetivo 7 (sete) dessa agenda, que tem entre outros intentos, “até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global” (UNIC Rio, 2015).

O Brasil não difere dos demais países do globo quando o tema é a demanda crescente pelo uso de energia, atrelada ao seu desenvolvimento, o que requer significativos investimentos em projetos de infraestrutura sustentáveis. Contudo, ocupa posição de destaque por contar com fontes geradoras, em sua maioria, renováveis. Segundo dados do Ministério de Minas e Energia (MME), mais de 63,7% da capacidade de geração é advinda de usinas hidroelétricas (UHE), sendo que

⁴ Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Traduzido pelo Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio), última edição em 13 de outubro de 2015.

⁵ “Na sua essência, o desenvolvimento sustentável é um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, o direcionamento dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão em harmonia e reforçam o atual e futuro potencial para satisfazer as aspirações e necessidades humanas”. Relatório Brundtland, “Nosso Futuro Comum”.

81,7% da capacidade instalada provêm de fontes renováveis, a saber: hidráulica, eólica, biomassa e solar (BRASIL, 2018).

No entanto, embora o modelo das UHEs viabilize energia relativamente barata e limpa, propiciando a geração de royalties e potencial de expansão para as pequenas centrais hidroelétricas (PCH), necessário ter em conta o quão negativos possam ser os impactos ambientais advindos da construção destas. Outro ponto a ser considerado, versa sobre a incerteza hidrológica, afetando inúmeros reservatórios, o que evidencia que o país não pode restar refém da energia hidroelétrica (BRASIL, 2018).

Estes fatores, somados à redução de disponibilidade hídrica já vivenciada, que tende a se acentuar no futuro, o setor elétrico brasileiro enfrenta dificuldades e a utilização da energia solar (fotovoltaica) surge como fonte alternativa para diversificar e, ao mesmo tempo, conferir robustez à matriz energética do país (DANTAS, 2020), que se apresenta em posição geográfica privilegiada para captação de energia solar, ante a vasta extensão territorial.

Neste sentido, muito embora a geração fotovoltaica não tenha representação expressiva na matriz elétrica nacional, essa fonte tem apresentado significativo crescimento nos últimos anos, impulsionada pelos programas de incentivos governamentais e regulações do setor (EPE, 2017), para instalação em residências, comércios e indústrias.

Com a expansão no cenário das instalações fotovoltaicas, cresce também os índices de acidentes, lesões, danos e incêndios, o que passa a exigir dos profissionais que lidam direta e indiretamente com essa fonte de energia, aprimoramento em suas rotinas laborais. Logo, isto se estende às operações desenvolvidas pelos Corpos de Bombeiros Militares (CBM).

É neste contexto que se instala o objeto de estudo da presente pesquisa, na gestão de riscos que envolve as operações de combate a incêndios em edificações que utilizam sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica.

1 A ATUAÇÃO DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR FRENTE AOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

As operações desenvolvidas pelo Corpo de Bombeiros Militar envolvem diversos riscos que demandam um gerenciamento adequado. Esta condição se agrava em operações mais complexas, como as de combate a incêndio estrutural, pois exigem diferentes técnicas e táticas, aliadas a variadas combinações de equipamentos e viaturas, além da necessidade de lidar com sistemas e estruturas de diversas áreas do conhecimento.

Neste contexto, observa-se que as atividades desenvolvidas pelos bombeiros têm passado por grandes transformações em decorrência dos avanços tecnológicos, pesquisas, treinamentos aperfeiçoados, desenvolvimento da indústria, entre outros fatores (ANGLE et al., 2021).

Acompanhando essa evolução tecnológica, nota-se uma crescente expansão de edificações aderindo a sistemas fotovoltaicos para geração de energia elétrica. Como resultado da maior utilização destes sistemas nas edificações, as estratégias tradicionalmente empregadas nas operações de combate a incêndio vêm sendo prejudicadas, deixando os bombeiros vulneráveis a uma exposição potencialmente não reconhecida, uma vez que os sistemas fotovoltaicos apresentam considerações de segurança únicas.

Para Pereira, Miranda e Pinheiro (2021), o sistema fotovoltaico, também chamado de sistema de energia solar, é um método sustentável de geração de energia elétrica a partir da irradiação dos raios solares. À medida que estes sistemas se proliferam nas edificações, a probabilidade de os bombeiros os encontrarem em um incêndio estrutural aumentará da mesma forma (DONALD, 2017).

Quando se deparam com sistemas fotovoltaicos em ocorrências, as equipes de bombeiros vêm adotando uma abordagem cautelosa em suas operações de combate, visto existir uma deficiência normativa quanto aos procedimentos operacionais a serem empregados, bem como um conhecimento muito limitado por parte dos combatentes, que carecem de capacitação adequada para lidar com os riscos associados a este tipo de sinistro.

Levando-se em conta a competência dos Corpo de Bombeiros militares em intervir operacionalmente no combate a incêndio nas edificações, com eficiência e segurança, indaga-se: Como a gestão de riscos pode identificar, analisar e mitigar os riscos potenciais a que estão expostos os bombeiros nas operações de combate a incêndio em edificações que utilizam sistemas fotovoltaicos para a geração de energia elétrica?

Nesta senda, este artigo analisou os riscos potenciais que as equipes de bombeiros se expõem quando envolvidas em operações de combate a incêndio nas edificações que utilizam sistemas fotovoltaicos para geração de energia elétrica, estabelecendo ações e identificando meios que possam evitar e/ou mitigar estes riscos, promovendo segurança e proteção à vida.

Para isso, foi necessário identificar os principais riscos que colocam as guarnições de bombeiros em situação vulnerável nestas operações, definir procedimentos operacionais que os mitiguem, utilizando a técnica de Análise Preliminar de Riscos (APR) nas estratégias operacionais de combate a incêndio estrutural e verificar a existência de dispositivos tecnológicos de segurança que podem ser implementados nos sistemas fotovoltaicos.

No aspecto metodológico, este intento analisou a problemática sobre o método dedutivo, a partir da metodologia de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e pesquisa descritiva, utilizando como procedimentos técnicos o levantamento bibliográfico e uma pesquisa documental referente a gestão do risco em operações de combate a incêndio e aos procedimentos operacionais do Corpo de Bombeiros Militar.

A análise sobre o método científico dedutivo se estrutura em regras generalistas de fenômenos para chegar a uma conclusão específica. É uma cadeia de raciocínio para ao final obter-se uma conclusão, sendo, portanto, um raciocínio descendente. (LAKATOS; MARCONI, 2003)

Quanto à natureza, caracteriza-se como sendo de pesquisa aplicada, pois tem o intento de produzir conhecimentos para a aplicação prática, envolvendo a solução de questões específicas e interesses locais (GIL, 2008).

A abordagem utilizada é predominantemente qualitativa. Segundo Minayo (2001, p. 22),

responde a questões muito particulares. Ela se preocupa, nas ciências sociais, com um nível de realidade que não pode ser quantificado. Ou seja, ela trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis.⁶

Utilizou-se, ainda, a técnica da APR, determinando os riscos e medidas preventivas antes da execução operacional, permitindo que medidas de controle de riscos sejam aplicadas antes das operações.

Quanto ao objetivo, este artigo se classifica como descritivo. Segundo Rudio (2007), a pesquisa descritiva busca conhecer e interpretar a realidade sem interferir para alterá-la. O mesmo autor afirma que a pesquisa descritiva está interessada em descobrir e observar fenômenos, buscando descrevê-los, classificá-los e interpretá-los.

