

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL  
DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DIRETORIA DE ENSINO  
ACADEMIA DE BOMBEIRO MILITAR  
“Coronel Osmar Alves Pinheiro”  
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS**

Cadete BM/2 **CLARA PERPÉTUO DE OLIVEIRA**



**PAINÉIS FOTOVOLTAICOS E SUAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS:  
RISCOS PARA OS BOMBEIROS EM OCORRÊNCIAS QUE  
ENVOLVAM USINAS GERADORAS DE ENERGIA SOLAR**

BRASÍLIA  
2023

Cadete BM/2 **CLARA PERPÉTUO DE OLIVEIRA**

**PAINÉIS FOTOVOLTAICOS E SUAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS:  
RISCOS PARA OS BOMBEIROS EM OCORRÊNCIAS QUE  
ENVOLVAM USINAS GERADORAS DE ENERGIA SOLAR**

Artigo científico apresentado à disciplina Trabalho de conclusão de curso como requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

Orientador: Ten-Cel. RRm THIAGO PALACIO JOHN

BRASÍLIA  
2023

Cadete BM/2 **CLARA PERPÉTUO DE OLIVEIRA**

**PAINÉIS FOTOVOLTAICOS E SUAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS: RISCOS  
PARA OS BOMBEIROS EM OCORRÊNCIAS QUE ENVOLVAM USINAS  
GERADORAS DE ENERGIA SOLAR**

Artigo científico apresentado à disciplina Trabalho de conclusão de curso como requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**JACQUELINE NATHALY BARBOSA DE OLIVEIRA** – Ten-Cel. QOBM/Comb.  
**Presidente**

---

**RAFAEL COSTA GUIMARÃES** – Cap. QOBM/Compl.  
**Membro**

---

**AYMÊ PIRES SERRANO** – 1º Ten. QOBM/Comb.  
**Membro**

---

**THIAGO PALACIO JOHN** – Ten-Cel. RRm.  
**Orientador**

## RESUMO

O aumento de edificações com sistemas fotovoltaicos para geração de energia própria é acompanhado pela potencialização do risco de incêndio intensificando a periculosidade durante o combate devido as particularidades desta fonte de energia. O objetivo desse trabalho foi elaborar uma solução para a problemática apresentada por meio de um boletim de informação técnica profissional (BITP), de maneira a expor conceitos sobre o sistema de energia solar para que os bombeiros possam reconhecê-lo no momento de desenergizar a rede elétrica da edificação, antes de iniciar os protocolos de combate a incêndio. Este estudo realizou análise qualitativa bibliográfica nacional e internacional, por meio de uma investigação exploratória, de pesquisa documental e entrevistas com especialistas no assunto. Os resultados mostraram que os militares ainda não foram devidamente capacitados sobre as formas seguras de desligamento e extinção de incêndios em sistemas geradores de energia por meio de painéis fotovoltaicos. Nesse sentido, foi possível identificar que países desenvolvidos já adotaram parâmetros normativos com enfoque na proteção contra incêndio e na segurança dos profissionais que realizam este combate. A conclusão deste estudo foi que a disponibilização do BITP sobre desenergização desse sistema para os bombeiros permite um gerenciamento de risco relativo à energia fotovoltaica mais eficaz podendo evitar futuros acidentes de natureza de choque elétrico nas ocorrências de incêndio.

**Palavras-chave:** segurança do trabalho; energia elétrica; sistema fotovoltaico; geração distribuída; avaliação de riscos elétricos.

**PHOTOVOLTAIC PANELS AND THEIR ELECTRICAL INSTALLATIONS:  
RISKS FOR FIREFIGHTERS IN OCCURRENCES INVOLVING SOLAR  
ENERGY GENERATORS**

**ABSTRACT**

*The increase of buildings with photovoltaics systems to generate his own energy is accompanied for the potentialization of the risk of fire. This cause a rise of hazardness during the fire fight due the particularities of this energy source. This work aimed elaborate a solution to a issue exposed through of a technical professional information note (BITP - in portuguese). Then it was presented concepts about solar energy so the firefighters can reconize it when they need shut down the eltrical net of the building before initiate the fire combat protocols. So the study did a national and international biblioghafic quantitaive analysis presenting a exploratory research made by interviews with especialistas in the subject. the results showed that militaries are not still trained about the safety ways to cut off e fire extinguish in generator systems of energy by photovoltaics pannels. For this reason make a BITP is a important step to firefighters protection. Lookin at international legislation was possible identify that some developed countries already adopted norms emphasizing the fire protection and the safetyyness of the professional that realize its combat. the conclusion of this study was that a presentation about denergization of this systems to the firefighters provide a more effective management related a photovoltaic energy avoiding future accidents involving eletrical shok in fire incidents.*

**Keywords:** *workplace safety; electrical energy; photovoltaic system; distributed generation; electrical risk assessment.*

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os sistemas fotovoltaicos têm ganhado cada vez mais destaque nas construções, sejam elas particulares ou públicas, devido à sua contribuição para a geração de energia limpa e sustentável. No entanto, a implementação desses sistemas também traz consigo desafios e questões relacionadas à segurança, principalmente no que diz respeito à atuação do Corpo de Bombeiro Militar do Distrito Federal (CBMDF) em ocorrências envolvendo tais sistemas. O artigo visa agregar conhecimento tanto ao CBMDF quanto à sociedade em geral, abordando de forma abrangente e atualizada os sistemas fotovoltaicos e sua interação com as atividades dos bombeiros.

Segundo Silva (2021), ocorrências que envolvem materiais energizados são naturalmente consideradas de maior complexidade. Atualmente, o CBMDF apresenta dificuldades de atuação nesse tipo de atendimentos por falta de capacitação específica, deixando os combatentes altamente expostos aos perigos que as edificações com usinas solares apresentam.