Quanto ao método de investigação, o artigo conta com uma pesquisa bibliográfica e documental, a partir de materiais já publicados, retratando a visão geral dos sistemas fotovoltaicos, seus componentes, bem como a contextualização do gerenciamento de riscos nas operações de combate a incêndio estrutural nas edificações que fazem uso deste tipo de tecnologia para geração de energia elétrica.

Segundo Silva e Menezes (2005, p.21) “pesquisa bibliográfica, quando elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e atualmente com material disponibilizado na internet”.

⁶ MINAYO, M. C. S. **Pesquisa social: Teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2001. p. 22.

Para a determinação dos principais riscos existentes nas operações de combate a incêndios nas edificações com o uso do sistema fotovoltaico, foi aplicada a técnica *brainstorming*⁷ na reunião mensal da comissão de combate a incêndio do CBMGO, formada por especialistas. A partir do registro dos riscos identificados, foi realizado o tratamento, estabelecendo ações e identificando meios que possam evitá-los e/ou mitigá-los, promovendo segurança nos procedimentos operacionais das operações de combate a incêndio estrutural.

Keith, Ahner e Curtis (2019) ressaltam a importância da correta abordagem do risco em processos de atividades militares, sendo necessária uma estrutura formalizada por normas e práticas padronizadas para identificar, analisar e relatar a incerteza em um contexto de avaliação.

Realizar a gestão dos riscos em operações de bombeiros, definindo ações e procedimentos padronizados e exigir a implementação de dispositivos de segurança diversos nas edificações, possibilitará uma atuação eficaz⁸ e eficiente⁹ dos bombeiros, sem comprometer sua segurança, refletindo na proteção da vida e da saúde humana.

O desconhecimento destes procedimentos e a falta de capacitação profissional dos bombeiros na execução de suas atribuições, traz um ambiente de insegurança e incerteza, que além de ameaçar a integridade física da guarnição, ocasiona uma tomada de postura defensiva no combate aos incêndios, pelo receio associado aos riscos enfrentados, levando, não raras vezes, ao insucesso da operação.

2 VISÃO GERAL DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

No contexto mundial da gestão ambiental observamos uma preocupação crescente no desenvolvimento de políticas e processos que objetivam a preservação do meio ambiente, para que haja a manutenção das necessidades da sociedade sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprirem as próprias necessidades. Nesta temática da Gestão Ambiental, destaca-se a exploração sustentável de recursos naturais, que conseqüentemente é conectada ao uso de fontes de energia renováveis e limpas. (JAISWAL, 2022)

Dentre essas, a geração solar fotovoltaica vem ganhando destaque internacional, liderando o crescimento da capacidade instalada de energias renováveis no mundo nos últimos 12 (doze)

⁷ *Brainstorming* significa tempestade cerebral ou tempestade de ideias. É uma expressão inglesa formada pela junção das palavras "brain", que significa cérebro, intelecto e "storm", que significa tempestade. O *brainstorming* é uma dinâmica de grupo que é usada em várias empresas como uma técnica para resolver problemas específicos, para desenvolver novas ideias ou projetos, para juntar informação e para estimular o pensamento criativo.

⁸ Que faz o certo para atingir o objetivo planejado, de modo a alcançar o resultado pretendido ou esperado.

⁹ Diz respeito a um trabalho bem feito, executado da melhor maneira possível, com o menor desperdício de tempo, esforço e recursos.

anos, como bem mostra o gráfico apresentado na figura 1 do relatório da Agência Internacional de Energia - IEA T1-42:2022 (IEA PVPS, 2022).

Figura 1 – Evolução das instalações anuais de energia renovável.



Fonte: IEA PVPS (2022).

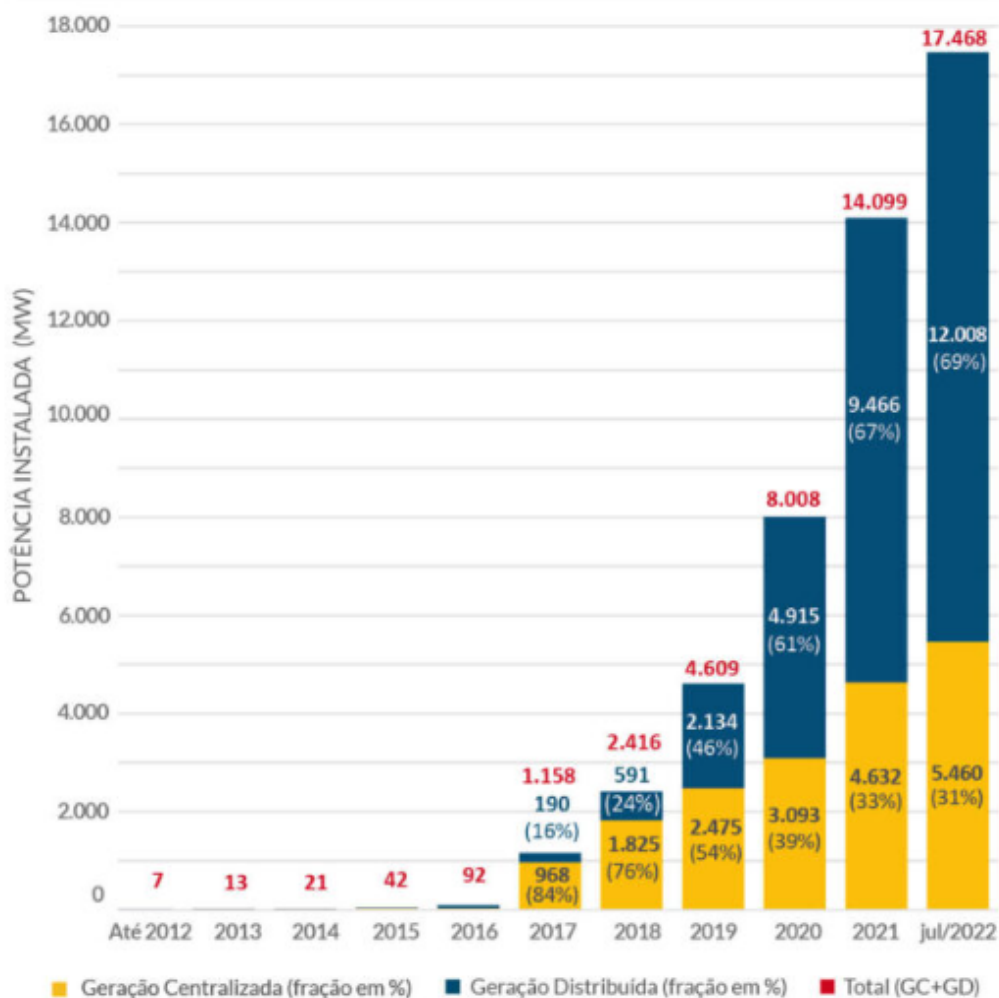
Um aspecto que tem cooperado muito para o crescimento acelerado demonstrado na figura acima é a redução nos custos dos equipamentos necessários para a instalação dos sistemas fotovoltaicos. Esta redução é consequência dos elevados investimentos do setor público e privado, bem como pela procura de novas formas de geração devido aos constantes aumentos no preço da energia elétrica (REZENDE, 2019).

No Brasil, a realidade não é diferente, o país atingiu a marca de 10 gigawatts (GW) de potência instalada no fim do primeiro semestre de 2022, de acordo com a AGBD¹⁰ e segundo dados apresentados pela ABSOLAR¹¹. De 2017 até maio do corrente ano, a fonte solar fotovoltaica no Brasil cresceu mais de 15.000 MW, ganhando destaque na matriz elétrica brasileira, conforme demonstra o gráfico da figura 2.

Figura 2 – Evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil.