As atividades de bombeiros que envolvem contato com eletricidade apresentam grandes riscos, que devem ser considerados e respeitados para preservação da vida dos cidadãos, bem como dos profissionais empenhados nas operações (Silva, 2021, p.9).

A instalação de usinas fotovoltaicas é uma abordagem relativamente nova e alguns desses sistemas têm sido causas de incêndios. A ampla cobertura midiática desses sinistros tem aumentado a atenção para o fator de segurança nos sistemas e a indústria está trabalhando ativamente em soluções para prevenir e mitigar tais perigos (*Allianz Global Corporate & Specialty*, 2019).

Os componentes dos sistemas fotovoltaicos (PV) são submetidos a protocolos de testes de segurança e confiabilidade durante sua fabricação, sendo aprovados apenas aqueles que atendem aos requisitos de segurança elétrica estabelecidos por normas. No entanto, com o crescente número de instalações de sistemas fotovoltaicos em todo o mundo está se tornando cada vez mais importante desenvolver práticas e compartilhar conhecimentos sobre

segurança, gerenciamento e mitigação de risco desses sistemas em circunstâncias não rotineiras (IEA, 2017).

O Comitê Nacional de Combate a Incêndio (CONACI) reconhece que essas novas tendências representam um aumento significativo no risco enfrentado pelos profissionais bombeiros, especialmente para aqueles que ainda não receberam a devida capacitação em técnicas seguras de acesso, isolamento, desligamento e extinção de incêndios em sistemas geradores de energia por meio de painéis fotovoltaicos (Figueira, 2022).

Diante dessas vulnerabilidades, há pouca bibliografia disponível nas bases de dados sobre o tema. Desse modo, há uma necessidade de dedicar esforços em analisar os riscos existentes e as formas de mitigá-los de maneira a aumentar a segurança desses sistemas para os usuários, instaladores, integradores e profissionais de emergência além de alimentar a pesquisa e gestão do conhecimento previstas no Planejamento Estratégico 2017 – 2024, do CBMDF.

Como problema de pesquisa faz-se a seguinte pergunta: **Como os Bombeiros Militares podem ser melhor preparados para o atendimento a ocorrências em edificações que possuam usinas geradores de energia solar, de maneira a mitigar os riscos aos quais estarão expostos?**

O presente artigo **apresentará conceitos relativos às formas corretas e seguras de realização de atendimento pelo CBMDF às ocorrências que envolvam usinas fotovoltaicas visando a mitigação de riscos na atuação dos bombeiros em caso de sinistro.** Espera-se que os resultados dessa pesquisa sejam utilizados como medidas de prevenção de acidentes de militares durante os atendimentos de incêndio por meio de treinamentos e promoção de conhecimento sobre os equipamentos de energia solar, além de proporcionar prevenção da integridade dos sistemas e redução dos danos às usinas.

Para o alcance do objetivo geral, serão adotados os seguintes objetivos específicos:

- a) Apresentar o funcionamento dos componentes de usinas solares e seus riscos;
- b) Analisar as normativas relacionadas à segurança contra incêndio em sistemas fotovoltaicos nacionais e internacionais;
- c) Coletar informações sobre o nível de conhecimento aplicado nos cursos de carreira e especialização da Corporação por meio de entrevistas com especialistas do CBMDF;
- d) Compreender a importância da disseminação do conhecimento aos bombeiros sobre atendimento de sinistros em edificações que possuam usinas geradoras de energia solar;
- e) Apresentar um BITP sobre as formas corretas e seguras no atendimento pelo CBMDF às ocorrências que envolvam essas usinas;
- f) Apresentar um vídeo institucional sobre as formas corretas e seguras de desenergização de sistemas fotovoltaicos no atendimento pelo CBMDF às ocorrências que envolvam essas usinas.

A partir da publicação de padronização na resposta a sinistros desta natureza, os bombeiros estarão mais capacitados para atuar nestas ocorrências com maior segurança e conhecimento necessário para minimizar os riscos durante o atendimento.

Isto posto, os procedimentos metodológicos basearam-se em levantamento de registros importantes, artigos científicos e pesquisas acadêmicas. As entrevistas com especialistas permitiram avaliar os pontos cruciais quanto a conscientização das equipes de emergência direcionando a coleta de dados para elaboração dos produtos. Já a pesquisa documental tornou-se fundamental para definição de ações específicas na atuação mitigação de riscos advindos dessa fonte de energia.

O texto está organizado de maneira a alcançar os seguintes objetivos específicos:

- Revisão de literatura: conceitos iniciais relacionados à eletricidade, apresentação do funcionamento e dos componentes da usina fotovoltaica, explicação sobre os principais riscos associados aos sistemas solares, apresentação da normativa Brasileira, exposição comparativa da normatização internacional;
- Metodologia: classificação da pesquisa e demonstração dos procedimentos metodológicos utilizados;
- Resultados: apresentação das entrevistas realizadas;
- Discussão: apresentação e comparação das respostas dos entrevistados, comparativo com a revisão bibliográfica e conclusão do posicionamento dos militares e especialistas entrevistados quanto ao assunto abordado.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

À medida que os custos de energia aumentam, a fonte solar está se tornando uma alternativa visada e procurada. Coberturas industriais, edifícios comerciais e casas residenciais são locais ideais para converter luz do sol em eletricidade e assim recuperar alguns dos gastos inevitáveis. No entanto, não é apenas por razões econômicas que as empresas querem usar seus edifícios para geração de energia fotovoltaica ou alugar seus telhados para investidores. Sistemas de painéis solares em uma construção são também uma forma de demonstrar o compromisso com o meio ambiente (IEA, 2019).

No Brasil, a energia solar fotovoltaica é hoje considerada uma das fontes mais promissoras. O mercado tem apresentado índices elevados e cada vez mais acentuados tornando essa tecnologia mais acessível e desejada pelos consumidores (SEE Energia, 2020).

O crescimento acentuado da indústria fotovoltaica no país é um fenômeno recente, mas que vem se consolidando nos últimos anos. Em 2022, o país atingiu a marca de 24 GW de potência instalada, o que representou um crescimento de 91,7% em relação ao ano anterior. Esse crescimento é ainda mais acentuado no segmento de geração distribuída, que responde por 78,4% dos sistemas instalados no país. No segmento residencial, a energia solar é a fonte de energia mais escolhida pelos consumidores sendo instalados, no ano de 2022, 970 mil sistemas residenciais representando um aumento de 70% em relação ao ano anterior (ABSOLAR, 2022).

Esse crescimento é impulsionado por uma série de fatores, incluindo:

- O aumento da demanda por energia limpa e sustentável;
- A queda dos custos de instalação dos sistemas fotovoltaicos;
- Os incentivos governamentais previstos em norma para a geração distribuída (ABSOLAR, 2022).

Nesse sentido, a evolução do mercado fotovoltaico nacional é um sinal positivo para o desenvolvimento sustentável do país. A energia solar é uma fonte limpa e renovável que pode contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para o aumento da segurança energética. Trata-se, portanto de

uma fonte de energia limpa pois converte a energia solar diretamente em energia elétrica por meio de módulos solares conectados eletricamente em série ou independentes. No caso de um sistema integrado à rede de consumo residencial ou comercial, os inversores convertem a corrente contínua produzida nos módulos em corrente alternada, que pode então alimentar a rede (Sepanski, *et al.* 2018).

Para melhor compreensão do funcionamento das usinas geradoras de energia fotovoltaica, Damasceno (2021) descreve os cinco elementos principais:

- 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;
- 5) Medidores de Energia: Realiza a medição da energia gerada, consumida e a injetada na rede da concessionária de energia elétrica.

**Figura 1 - Representação de um sistema Fotovoltaico de geração elétrica autônomo**



Fonte: Damasceno (2021)

Com a apresentação dos equipamentos básicos, o próximo passo importante é a classificação dos sistemas que podem ser autônomos com

baterias - fora da rede ou *off-grid* (Figura 1), conectados à rede - *on-grid* (Figura 2) ou híbridos com baterias e conectados à rede (Damasceno, 2021).

Na maioria dos países, o modo conectado à rede está se tornando o sistema de escolha para contribuir com sua variedade na geração de eletricidade uma vez que não se faz uso de baterias, reduzindo consideravelmente o investimento na instalação e manutenção. O *layout* padrão de um sistema conectado à rede geralmente é percebido como dois lados separados: as linhas de corrente contínua (CC) e as linhas de corrente alternada (CA). Nesses casos específicos, os lados são separados pelo aparelho inversor (Kumar *et al*, 2018, *apud* Ramali *et al*, 2021).

**Figura 2 - Representação de um sistema Fotovoltaico de geração elétrica conectado**



Fonte: Damasceno (2021)

### 2.1. Riscos associados as usinas geradoras fotovoltaicas

Os sistemas fotovoltaicos em questão são seguros em sua operação desde que instalados e mantidos adequadamente por profissionais capacitados, conforme exigido pelos códigos elétricos, não apresentando riscos à saúde, segurança ou meio ambiente sob condições normais de operação. No entanto, com a implantação crescente desses sistemas em todo o mundo e sua infinidade de aplicações - desde instalações tradicionais em telhados e instalações montadas no solo até sistemas integrados em edifícios e fachadas mais avançados - está se tornando cada vez mais necessário desenvolver práticas e

compartilhar conhecimentos sobre gerenciamento e mitigação de riscos que esses componentes podem oferecer em circunstâncias não rotineiras (IEA, 2017).

Diante do exposto, salienta-se que esses equipamentos, cada vez mais, são produzidos com materiais de difícil combustão e retardante de chamas, o que diminui consideravelmente o risco de operação. No entanto, mesmo com o avanço tecnológico estudos de longo prazo de sistemas fotovoltaicos encontraram marcas de queima e superaquecimento em vários componentes do sistema (Damasceno, 2021).

Dessa forma, nesse método de geração de energia existem alguns perigos intrínsecos. Como uma grande quantidade de painéis são necessários, muitas conexões elétricas também são utilizadas entre as placas e os inversores de corrente. Análises mostram que a grande maioria dos eventos de incêndio nesses sistemas acontecem por abertura de arco elétrico justamente nessas junções dos cabos com os inversores, seja por serviço ruim, baixa qualidade dos materiais utilizados ou até envelhecimento e degradação do cabeamento utilizado. Outro fator seria o sobreaquecimento dos componentes, por uma infinidade de possibilidades além da dificuldade de se isolar um painel solar em caso de acidente, visto que, enquanto houver luz solar, haverá geração de energia elétrica (Damasceno, 2021).

## **2.2. Perigos de interações de bombeiros com matrizes fotovoltaicas**

Segundo o artigo Riscos da Eletricidade (CBMGO, 2021):

As ações que envolvem contato com eletricidade apresentam grandes riscos aos seus consumidores e profissionais executores de serviços em sua proximidade; logo, havendo falta de atenção e cuidados devidos, poderão ocorrer graves acidentes. Portanto, na maioria das vezes, a falta de conhecimento prático e teórico pode gerar consequências desastrosas, que podem inclusive levar à morte.

As atividades de bombeiros que exigem o contato com eletricidade apresentam grandes riscos, como choques elétricos e queimaduras térmicas, os quais devem ser cuidadosamente considerados e respeitados para preservação da vida dos profissionais. É fundamental garantir a implementação de medidas

de segurança adequadas, como treinamento especializado, equipamentos de proteção individual e procedimentos padronizados, a fim de minimizar esses riscos e garantir a segurança de todos os envolvidos (Silva, 2016).