¹⁰ Agência Brasileira de Geração Distribuída.

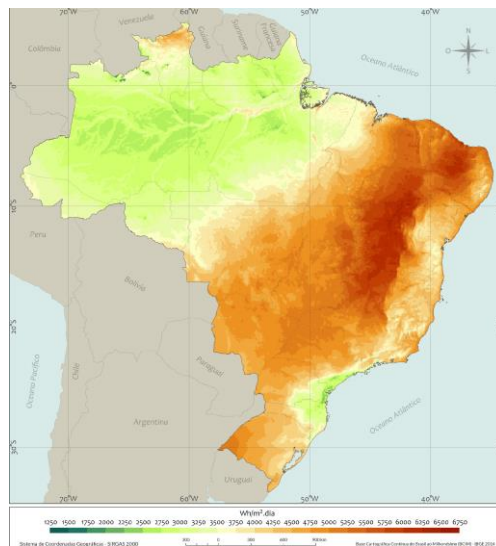
¹¹ Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica.



Fonte: ABSOLAR (2022)

A figura 03 apresenta os dados brasileiros de irradiação direta normal, ilustrando as regiões e as melhores áreas para o aproveitamento solar. Por estar situado numa região com incidência mais vertical dos raios solares e a proximidade à linha do equador faz com que haja pouca variação na incidência solar ao longo do ano. Dessa forma, mesmo no inverno pode haver bons níveis de irradiação. Essas condições conferem ao país algumas vantagens para o aproveitamento energético do recurso solar (TOLMASQUIM, 2016).

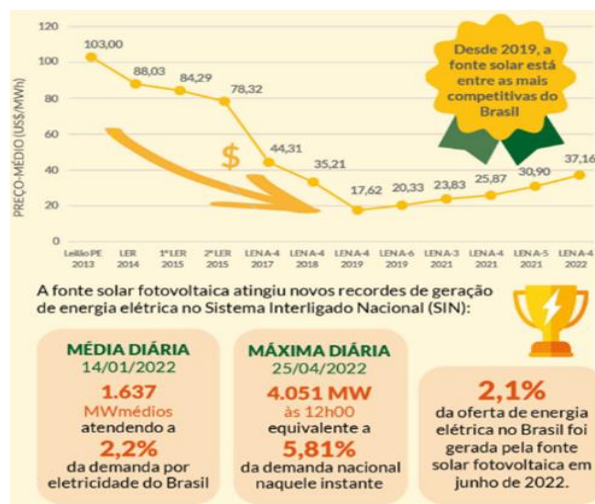
Figura 3 – Total diário da irradiação direta normal.



Fonte: INPE¹², 2017 (PEREIRA, 2017, p. 38).

Seguindo a tendência mundial, a fonte solar fotovoltaica atingiu novos recordes de geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), alcançando o percentual de 2,1% da oferta de energia elétrica no Brasil em junho de 2022, impulsionado pela evolução dos custos de implementação, como podemos observar no gráfico da figura 4.

Figura 4 – Evolução do Preço da Fonte Solar Fotovoltaica em Leilões de Energia no Mercado Regulado / Recordes de Geração de Energia.



Fonte: ABSOLAR (2022).

2.1 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

¹²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Inicialmente convém salientar que sistemas fotovoltaicos tendo por finalidade a geração de energia elétrica, apresentam-se de três tipos: sistemas autônomos ou isolados, denominados pelo termo “*Off-grid*”, tendo também os sistemas conectados à rede, intitulados como “*On-grid*” ou na forma híbrida, que é quando há integração de dois ou mais tipos de sistemas. A figura 5 ilustra essa divisão.

Figura 5 – Tipos de sistemas fotovoltaicos.



Fonte: De autoria própria (2022).

O sistema autônomo ou isolado é aquele não conectado à rede elétrica, onde a energia gerada abastece diretamente os equipamentos. Eles podem, ou não, serem dotados de acumuladores para armazenar energia (baterias) permitindo seu funcionamento nos períodos sem radiação solar. São exemplos de uso os sistemas de bombeamento de água, eletrificação de cercas, câmeras para monitoramento de segurança, postes de iluminação, etc. (NEOSOLAR, 2020).

Apesar do uso em menor escala, existem edificações que também utilizam sistemas fotovoltaicos isolados (*Off-Grid*), geralmente empregados para abastecer aparelhos domésticos e eletrônicos em locais remotos e em regiões com dificuldades de abastecimento ou não abastecidas por rede elétrica convencional.

Já os sistemas “*On-Grid*”, ou conectados à rede elétrica, a energia gerada é escoada para as redes de distribuição, que age como uma carga, absorvendo a energia produzida (SOUZA, 2016). Este tipo de sistema é o mais utilizado nas edificações residenciais e comerciais, cujo objetivo é reduzir o uso da energia da rede elétrica visando economizar na conta de luz ou simplesmente consumir uma energia mais limpa e sustentável (NEOSOLAR, 2020). Outra forma de emprego dos sistemas conectados à rede é a utilização através das chamadas usinas solares.

Também conhecidas como ‘parques solares’ ou ‘fazendas solares’, as usinas de energia solar fotovoltaicas são grandes áreas cobertas com painéis fotovoltaicos com o objetivo de gerar energia solar em grande quantidade para que seja posteriormente transmitida entre as regiões e distribuída dentro das cidades (NEOSOLAR, 2020, Online).

Segundo o Portal Solar (2022), os sistemas de energia solar fotovoltaica híbridos compreendem a combinação de sistemas isolados com sistemas conectados à rede ou a mistura de duas ou mais formas de geração de energia integrada. Nesta configuração, o sistema é conectado à rede elétrica e utiliza baterias para armazenar a energia excedente gerada.

2.2 Dispositivos e componentes dos sistemas fotovoltaicos “*On-grid*”

Os sistemas fotovoltaicos usualmente instalados nas edificações (conectados à rede), possuem os seguintes dispositivos e componentes:

1 – **Módulos fotovoltaicos:** Responsáveis em receber e transformar a radiação solar em energia elétrica através das células fotovoltaicas;

2 – **Caixa de junção:** Dispositivo que conecta a energia gerada pelos painéis, realizando o isolamento para o restante do sistema elétrico. Possuem componentes de proteção contra surtos e outras descargas elétricas;

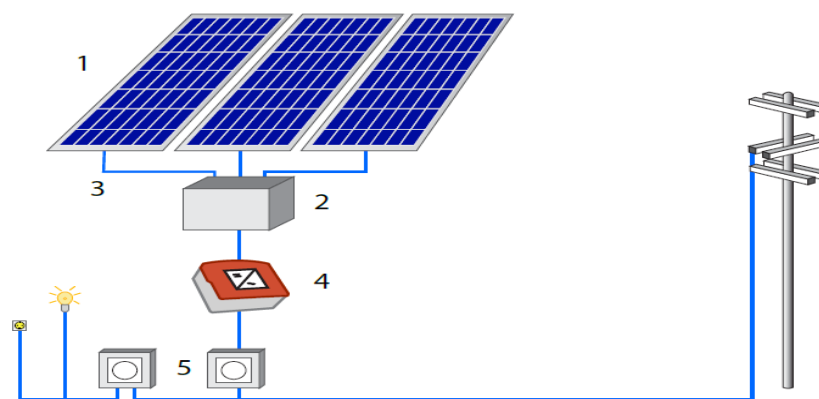
3 – **Cabeamento:** Conduzem a corrente elétrica por todo o sistema fotovoltaico;

4 – **Inversor:** Transforma a corrente contínua, gerada pelo arranjo fotovoltaico, em corrente alternada, compatível com a eletricidade da rede;

3 – **Medidores de Energia:** Realiza a medição da energia gerada, consumida e a injetada na rede da concessionária de energia elétrica.