Nessa perspectiva, o atendimento a ocorrências em edificações que apresentam o sistema de geração de energia solar possui um fator crítico potencializado quanto aos riscos elétricos. Em carta à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o presidente do CONACI à época, Tenente-Coronel Alysso Kruger Figuera (CBMDF), abordou a necessidade de formulação de normas de segurança que ajudem a diminuir os riscos que esses sistemas adicionam às edificações e conseqüentemente à atuação dos bombeiros, especificamente, em caso de incêndio (Hein, 2021).

Um ponto falho na atual normatização é a ausência de padrões que permitam o desligamento da corrente elétrica em prédios ou residências com sistemas fotovoltaicos, representando um perigo significativo durante as operações de combate a incêndios (Zanini, 2022).

Diante das dificuldades relatadas, as conseqüências em potencial possuem um denominador comum: a possibilidade de choques elétricos e queimaduras térmicas. Esses riscos estão diretamente associados ao fato de uma parte do sistema operar em corrente contínua, que pode ser mais perigosa do que a corrente alternada, pois não possui um ponto de cruzamento zero. Isso significa que um arco elétrico pode se formar e persistir por um longo período, aumentando o risco de acidentes (Souza, 2019)

Além das questões críticas citadas, os bombeiros também estão expostos a outros perigos ao atender ocorrências em edificações com estas usinas. Por exemplo, os painéis solares podem ser quebrados durante o combate ao incêndio, liberando fragmentos de vidro que podem causar ferimentos. Outro fator complicador é a posição dos sistemas que podem estar em locais de difícil acesso, o que dificulta o trabalho das equipes de atendimento (Grant, 2013).

Para reduzir os riscos associados ao atendimento a ocorrências em edificações com sistemas fotovoltaicos, é importante que sejam adotadas

medidas de segurança específicas. Segundo Grant (2013) essas medidas incluem:

- Desligamento da corrente elétrica: A desativação da corrente elétrica é a medida mais eficaz para reduzir os riscos de choques elétricos e queimaduras térmicas;
- Proteção individual: Os bombeiros devem utilizar equipamentos de proteção individual (EPI) adequados para reduzir o risco de ferimentos. Esses EPI devem incluir roupas protetoras, capacetes, luvas e máscaras;
- Treinamento especializado: Os bombeiros devem receber treinamento especializado para atender ocorrências em edificações com sistemas fotovoltaicos. Esse treinamento deve incluir informações sobre os riscos associados a esses sistemas e as medidas de segurança que devem ser adotadas.

### **2.3. Análise da segurança dos bombeiros às respostas a emergências em estruturas com geração de energia solar**

Estudos sobre a avaliação de riscos de uma edificação que possua geração de energia solar é fundamental. Neste sentido, a *Fire Protection Research* dedicou esforços para disseminação de boas práticas para atendimentos dessa natureza. O conhecimento de que o edifício dispõe de sistema de energia solar deve ser imediatamente comunicado ao comandante do incidente (CI), devendo ser imediatamente identificado o tipo de sistema, isto determinará as etapas subsequentes para minimizar os perigos exclusivos de ambas as classes (Grant, 2013).

Estabelecer uma regra que permita o reconhecimento rápido de um sistema de energia solar e seus componentes específicos é o essencial para auxiliar no pré-planejamento e na rápida identificação na resposta. Para que isto seja possível, deve-se esclarecer pontos de atuação críticos para os primeiros respondedores, trabalhar com a indústria responsável para incorporar essas informações e permitir o acesso seguro as instalações desse sistema por parte dos bombeiros durante uma emergência (Grant, 2013).

### **2.3.1. Considerações sobre a desenergização**

Um sistema fotovoltaico gera eletricidade quando o sol está brilhando e enquanto receber luz solar estará operacional e gerando eletricidade. Isto cria desafios adicionais para a tarefa de gerenciar a energia elétrica na estrutura, o que pode ser uma fonte perigosa de choque elétrico. Mesmo com medidas de desligamento conhecidas tomadas para isolar a corrente elétrica, os bombeiros devem sempre tratar toda a fiação e componentes de energia solar como se estivessem energizados eletricamente (Grant, 2013).

A incapacidade de desenergizar painéis fotovoltaicos expostos à luz solar não pode ser subestimada. É absolutamente imperativo que os bombeiros sempre tratem estes sistemas e seus componentes como energizados até mesmo após a estabilização do evento de emergência, pois o sistema continuará energizado enquanto estiver exposto à luz do Sol (Grant, 2013).

Ressalta-se, ainda, que o número de painéis fotovoltaicos no sistema de energia solar fornece uma indicação da magnitude da energia elétrica que está sendo gerada. Um conjunto menor, como o de uma residência, pode incluir apenas alguns módulos, no entanto, a eletricidade gerada ainda é apreciável e pode ser letal. Em contraste, grandes sistemas em telhados de edifícios comerciais (por exemplo, lojas de departamentos) têm por vezes centenas de painéis e a corrente elétrica que geram é muito significativa (Grant, 2013).

### **2.3.2. Casos de armazenamento de baterias**

Existe uma preocupação adicional para sistemas que possuem um arranjo de armazenamento de bateria como parte do sistema fotovoltaico. As baterias podem manter a corrente elétrica durante a noite ou quando o restante do sistema estiver isolado, apresentando um risco extra de choque elétrico. Além disso, dependendo dos tipos de baterias elas podem apresentar vazamentos de materiais perigosos, sendo necessária atenção especial (Grant, 2013).

As baterias geralmente queimam com dificuldade e, embora seus invólucros plásticos forneçam uma contribuição limitada para o processo de combustão, seus vapores e gases liberados são extremamente corrosivos. O

eletrólito derramado pode reagir com outros metais e produzir vapores tóxicos, bem como gases potencialmente inflamáveis ou explosivos. Equipamentos de proteção individual completos e proteção respiratória são essenciais em tais incidentes mesmo que o local de armazenamento seja aberto e ventilado. Pó químico seco, CO<sub>2</sub> e espuma são os métodos preferidos para extinguir um incêndio envolvendo baterias e a água normalmente não é o agente extintor de escolha (Grant, 2013).

#### **2.4. Preocupações do serviço dos bombeiros em edificações com instalações fotovoltaicas**

No âmbito do Departamento de Segurança Interna (DHS) dos Estados Unidos, foi prestada assistência a um programa de pesquisa de segurança e prevenção de acidentes em incêndios no que tange atuação dos Bombeiros. Nesse sentido, a *Underwriters Laboratories* (UL) investigou os pontos críticos da atuação dos bombeiros em relação aos sistemas fotovoltaicos. Essas preocupações incluíram a vulnerabilidade dos bombeiros a riscos elétricos e a acidentes ao combater incêndios envolvendo esses sistemas (Dini; Backstrom, 2013).

Dessa forma, o objetivo principal da investigação foi avaliar as fragilidades de segurança dos bombeiros quando confrontados com um incêndio e um sistema fotovoltaico, de até 1000 Volts, que pode não ser capaz de ser desenergizado completamente durante todas as etapas do combate a incêndio e rescaldo (Dini; Backstrom, 2013).

O estudo analisou tais perigos através de dados empíricos que serviram de base para desenvolver estratégias de combate a incêndio mais seguras nos EUA, visando reduzir riscos para os bombeiros. Para isso, foram realizados experimentos em um sistema fotovoltaico funcional, incluindo diferentes tecnologias. Também foram simuladas situações de incêndio, como o colapso estrutural e a ignição de detritos, para avaliar os riscos associados a esses sistemas em cenários de combate a incêndios (Dini; Backstrom, 2013).

#### **2.4.1. Risco de choque devido à presença de água e energia fotovoltaica**

O risco de choque elétrico ao aplicar água depende de diversos fatores, como voltagem, condutividade da água, distância e padrão de pulverização. Foi observado que um pequeno ajuste de um fluxo sólido para um padrão de neblina (com um ângulo de cone de 10 graus) reduziu a corrente medida abaixo do limiar de percepção (Dini; Backstrom, 2013).

Dois testes foram realizados quanto ao risco de choque elétrico quando da aplicação de jatos de água: equipamentos energizados (placas solares) e quadros elétricos (caixas de junção). No primeiro experimento, foi determinada uma distância aproximada de 6 metros (20 pés) como medida para reduzir o risco potencial de choque elétrico de uma fonte de 1000 Vcc para um nível abaixo de 2 mA, considerado seguro. É relevante observar que água acumulada ou espuma podem se tornar energizadas devido a danos no sistema fotovoltaico (Dini; Backstrom, 2013).

No segundo teste, ao avaliar quadro elétricos, cabe salientar que estes componentes podem permanecer energizados mesmo depois que as chaves seccionadoras e os inversores forem abertos, porque os módulos fotovoltaicos no lado de entrada desses gabinetes continuarão a gerar energia se houver luz suficiente. Constatou-se, portanto, contato direto do fluxo de mangueira pode causar penetração de água no invólucro potencialmente ainda energizando. Isto pode representar um choque grave e possivelmente até mesmo um risco de eletrocussão para o bombeiro (Dini; Backstrom, 2013).

#### **2.4.2. Condições perigosas quanto a integridade das placas solares**

Numa cena de incêndio onde estão envolvidos sistemas fotovoltaicos, a equipe de atendimento pode estar sujeita a um risco de choque elétrico devido a componentes danificados do sistema de energia solar, uma vez que as peças elétricas sob tensão podem ficar expostas. Danos a esses componentes podem ocorrer devido ao calor do próprio incêndio ou a outras ocorrências, como um bombeiro pisando ou caindo sobre um módulo, atingindo uma placa alguma

ferramenta ou tentando remover um módulo de sua posição pretendida (Dini; Backstrom, 2013).

Experimentos mostraram que ao perfurar a superfície de vidro de um módulo fotovoltaico com ferramentas metálicas, partes condutoras da camada do painel podem ser facilmente contatadas. Isto iria energizar a lâmina metálica da ferramenta e, se o bombeiro entrar em contato direto com o metal, poderia ocorrer um choque elétrico grave. Além do risco de choque elétrico, esses testes também demonstraram o potencial de risco de incêndio elétrico, pois a peça metálica penetrou nas camadas fotovoltaicas e criou arco entre partes energizadas de polaridade oposta. Esse arco voltaico frequentemente resulta em ignição e chama aberta (Dini; Backstrom, 2013).

## **2.5. Normativa internacional**

Temendo por sua segurança, algumas corporações internacionais começaram a se recusar a combater incêndios ao notar um sistema fotovoltaico no telhado. Com isso orientações práticas e treinamentos para bombeiros foram desenvolvidos, apresentando táticas sobre como lidar com essas preocupações como distâncias de segurança e uso de jatos neblinados. A maior dificuldade identificada é a desconexão segura do sistema fotovoltaico, em uma situação de incêndio, que garanta a anulação da corrente contínua e a redução das tensões a níveis que não são mais perigosas para os bombeiros (Dhere; Shiradkar, 2012).

Seguindo essa perspectiva, o Corpo de Bombeiros de Tóquio divulgou em 2014 normas diretivas para medição de segurança contra incêndio em sistemas fotovoltaicos para garantir a atuação segura das equipes de atendimento. O novo padrão foi referenciado pela *Japan Photovoltaic Energy Association* e divulgado para a indústria fotovoltaica no Japão. Os padrões incluem restrições de instalação das usinas em telhado e rotulagem específica para sinalização fotovoltaica para permitir que os bombeiros reconheçam a presença do sistema na edificação (IEA, 2017).