O esquema de dispositivos e componentes dos sistemas fotovoltaicos “*on grid*” pode ser visualizado na figura

Figura 6 – Componentes de um sistema fotovoltaico “*on grid*”.



Fonte: SOUZA, 2016, p. 18.

3 OPERAÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIO ESTRUTURAL

Os Corpos de Bombeiros ao redor do mundo foram historicamente criados pela necessidade de um serviço público para realizar a extinção de incêndios e, desde a concepção, vêm se aperfeiçoando na execução de inúmeras atribuições, sempre visando salvaguardar vidas e bens.

Em Goiás, as atribuições do Corpo de Bombeiros Militar - CBMGO¹³ estão discriminadas no artigo 125 da Constituição Estadual (GOIÁS, 1989):

O Corpo de Bombeiros Militar é instituição permanente, organizada com base na hierarquia e na disciplina, cabendo-lhe, entre outras, as seguintes atribuições:

- I - a execução de atividades de defesa civil;
- II - a prevenção e o combate a incêndios e a situações de pânico, assim como ações de busca e salvamento de pessoas e bens;
- III - o desenvolvimento de atividades educativas relacionadas com a defesa civil e a prevenção de incêndio e pânico;
- IV - a análise de projetos e inspeção de instalações preventivas de proteção contra incêndio e pânico nas edificações, para fins de funcionamento, observadas as normas técnicas pertinentes e ressalvada a competência municipal definida no Art. 64, incisos V e VI, e no art. 69, inciso VIII, desta Constituição (GOIÁS, 1989, Online).

A tarefa de combater incêndios, segundo Flores, Ornelas e Dias (2016, p. 9) é a extinção do “fogo que foge ao controle e consome aquilo a que não deveria consumir, podendo, pela ação das suas chamas, calor e/ou fumaça, proporcionar danos à vida, ao patrimônio e ao meio ambiente”.

As operações de combate a incêndio estrutural são aquelas que ocorrem em residências ou zonas habitadas. Neste enfoque, os bombeiros necessitam dominar um arsenal de técnicas, táticas, sistemas e equipamentos para subsidiar suas ações no atendimento a estes sinistros.

¹³ Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás.

Sob esse prisma, o CBMGO conta com um conjunto de procedimentos operacionais padronizados, para orientar as guarnições no atendimento às ocorrências - Procedimento Operacional Padrão (POP). No POP de combate a incêndio são elencadas a sequência das ações, desde o recebimento do aviso até a fase de desmobilização¹⁴ (GOIÁS, 2018).

No desenvolvimento das operações de combate a incêndio estrutural, o gerenciamento dos riscos é uma ação constante. Este gerenciamento consiste na observação de qualquer evento que possa comprometer a integridade física dos bombeiros, bem como o atendimento dos objetivos traçados no planejamento da operação.

4 GESTÃO DE RISCOS NAS OPERAÇÕES

É notório a presença de riscos nas operações de combate incêndio desenvolvidas pelos Corpos de Bombeiros, pois o perigo é algo intrínseco na missão de salvar vidas e bens. Segundo a NBR ISO 31000 (2018, p. 1), o conceito de risco é o “efeito da incerteza nos objetivos”.

Neste cenário, “os ambientes sinistrados pelos incêndios trazem diversas situações de riscos aos bombeiros” (GOIÁS, 2017, p. 101). Dentre os principais riscos inerentes às operações de combate estão o de colapso estrutural, eletricidade, calor, comportamentos extremos do fogo, produtos perigosos, gases tóxicos etc.

Realizar o gerenciamento destes riscos é requisito fundamental e esse processo segue um ciclo de 6 etapas: identificação, análise, avaliação, planejamento, monitoramento e controle, para assim realizar a tomada de decisão (JARGONS, 2020; ALMEIDA, 2021).

Nesta senda, a gestão dos riscos nas operações de combate incêndio pode ser desenvolvida com a aplicação de técnicas de análise, visando encontrar soluções eficientes para eliminar ou mitigar tais riscos.

Shuttleworth (2017) e Almeida (2021) afirmam que a escolha da metodologia para a análise qualitativa de riscos depende do tipo de projeto e dos recursos disponíveis. Assim, abordou-se a Técnica de Análise Preliminar de Riscos – APR, descrita a seguir.

4.1 Análise Preliminar de Riscos - APR

A Análise Preliminar de Risco (APR) é uma técnica conhecida internacionalmente pelo nome *Preliminary Hazard Analysis* (PHA), e, em geral, é a primeira técnica aplicada durante a análise de riscos de sistemas em fase de concepção e/ou projeto, principalmente quanto ao uso de

¹⁴ Fase final de uma operação de combate a incêndio, onde os recursos empregados vão sendo liberados e preparados para uma nova atuação, caso necessário.

novas tecnologias que necessitam de maiores e melhores informações sobre os seus riscos (GOMES; MATTIODA, 2011).

Segundo Tavares (2019), na APR é realizada uma revisão geral de aspectos de segurança do processo, com a caracterização dos riscos para a priorização das ações. Na análise, é identificado os riscos que poderão causar eventos indesejados, verificando cenários de acidentes e determinando os riscos do processo.

5 EFEITOS DA ELETRICIDADE NO CORPO

O efeito da eletricidade no corpo depende da quantidade de corrente e do tempo que o corpo está exposto a ela. Quanto maior a corrente, menor a probabilidade de um ser humano pode sobreviver à exposição.

A exposição à corrente elétrica sobre as pessoas por meio de um choque elétrico tem o seguinte efeito:

Tabela 1 – Efeitos Elétricos no corpo.

| EFEITOS ELÉTRICOS NO CORPO | | |
|------------------------------|--|---------------------------|
| Intensidade da Corrente (mA) | Efeito Provável no Corpo | Tempo de Exposição Seguro |
| 0,1 a 2 mA | Nível de Percepção – Sensação de formigamento | - |
| 2,1 a 10 mA | Sensação de desconforto – Contrações musculares leves, sem perda do controle | 5 min. |
| 10,1 a 20 mA | Sensação dolorosa – Contrações musculares severas (Tetanização) | 5 seg. |
| 20,1 a 100mA | Sensação Insuportável – Parada Respiratória | 1 seg. |
| 100,1 a 300 mA | Fibrilação Cardíaca que pode ser fatal | 0,25 seg. |
| Acima de 300 mA | Parada Cardiorrespiratória – Queimaduras Graves | Instantâneo |

Fonte: Adaptado de Fish e Geddes (2009).

De acordo com a Tabela 1, a partir de 20,1 mA há risco de morte, isso ilustra que uma quantidade muito pequena de corrente por menos de um segundo pode ser fatal.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA PESQUISA REALIZADA

Utilizando a técnica *brainstorming* na reunião mensal da comissão de combate a incêndio do CBMGO, formada por especialistas na área, foram identificados os riscos potenciais inerentes ao sistema fotovoltaico que ameaçam os bombeiros durante as operações de combate a incêndio estrutural. Pois, “quanto mais ideias concebermos conjuntamente, por meio de possibilidades

alternadas, tanto mais provável é acertar em uma ou mais que nos resolvam o problema” (OSBORN, 1987, p. 129). O quadro 1 sumariza os dados coligidos.

Quadro 1 – Identificação de riscos.

| Número do risco | Categoria |
|-----------------|--|
| 1 | Não identificação do sistema na edificação |
| 2 | Colapso estrutural |
| 3 | Eletricidade. |

Fonte: De autoria própria (2022).