No mesmo sentido, a IEA (2017, p. 3), apresenta em seu relatório as diretrizes relacionadas à segurança dos bombeiros dos Estados Unidos e Alemanha, resumindo as melhores práticas para reduzir os riscos potenciais para os profissionais de segurança. As diretrizes abordam as seguintes práticas para mitigar os riscos para os bombeiros:

- 1) Identificar estruturas com sistemas fotovoltaicos instalados;
- 2) Minimizar os riscos potenciais em operações de bombeiros (por exemplo, garanta espaço de trabalho suficiente e reduza os riscos de choque elétrico);
- 3) Difundir práticas de prevenção contra incêndios originados no sistema fotovoltaico;
- 4) Estabelecer requisitos de instalação que considerem as operações dos bombeiros;
- 5) Elaborar estratégias operacionais para bombeiros quando PV está presente;
- 6) Implementar tecnologias para minimizar riscos potenciais de sistemas fotovoltaicos (implementações de tecnologia);
- 7) Melhorar a segurança com futuras tecnologias adicionais de redução e mitigação de riscos. A cooperação internacional entre especialistas, bombeiros e tecnólogos e outras partes interessadas será crucial para a implantação bem-sucedida dessas tecnologias (IEA, 2017, p. 3).

Para se posicionar diante do assunto, a organização de pesquisa *National Fire Protection Association* (NFPA) lançou o *Firefighter Safety and Emergency Response for Solar Power System*, que corresponde a um protocolo de segurança para atendimentos que envolvam painéis fotovoltaicos direcionados a bombeiros e comandantes de socorro. Esse protocolo apresenta abordagens para garantir a segurança nessas ocorrências, táticas de combate e treinamentos aplicados nos EUA (IEA, 2017).

Para embasar as publicações da NFPA, existe o *National Electrical Code* (NEC) responsável pela elaboração de códigos de segurança para instalações elétricas nos Estados Unidos. Sobre o tema em questão, o código inclui requisitos específicos para esses sistemas, com o objetivo de reduzir os riscos inerentes à essa atividade para os bombeiros dos EUA. Um dos requisitos do é que as usinas sejam equipadas com um interruptor de desligamento de emergência (ESD). O ESD é um dispositivo que permite que os bombeiros desliguem a energia do sistema fotovoltaico de forma remota (Vinturini, 2019b).

Outro requisito do NEC é que os sistemas fotovoltaicos sejam marcados de forma clara e visível. As marcações devem indicar a presença de um sistema

fotovoltaico e os perigos associados a ele. Exige, ainda, que sejam instalados e mantidos de acordo com as normas de segurança. Isso ajuda a garantir que os sistemas sejam seguros para os bombeiros e para outras pessoas (IEA, 2017).

## 2.6. Normativa nacional

No Brasil, as normas relacionadas a instalações elétricas vieram primeiramente da ABNT. Fundada em 1940 como o único foro nacional de normatização, a Associação tinha o intuito inicial de padronizar as normas utilizadas pelos laboratórios. A NBR 5410, sobre instalações elétricas de baixa tensão como é conhecida hoje, teve sua primeira publicação em 1941 (Rino; Santos, 2013).

Nesse mesmo contexto, buscando a melhoria das condições de trabalho, foram elaboradas as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego em 1978. A primeira Norma Regulamentadora (NR) 10 visava a mitigação dos riscos contra choques elétricos. Em 1983, essa norma, juntamente com outras normas regulamentadoras, passou por revisões, mas foi somente em 2004 que a NBR 5410 sofreu modificações relevantes (Rino; Santos, 2013).

A NBR 5410/2004 apresenta os critérios de projeto de sistemas fotovoltaicos, porém de forma generalista. No ano de 2016, a ABNT estabeleceu uma comissão para desenvolver uma norma que a complementasse, elaborando como resultado a NBR 16690. Ela teve por base a norma IEC/TS 62548/2016 – *Photovoltaic (PV) Arrays – Design requirements*, que especifica os requisitos de segurança para as características particulares dos sistemas fotovoltaicos (Ramos; Moreira, 2021).

Requisitos mínimos comuns a todos os projetos e instalações passam a existir na publicação da ABNT NBR 16690/2021. Com a chegada dessa norma, leva-se em conta, principalmente, a segurança das pessoas e do patrimônio antes não previstas, além de focar na eficiência do desempenho da geração obtida.

Segundo Hein (2022):

Os fatores de segurança apresentados na norma da ABNT estão voltados apenas para a proteção dos equipamentos da usina geradora de energia solar, não abordando em nenhum momento sobre a atuação dos militares em atendimentos que envolvam o desligamento dessa central. Os bombeiros seguem sua própria legislação, mas quando não há uma regulamentação interna específica, podem recorrer às Normas Regulamentadoras como referência. No entanto, ressalta-se que a NR 10, que aborda a Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, não oferece diretrizes específicas para sistemas fotovoltaicos.

Todavia, caso os profissionais não observem tais requisitos e não exerçam as chamadas boas práticas de engenharia, os problemas técnicos que existiam ligados a choques elétricos e sobretensões poderão continuar existindo. A norma somente terá valor se for seguida pelos profissionais (ABNT, 2021).

### **3. METODOLOGIA**

Para realização deste trabalho e o alcance das ações sistemáticas do objetivo geral e dos objetivos específicos, a metodologia adequada foi dada em classificação da pesquisa e procedimentos metodológicos.

#### **3.1. Classificação de pesquisa**

O presente artigo abordou os riscos associados sistemas fotovoltaicos na atuação dos Corpos de Bombeiros e analisou a problemática sobre o método indutivo, por meio da metodologia de natureza aplicada, com ênfase em pesquisa qualitativa e descritiva.

A classificação quanto à natureza aponta para pesquisa aplicada, dedicada à produção de conhecimento, sendo dirigida à busca de solução de sistema de proteção na atuação dos bombeiros militares em atendimentos que envolvam usinas solares.