Considerando já estar definida a ameaça a ser avaliada (sistema fotovoltaico), os agentes potencialmente expostos aos riscos resultantes (bombeiros), bem como os danos a serem evitados e/ou minimizados (integridade física / vida). A Análise Preliminar de Riscos seguirá as seguintes etapas da figura 7, que orienta o método.

Figura 7 – Fluxograma do Método de Análise Preliminar de Riscos.



Fonte: De autoria própria (2022)

6.1 Risco 1 – Não identificação do sistema fotovoltaico na edificação

Os sistemas fotovoltaicos instalados nas edificações nem sempre são facilmente identificados em uma inspeção visual. A sua identificação pode ainda ser dificultada por características construtivas, questões climáticas (chuva, neblina, etc.), falta da iluminação do sol no período noturno e principalmente durante o atendimento a uma ocorrência de incêndio estrutural, onde o ambiente pode estar tomado pela fumaça (DHERE, 2012)

A não identificação do sistema de energia solar na edificação em um sinistro, pode deixar os bombeiros vulneráveis aos perigos, pois operarão sem considerar os riscos intrínsecos do sistema. Desse modo, é essencial haver normas que exijam dispositivos que facilitem a sua identificação nas construções (RAMALI, 2023).

6.1.1 Análise e Avaliação

Em relação parâmetros normativos, a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, através da Resolução Normativa ANEEL Nº. 1000 (2021), determinou que as concessionárias de energia disciplinassem em suas normas técnicas os procedimentos que deverão ser obedecidos para a conexão dos sistemas de geração distribuída em suas redes de distribuição.

No estado de Goiás e regiões atendidas pela Equatorial, antiga ENEL-GO, anterior CELG, a Norma Técnica CELG n. 71 (NTC-71) exige que os sistemas fotovoltaicos apresentem sinalização de segurança instalada no padrão de entrada da edificação e no poste do transformador, conforme figura 8 (GOIÁS, 2016).

Figura 8 – Sinalização de segurança para o sistema fotovoltaico.



Fonte: SILVA, 2016, p. 30.

Esta sinalização de segurança apresentada na figura 8 é também exigida por outras concessionárias de energia que operam no estado de Goiás e em outros estados da federação, existindo assim uma padronização a nível Brasil.

Nesta análise, conclui-se que já existe exigência técnica que identifique a presença de sistemas fotovoltaicos nas edificações, possibilitando assim sua checagem nas operações de combate a incêndio.

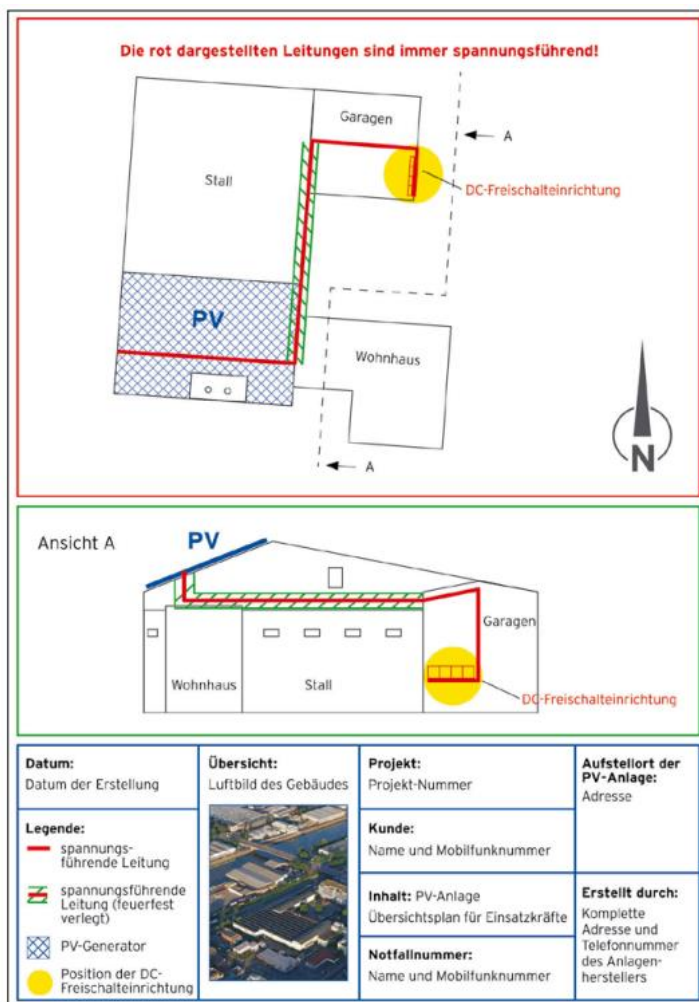
6.1.2 Medidas de Mitigação

Embora exista exigência de sinalização que identifique a existência de um sistema fotovoltaico envolvido na operação, é recomendável a implementação de outro dispositivo que apresente maiores informações para os bombeiros na cena (DE-LIMA FILHO, 2021).

Na Alemanha, a norma de segurança para sistema fotovoltaico “VDE-AR-E 2100-712” estabelece que além da placa de sinalização de segurança, deve haver no painel do medidor de energia, um plano geral que contenham informações e características de todo o sistema instalado, facilitando assim a atuação dos bombeiros nos incêndios (HASELHUHN, 2014). O exemplo de plano geral apresentado na figura 9 é uma espécie de *layout* da edificação que exhibe a localização

dos componentes, bem como apresenta as características gerais do sistema. A exigência de tal dispositivo representaria uma importante medida de mitigação de riscos a ser implementada.

Figura 9 – Exemplo de um plano geral conforme norma alemã VDE-AR-E 2100-712.



Fonte: HASELHUHN, 2014.

6.1.3 Procedimento Operacional a ser adotado

Seguindo as ações já definidas no POP de combate a incêndio do CBMGO, na fase de reconhecimento¹⁵ da operação, onde cabe a guarnição coletar todas as informações necessárias para o planejamento da resposta ao incidente (CBMGO, 2018).

Nesta fase, independentemente do tipo de edificação (térrea, elevada, comercial, etc.), a guarnição deverá verificar a existência ou não de sistema de energia solar instalado, conforme as ações abaixo:

¹⁵ Fase do combate onde é realizada a coleta das informações úteis e necessárias ao planejamento das ações.

- Verificar no padrão de entrada de energia se a edificação possui geração própria através da sinalização de emergência;
- Verificar junto ao poste do transformador se existe placa de sinalização de emergência indicando geração distribuída no circuito;
- A identificação da existência de sistema fotovoltaico na edificação também pode ser verificada observando a presença de painéis solares no telhado e/ou pela existência de medidor bidirecional instalado no padrão de energia.

6.2 Risco 2 – Colapso Estrutural

6.2.1 Análise e Avaliação

Para a instalação de sistemas de energia solar, os módulos fotovoltaicos são geralmente fixados no telhado da edificação. Considerando que a maioria das construções preexistentes não foram projetadas com a previsão desta carga adicional, os riscos de um colapso estrutural aumentam significativamente durante um sinistro de incêndio, pois a ação do calor reduz a capacidade de carga da estrutura do telhado (ABNT, 2001; ABNT, 2012).

A probabilidade de ocorrer um colapso estrutural em um sinistro depende de diversos fatores, especialmente da proporção do incêndio e do tipo da estrutura de construção do telhado (aço, madeira, alvenaria etc.) (HAVEL, 2012).

Nesta senda, depreende-se que nas operações de combate a incêndio em edificações com a presença de sistema fotovoltaico para a geração de energia, o monitoramento das condições de segurança deve ser constante acerca dos riscos de ocorrer um colapso estrutural (ABNT, 2001; CBMGO, 2018; HAVEL, 2012).