Com relação aos objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória uma vez que buscará aprimorar ideias considerando aspectos relativos ao tema estudado. Para tanto, a pesquisa aplica-se por objetivar a geração de conhecimentos para aplicações práticas dirigidas à solução de problemas específicos (Gil, 2002).

Sobre a abordagem, esta pesquisa é qualitativa por considerar a interpretação de fenômenos e a atribuição de significados aos dados coletados por meio de interações sociais e analisados subjetivamente (Gil, 2002).

#### **3.2. Procedimentos metodológicos**

Os procedimentos técnicos utilizados incluíram a revisão da literatura e a pesquisa documental relacionadas à gestão de riscos em operações de combate a incêndio em edificações que possuam o sistema de geração de energia solar próprio. Por se tratar de uma pesquisa exploratória, os procedimentos aplicados

foram observacionais visando a análise das informações e a não intervenção direta sobre elas.

Para consolidação do levantamento dos dados, foram realizadas entrevistas, elaboradas pelo autor, com especialistas da área de energia solar e atendimento de socorro do CBMDF.

Além da pesquisa qualitativa por entrevista, este artigo também incorporou uma análise de dados relevantes relacionados à segurança contra incêndio em sistemas fotovoltaicos em diversos estados do Brasil. Esses dados foram coletados de múltiplas fontes, que incluem:

- Informações públicas sobre incidentes de incêndio em sistemas fotovoltaicos;
- Programas de especialização em segurança contra incêndio em sistemas fotovoltaicos;
- Protocolos normativos e procedimentos de resposta a incêndios para sistemas fotovoltaicos;
- Materiais de divulgação sobre segurança contra incêndio em sistemas fotovoltaicos.

De posse das informações documentais produziu-se uma análise técnica significativa sobre a situação atual da segurança contra incêndio em sistemas fotovoltaicos no Brasil. Essas informações foram fundamentais para identificar lacunas e oportunidades de aprimoramento nesta área específica.

### **3.3. Instrumento de pesquisa**

Para melhor estruturar a pesquisa, este artigo utilizou dois tipos de instrumentos. O primeiro foi a entrevista com especialistas no assunto com objetivo de obtenção de dados que interessam à investigação. O segundo instrumento foi a pesquisa documental com foco na extração de informações, eventos e tendências contidas nos documentos.

A entrevista com especialistas é uma técnica de pesquisa qualitativa que permite a obtenção de informações detalhadas e aprofundadas sobre um

determinado assunto. Essa técnica é particularmente adequada para pesquisas exploratórias, nas quais o objetivo é compreender um fenômeno de forma abrangente.

Diante do exposto nos objetivos específicos do trabalho em epígrafe na introdução, foram realizadas entrevistas com especialistas em Combate a Incêndio Urbano acerca das necessidades de apresentação desses sistemas para os militares da corporação de maneira que possam atuar com segurança nos sinistros em edificações que apresentam esse tipo de geração de energia. Foram entrevistados dois militares especialistas onde cursaram o Curso de Operações e Incêndio Urbano além outras especializações externas, quais sejam:

- **Tenente-Coronel** Paulo Fernando **Leal** de Holanda Cavalcanti – Comandante do Grupamento de Combate a Incêndio Urbano;
- **Subtenente** Fábio **Carvalho** Gomes de Castro – Especialista e Instrutor de Combate a Incêndio Urbano.

As entrevistas foram conduzidas por telefone ou e-mail, com duração média de 30 minutos. O questionário foi desenvolvido com base em uma revisão da literatura sobre segurança de sistemas fotovoltaicos. As entrevistas foram gravadas e transcritas. Os dados foram analisados de forma qualitativa, com base na análise de conteúdo. O questionário incluiu questões sobre os seguintes tópicos:

- Percepção dos riscos associados aos sistemas fotovoltaicos para bombeiros;
- Medidas de segurança adotadas para reduzir os riscos;

Quanto a pesquisa documental, como instrumento de pesquisa, foi utilizada para se concentrar na coleta e exame sistemático de documentos sobre o tema estudado com o objetivo de extrair informações relevantes e dados específicos. Os documentos principais para esta análise foram:

- Documento 1: "*Fire Fighter Safety and Emergency Response for Solar Power Systems*" (*The Fire Protection Research Foundation*);

- Documento 2: *"Firefighter Safety and Photovoltaic Installations Research Project"* (Underwriters Laboratories).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se nesta seção os resultados obtidos nas entrevistas e nas pesquisas documentais relativas à proposição de apresentação de um boletim de informação técnica profissional juntamente com um vídeo de sugestão de procedimentos de segurança a serem realizados pelos militares diante de atendimentos em estruturas que possuam geração de energia solar própria.

Cavalcanti (2023, apêndice C) acredita na importância dos treinamentos e regulamentações de segurança para os sistemas fotovoltaicos como tópicos necessários na formação de bombeiros, enfatizando a segurança como valor fundamental. Embora o Curso de Operações em Incêndio (COI) aborde o tema de gerenciamento da eletricidade, o curso não abrange o tema de sistemas de energia solar.

Carvalho (2023, apêndice D) considerou que o maior desafio que a tropa enfrenta sobre o tema é a falta de familiaridade e conhecimento teórico e prático sobre o assunto.

A ideia de que os sistemas de energia solar representam inúmeros riscos, como menciona Cavalcanti (2023, apêndice C), corrobora com o artigo Riscos e Soluções de Segurança em Sistemas Fotovoltaicos citado na revisão bibliográfica uma vez que os bombeiros estão potencialmente expostos a uma variedade de riscos sérios, como arco elétrico, choques elétricos, quedas e riscos de queimadura térmica que podem causar ferimentos e morte.

De acordo com os entrevistados, há um consenso de que o conhecimento sobre usinas de energia solar não é fornecido nos cursos de especialização ou de formação do CBMDF.

Ambos concordaram que, de modo geral, os bombeiros não possuem conhecimento técnico adequado para lidar com ocorrências envolvendo tais sistemas. Carvalho (2023, apêndice D) analisa que o conhecimento que militares possuem é apenas teórico e básico.