6.2.2 Medidas de Mitigação

Com vistas a mitigar os perigos inerentes aos sistemas de energia solar, os projetos de instalação são criteriosamente analisados pelas concessionárias de energia que estabelecem inúmeros critérios e regras específicas (BRASIL, 2021).

Dentre a documentação exigida no processo de homologação dos sistemas, encontra-se o registro da ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) do engenheiro responsável pelo projeto, onde o profissional atesta as condições estruturais dos locais de instalação dos módulos fotovoltaicos e demais componentes (BRASIL, 1973; ABNT, 2019).

A exigência desta ART, aliada à confiança de que foi realizada a devida análise das estruturas da edificação, é, até o momento, a medida existente que minimiza o risco de um colapso estrutural provocado pela carga adicional dos componentes do sistema (ABNT, 2001; ABNT, 2012; ABNT, 2019)

Não foi observada outra medida que pudesse ser implementada nos sistemas com vistas a mitigar estes riscos.

6.2.3 Procedimento Operacional a ser adotado

O Procedimento operacional adotado pelas equipes de bombeiros face ao risco de um colapso durante as operações de combate a incêndio estrutural já está definido na fase tática de controle¹⁶. Nesta fase, a guarnição deverá de forma constante:

- Verificar as condições estruturais da edificação.

6.3 Risco 3 – Eletricidade

6.3.1 Análise e Avaliação

Durante o atendimento a uma ocorrência de incêndio, realizar o corte da energia elétrica consiste em uma das ações iniciais realizadas pelas equipes de bombeiros. Este procedimento visa eliminar os riscos de acidentes envolvendo eletricidade em uma operação de combate a incêndio estrutural (ABNT, 2020).

No entanto, nas edificações que possuem sistemas fotovoltaicos para geração própria de energia, o desligamento do circuito elétrico através do disjuntor geral não promove a total desenergização, pois os módulos fotovoltaicos permanecem eletricamente carregados enquanto houver luz e produzindo energia contínua até o inversor. Ademais, alguns sistemas fotovoltaicos podem incluir baterias para armazenar energia.

Ao contrário do que muitos acreditam, os módulos fotovoltaicos também podem produzir energia na ausência da luz solar. Pesquisas realizadas pela certificadora alemã *TÜV Rheinland* juntamente com o Corpo de Bombeiros de Munique, na Alemanha, concluíram que a luz artificial proveniente de faróis e refletores também podem gerar tensões nos módulos e por isso, eles devem ser tratados como perigosos até mesmo no período noturno (REICHARD, 2014).

¹⁶ Fase onde o comandante do incidente acompanha o desenvolvimento das ações e o comportamento do incêndio, realizando as mudanças necessárias ao plano de ação a fim de aperfeiçoar as ações de socorro.

Dessa forma, deve-se sempre considerar a presença da eletricidade nas edificações que fazem uso do sistema fotovoltaico para geração própria de energia. Este fato constitui o principal risco que coloca os bombeiros em situação de vulnerabilidade nas operações de combate a incêndio estrutural.

Neste contexto, vários cenários devem ser avaliados na análise da probabilidade de ocorrer um evento indesejável envolvendo a eletricidade, tais como:

- Contato direto do bombeiro com componentes energizados do sistema;
- Ocorrência de arcos elétricos¹⁷;
- Condução elétrica através da água oriunda do combate.

Em todos os cenários as guarnições estão sujeitas a graves lesões que podem levar a morte, como o choque elétrico e queimaduras.

6.3.2 Medidas de Mitigação

Atualmente, nas normativas técnicas brasileiras - NBR 16690/19, 16699/18 e 5410/04, que regulamentam o mercado de energia solar, ainda não foram implementadas medidas que eliminem ou minimizem o risco elétrico para as equipes de bombeiros envolvidas em operações nas edificações com o uso do sistema fotovoltaico (ABNT, 2019; ABNT, 2018; ABNT, 2004).

Em outros países, onde o mercado de energia solar está em estágio mais avançado no que tange a regulamentação voltada à segurança de bombeiros, existem normas que exigem dispositivos capazes de mitigar o risco elétrico nos sistemas, a exemplo das normas NFPA-72, originada da National Fire Protection Association dos EUA e a EN54, que regula os equipamentos na Europa, ambas reconhecidas mundialmente (NFPA, 2019; CEN, 2020).

Uma das soluções encontradas é a exigência de um dispositivo de desligamento rápido que permita a desenergização do sistema a nível dos módulos fotovoltaicos, de forma que a tensão do sistema se limite a não mais que 30 volts (FISH e GEDDES, 2009).

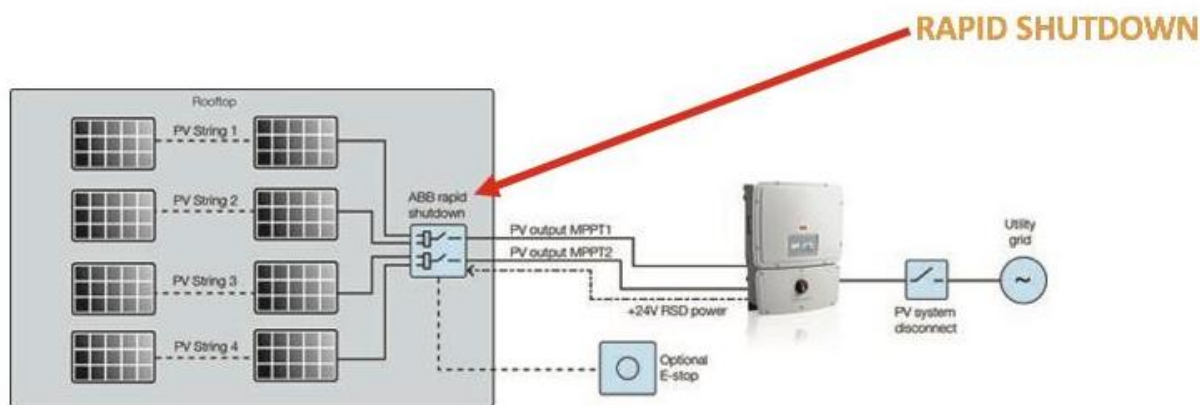
Considerando a resistência mínima do corpo humano em 500 ohms, valor normalmente padronizado para estimar a corrente percorrida em um choque elétrico, a tensão de 30 volts seria a limiar para gerar uma corrente com uma intensidade que não levaria o bombeiro à morte (FISH e GEDDES, 2009).

A exigência do dispositivo conhecido como “*Rapid Shutdown*”, ou dispositivo de desligamento rápido, apresentado na figura 10 foi introduzido no Código Elétrico Nacional americano (NEC - *National Electrical Code*). Ele permite desenergizar um sistema fotovoltaico

¹⁷ É o fenômeno resultante de um fluxo de corrente elétrica entre dois pontos por curto-circuito. Ocorre em meio a gases, rompendo o isolamento feito pelo ar.

através de um interruptor localizado fora da edificação, além de ser acionado automaticamente na ocorrência de um arco elétrico, interrompendo o fluxo de corrente. Tal dispositivo seria a solução para mitigar o risco da eletricidade nos sistemas fotovoltaicos (AXIUM SOLAR, 2018).

Figura 10– Exemplo esquemático de um dispositivo de desligamento rápido conforme o Código Elétrico Nacional americano – NEC 2017 690.12



Fonte: AXIUM SOLAR (2018)

6.3.3 Procedimento Operacional a ser adotado

Enquanto não ocorre uma evolução normativa a nível de Brasil, exigindo a incorporação do dispositivo de desligamento rápido, a melhor prática a ser adotada é assumir que todos os sistemas fotovoltaicos presentes nas edificações estão eletricamente ativos. A tática de combate adotada deve ser sempre conservadora, com a intenção de realizar o combate às chamas sem envolver o sistema (METCI, 2006).

Visando mitigar o risco elétrico, os procedimentos operacionais a serem adotados pelas equipes de bombeiros durante as operações de combate a incêndio estrutural são:

- Utilizar EPI completo de combate a incêndio estrutural certificado;
- Desligue e isole o máximo possível de componentes do sistema fotovoltaico;
- Manter uma distância mínima de segurança dos componentes do sistema fotovoltaico (caso não identifique a potência nominal do sistema, considerar alta tensão);
- Solicitar reforço de especialista em eletricidade para desligar o sistema a nível dos módulos fotovoltaicos;
- Não realizar tática de ventilação com acesso ao telhado da edificação;
- Realizar o combate às chamas, obedecendo às distâncias e o tipo de jato específico para combate em alta tensão.

CONCLUSÃO

Retornando ao questionamento inicial, pode-se dizer que identificamos e analisamos os principais riscos potenciais que colocam as guarnições de bombeiros em situação vulnerável nas operações de combate a incêndio estrutural em edificações que utilizam sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica.

Os resultados das pesquisas realizadas identificaram que, em países cujo mercado fotovoltaico se expandiu a mais tempo, a problemática levantada já originou alternativas mitigadoras quanto às exigências normativas que visem à proteção dos bombeiros. O que se espera no âmbito nacional é que ocorra essa evolução e que siga estes padrões já implantados nos outros países.

Importante ressaltar que as ações elencadas como procedimentos operacionais a serem adotados pelas guarnições, bem como a abordagem técnica quanto ao funcionamento dos sistemas de energia solar nas edificações, necessitam ser amplamente divulgadas e treinadas com as guarnições, pois só assim desenvolveram habilidades que os tornará preparados para enfrentar estas situações complexas nas operações.

Embora a gestão de riscos realizada tenha destacado cenários específicos e indicado medidas e ações direcionadas, o tema em voga abrange uma vasta gama de possibilidades e variáveis, pois envolve tecnologia e que está em constante aperfeiçoamento. Portanto, é indispensável que haja uma continuação de estudos na área, abarcando novos panoramas e situações distintas.

Assim, haverá bombeiros capacitados, com dados e informações subsidiadas, promovendo segurança na tomada de decisão nas operações, corroborando para uma atuação profissional de excelência e conseqüentemente, um serviço de bombeiros reconhecido.

REFERÊNCIAS

ABGD. **O Brasil atinge 10 GW de potência instalada em sistemas de geração própria de energia**. 2022. Disponível em: <https://abgd.com.br/portal/brasil-atinge-10-gw-de-potencia-instalada-em-sistemas-de-geracao-propria-de-energia/>. Acesso em: 20 jun. 2022.

ABSOLAR. **Panorama Solar Fotovoltaica no Brasil e no Mundo**. Infográfico n. 44. 2022. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 20 jun. 2022.

ALMEIDA, M. R.S; SILVA, L. T. **Gestão de risco no emprego da Aviação do Exército em operações da Força Terrestre brasileira**. [S. l.], UNIASSELVI, 2021. Disponível em: https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/9570/1/tcrodrigo_2021_3t_artigo.pdf. Acesso em: 3 ago. 2022.

ANGLE, J. S. *et al.* **Firefighting strategies and tactics**. [S. l.], Jones & Bartlett Learning, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16699**: Sistemas fotovoltaicos – Requisitos mínimos para documentação, comissionamento e inspeção de instalações. Rio de Janeiro, 2018;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16690**: Sistemas fotovoltaicos – Requisitos de projeto. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16384**: Segurança em eletricidade. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14432**: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações: Procedimento. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15200**: Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 31000**: Gestão de Riscos - Princípios e Diretrizes. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. Disponível em: <https://www.apostilasopcao.com.br/arquivos-opcao/erratas/10677/66973/abnt-nbr-iso-31000-2018.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2022.

AXIUM SOLAR. **What is Rapid Shutdown?**. 2018. Disponível em: <https://www.axiumsolar.com/faqs/what-is-rapid-shutdown/>. Acesso em: 17 ago. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 957, de 7 de dezembro de 2021. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 dez. 2021. Disponível em: [ren2021957.pdf \(aneel.gov.br\)](https://www.aneel.gov.br/ren2021957.pdf). Acesso em: 10 out. 2023.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Apresentação do ministro Moreira Franco na Escola Superior de Guerra. **Ministério de Minas e Energia**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: http://antigo.mme.gov.br/web/guest/todas-as-noticias/-/asset_publisher/pdAS9IcdBICN/content/apresentacao-do-ministro-moreira-franco-na-escola-superior-de-guerra?inheritRedirect=false. Acesso em: 27 mai. 2023.

BRASIL. Conselho Federal de Engenharia e Agronomia. Resolução n.º 218, de 29 de junho de 1973. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 jun. 1973.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS. **Procedimento Operacional Padrão**. 2ª edição. Goiás, 2018. Disponível em: Acesso em 10 out. 2023

DANTAS, S. G. **Oportunidades e desafios da geração solar fotovoltaica no semiárido do Brasil**. Texto para discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Brasília: Rio de Janeiro: IPEA, 2020.

DE-LIMA FILHO, A. A. *et al.* Análise dos riscos ocupacionais em instalações de sistemas fotovoltaicos na cidade de Manaus-AM. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e418101523045-e418101523045, 2021.

DHERE, N. G.; SHIRADKAR, N. S. Fire hazard and other safety concerns of photovoltaic systems. **Journal of Photonics for Energy**, v. 2, n. 1, p. 1-13, 2012.

DONALD, E. Solar panels present firefighters with new challenges. **Fire Rescue1 by Lexipol**. Madison. 2017. Disponível em: <https://www.firerescue1.com/firefighter-training/articles/solar-panels-present-firefighters-with-new-challenges-zdCn8jZwgiE2JBva>. Acesso em: 10 jul. 2022.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço **Energético Nacional 2017**: Ano base 2016. Rio de Janeiro: EPE, 2017.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 54**: Fire detection and fire alarm systems. Brussels, 2020.

FISH, Raymond M.; GEDDES, Leslie A. Conduction of electrical current to and through the human body: a review. **Eplasty**, v. 9, 2009.

FLORES, B. C; ORNELAS, E. A; DIAS, L. E. **Fundamentos de Combate a Incêndio**. 1. ed. Goiânia: CBMGO, 2016.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOIÁS. [Constituição (1989)]. **Constituição do Estado de Goiás**. Disponível em: <https://legisla.casacivil.go.gov.br/api/v1/arquivos/17142>. Acesso em: 2 ago. 2022.

GOIÁS. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. **Manual Operacional de Bombeiros: Combate a Incêndio Urbano**. Goiânia: CBMGO, 2017.

GOIÁS. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. **Procedimento Operacional Padrão - POP**. 2. ed. Goiânia: CBMGO, 2018.

GOMES, R. O.; MATTIODA, R. A. **Técnicas de Prevenção e Controle de Perdas em Segurança do Trabalho** – Um ajuste ao PDCA. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Belo Horizonte: ENEGEP, 2011. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STO_138_876_18803.pdf. Acesso em: 3 ago. 2022.

HASELHUHN, Ralf. **Normative Mindestanforderungen zum Brandschutz. Interpretation der VDE-Anwendungsregel**. Berlin: Sonnenenergie, 2014. Disponível em: https://www.sonnenenergie.de/sonnenenergie-redaktion/SE-2014-01/Layout-fertig/PDF/Einzelartikel/SE-2014-01-s037-Normen-Mindestanforderungen_Brandschutz.pdf. Acesso em: 17 ago. 2022.

HAVEL, Greg. **Construction Concerns for Firefighters: Structural Collapse** - During a fire or other emergency incident, firefighters must conduct an ongoing size-up of the scene for signs of structural collapse. *Fire Prevention & Protection*, [S.l.], 24 abr. 2012. Disponível em: *Construction Concerns for Firefighters: Structural Collapse - Fire Engineering: Firefighter Training and Fire Service News, Rescue*. Acesso em: 10 out. 2023.

IEA PVPS. **Snapshot of Global PV Markets 2022**. International Energy Agency (IEA). Paris: IEA, 2022. Disponível em: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2022/04/IEA_PVPS_Snapshot_2022-vF.pdf. Acesso em: 20 jun. 2022.

JAISWAL, K. K. *et al.* Renewable and sustainable clean energy development and impact on social, economic, and environmental health. **Energy Nexus**, v. 7, p. 100118, 2022.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa social: Teoria, método e criatividade**. 18. ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA 72: National fire alarm and signaling code**. Quincy, MA, 2019.

NEOSOLAR. **Sistemas de energia solar fotovoltaica e seus componentes**. 2020. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>. Acesso em: 2 ago. 2022.

OSBORN, A. F. **O poder criador da mente: Princípios e processos do pensamento criador e do "Brainstorming"**. 8. ed. São Paulo: Ibrasa, 1987.

PEREIRA, E. B. *et al.* **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>. Acesso em: 20 jun. 2022.

PEREIRA, I. S; MIRANDA, W. P; PINHEIRO, E. C. N. M. O estudo da viabilidade de instalação do sistema fotovoltaico em uma empresa da cidade de Manaus / The study of the feasibility of installing the photovoltaic system in a company in the city of manaus. Curitiba: **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 112863-112878, 2021. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/40794/pdf>. Acesso em: 19 jun. 2022.

POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. Corpo de Bombeiros. **MANUAL DE ESTRATÉGIA E TÁTICA DE COMBATE A INCÊNDIO - METCI**. In: COLETÂNEA DE MANUAIS TÉCNICOS DE BOMBEIROS. 1. ed. São Paulo: PMESP, 2006. v. 32. Disponível em: <https://www.bombeiros.com.br/imagens/manuais/manual-32.pdf>. Acesso em: 08 out. 2023.

PORTAL SOLAR. **Geração de energia distribuída**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/geracao-distribuida-de-energia.html>. Acesso em 2 ago. 2022.

RAMALI, M. R. *et al.* A review on safety practices for firefighters during photovoltaic (PV) fire. **Fire technology**, v. 59, n. 1, p. 247-270, 2023.

REICHARD, M; SEPANSKI, A.; REIL, F. Elektrische Risiken. **Für Einsatzkräfte, Rückblick und neue Ergebnisse**. Köln: TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, 2014. Disponível em: http://www.pv-brandsicherheit.de/fileadmin/WS_03-04-14/THIEM_Elektrische_Risiken_f%C3%BCr_Einsatzkr%C3%A4fte_K%C3%B6ln_2014_04-03.pdf. Acesso em: 16 ago. 2022.

Relatório Brundtland, “Nosso Futuro Comum”. «**Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**» (PDF). Nações Unidas (em inglês). 1987. Disponível em: Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development (un.org). Acesso em 28 maio 2023.

REZENDE, J. O. **A importância da energia solar para o desenvolvimento sustentável**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2019/09/E-book-A-Importancia-da-Energia-Solar-para-o-Desenvolvimento-Sustentavel-1.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2022.

RUDIO, F. V. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. 34. ed. Petrópolis: Vozes, 2007.

SIGNIFICADOS. **Significado de Brainstorming**.

Disponível em: www.significados.com.br/brainstorming/. Acesso em: 31 maio 2023.

SILVA, E. L; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SILVA, F. L. Norma Técnica Celg D – NTC 71: **Requisitos para Conexão de Microgeradores e Minigeradores ao Sistema de Distribuição da CELG D**. [S. l.], CELG Distribuição, 2016. Disponível em: <https://www.enel.com.br/content/dam/enel-br/one-hub-brasil---2018/nomas-t%C3%A9cnicas-go%C3%AAs/normas-t%C3%A9cnicas/NTC71.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2022.

SOUZA, R. D. **Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica**: Livro digital de introdução aos sistemas solares. Ribeirão Preto: Blue Sol Energia Solar, 2015. Disponível em: <https://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2022.

TAVARES, J. C. **Noções de Prevenção e controle de perdas em segurança do trabalho**. São Paulo: Senac, 2019.

TOLMASQUIM, M. T. (Coord.). **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

UNIC Rio. **Transformando nosso mundo**: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Traduzido pelo Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio), última edição em 13 de outubro de 2015. Disponível em: Agenda2030.pdf. (mds.gov.br). Acesso em: 28 maio 2023.

APÊNDICE A – PLANILHA DE ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS - APR

APÊNDICE A - PLANILHA DE ANÁLISE DE RISCOS

| | | | |
|---|---|---|--|
| Área de Atuação Operacional: Combate a Incêndio estrutural Agentes Potencialmente Expostos: Guarnições de Combate a Incêndio Perigo / Ameaça: Sistemas Fotovoltaicos | | Agentes Expostos: Guarnições de Bombeiros Possíveis Riscos: Integridade Física / Vida Processo: 202100011006202 | |
| EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAIS OBRIGATORIOS: - Capacete de combate a incêndio; - Conjunto de Aproximação completo; - Luvas de combate a incêndio estrutural. | | EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVA NECESSARIOS: - Batacava de combate a incêndio; - Botas de combate a incêndio. | |
| MEDIDAS MITIGATORIAS Existentes | | PROCEDIMENTO OPERACIONAL | |
| 01 | Não Identificação do Sistema Fotovoltaico na edificação | - Placa de Sinalização de Segurança no padrão de entrada da edificação; - Placa de Sinalização de Segurança no Poste do Transformador. - ART do responsável pelo instalação do sistema. | - Verificar no padrão de entrada de energia se a edificação possui geração própria através da sinalização de emergência; - Verificar junto ao poste do transformador se existe placa de sinalização de emergência indicando geração distribuída no circuito; - Observar a presença de painéis solares no telhado e/ou existência de medidor bidirecional instalado no padrão de energia. - Verificar as condições estruturais da edificação; - Utilizar EPI completo de combate a incêndio estrutural. - Utilizar EPI completo de combate a incêndio estrutural certificado, - Desligar e isolar o máximo possível de componentes do sistema; - Manter uma distância mínima de segurança dos componentes do sistema fotovoltaico (caso não identifique a potência nominal do sistema, considerar alta tensão); - Solicitar reforço de especialista em eletricidade para desligar o sistema a nível dos módulos fotovoltaicos; - Não realizar tática de ventilação com acesso ao telhado da edificação; - Realizar o combate às chamas, obedecendo às distâncias e o tipo de jato específico para combate em alta tensão. |
| 02 | Colapso Estrutural | - ART do responsável pelo instalação do sistema. | |
| 03 | Eletricidade | - Dispositivo de desligamento rápido. | |
| Elaborado por: Capitão BM Diego de Almeida Ferreira | | Data: 15/08/2022 | Aprovado por: _____ Data: _____ |

Direitos autorais 2023 Revista Eletrônica do Curso de Direito da UEG.

Editor responsável: Thiago Henrique Costa Silva.



Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).