Cavalcanti (2023, apêndice C) afirma que os bombeiros poderiam ser mais bem capacitados para lidar com ocorrências envolvendo as especificidades do sistema fotovoltaico com o auxílio do conhecimento técnico das empresas especializadas. Essas parcerias são relevantes e qualificadas uma vez que, por serem detentores do conhecimento das instalações dos sistemas fotovoltaicos poderiam fomentar os treinamentos junto as corporações de bombeiro garantindo a confiabilidade na operação do sistema. Reforça, ainda, que este nível de conhecimento deveria ser difundido desde a formação, de maneira básica como desenergização, até em treinamentos de Estratégia e Tática de Combate a Incêndio Urbano.

No entanto, além da parte formativa dos bombeiros, deve haver uma interação com os órgãos responsáveis pela elaboração da normatização no que tange a segurança dos sistemas fotovoltaicos. Tal pensamento corrobora com a normativa de outros países, como apresentado no artigo internacional *Photovoltaic Power Systems Programme* citado na revisão bibliográfica que apresentam protocolos para atuação mais segura dos militares.

Um protocolo de segurança para atendimentos que envolvam painéis fotovoltaicos voltado para bombeiros e comandantes de socorro. Esse protocolo apresenta abordagens para garantir a segurança nessas ocorrências, táticas de combate, além de treinamentos (Cavalcanti, 2023, apêndice C).

É notável, assim, a importância de vincular a teoria à prática para fortalecer o conhecimento dos militares sobre o assunto, resultando em benefícios mútuos tanto para os bombeiros quanto para a instituição. Carvalho (2023, apêndice D) destaca a relevância de trazer conhecimentos externos por meio de palestras com especialistas e visitas técnicas incluindo a possibilidade de estabelecer uma parceria com empresas e fabricantes do ramo de energia fotovoltaica.

Diante das entrevistas e análise das respostas obtidas, fica evidente a importância de promover a disseminação do conhecimento sobre atendimento de sinistros em edificações que possuam usinas geradoras de energia solar. Sendo de importância relevante a integração desse conhecimento na base dos cursos de formação e especialização da instituição, além da capacitação

continuada com intuito de manter sempre atualizado o procedimento de atendimento a ocorrências dessa natureza.

É importante ressaltar que a pesquisa possui limitações em relação ao número de militares entrevistados, pois a corporação conta com diversos especialistas em Combate a Incêndio Urbano que poderiam contribuir com seus conhecimentos e opiniões sobre o assunto, enriquecendo ainda mais este estudo. No entanto, as informações obtidas nas entrevistas foram suficientes para alcançar um dos objetivos específicos estabelecidos na introdução e confirmar a motivação deste trabalho.

Cabe mencionar que não foram identificadas diferenças significativas entre as respostas dos entrevistados. As entrevistas proporcionaram resultados relevantes, em consonância com o objetivo inicial estabelecido, confirmando a ideia central deste trabalho: a importância crucial de difundir conhecimentos dentro do CBMDF sobre os riscos no atendimento a incêndios em edificações com sistemas fotovoltaicos.

As entrevistas revelaram que os especialistas consideram que os sistemas fotovoltaicos representam riscos significativos para bombeiros. Os principais riscos identificados foram:

- Choque elétrico;
- Queimaduras térmicas;
- Exposição a substâncias tóxicas;
- Dificuldade de acesso aos sistemas fotovoltaicos.

Os entrevistados também relataram que as medidas de segurança adotadas para reduzir os riscos são inadequadas. As principais medidas identificadas foram:

- Marcação dos sistemas fotovoltaicos;
- Desligamento manual da energia;
- Treinamento de bombeiros.

Os militares recomendaram a adoção de medidas de segurança mais eficazes para reduzir os riscos associados aos sistemas fotovoltaicos. As principais recomendações foram:

- Instalação de dispositivos de desligamento automático da energia;
- Marcação clara e visível dos sistemas fotovoltaicos;
- Treinamento específico de bombeiros para atender ocorrências em edificações com sistemas fotovoltaicos.

Sob a ótica da pesquisa documental dos estudos norte-americanos apresentados nos itens 2.3 e 2.4 da revisão bibliográfica, o fator principal motivou a elaboração desses estudos foi a fomentação e produção de conteúdo de qualidade para disseminar conhecimento de gerenciamento de riscos para os bombeiros. Através da avaliação detalhada do conteúdo abordado pelos artigos, foi possível concluir que a desenergização dos sistemas fotovoltaicos é um tópico de importante relevância na fase de reconhecimento de uma ocorrência de combate a incêndio.

Seguindo esse raciocínio, atenção especial deve ser dada para os equipamentos autônomos que possuem conjuntos de baterias. Nesse sentido, os documentos apontam de maneira enfática a importância de estar devidamente equipado para realização de combate a estruturas de baterias, além de indicar os melhores agentes extintores que devem ser utilizados.

Sobre os agentes extintores, o estudo da *Underwriters Laboratories* apresenta os testes realizados com jatos de água diretamente aplicados à placas e às caixas de quadro de energia do sistema. Os resultados foram relevantes, afirmando que a distância de segurança para aplicar jatos de água nos painéis, em caso de incêndio diretamente proveniente desses componentes, deve ser acima de 6m (20 pés) devendo fazer uso de jato neblinando, evitando o jato compacto. Já sobre os quadros metálicos de energia, foi constatado alto risco de choque elétrico, sendo aconselhado, neste caso, que seja evitado qualquer tipo de jato de água nestes componentes.

Quanto à avaliação dos dados relativos pesquisa documental referente à segurança contra incêndios em sistemas fotovoltaicos nos estados do Brasil

revelou a existência de desafios a serem enfrentados para assegurar a segurança dessas usinas.

Dentre os principais desafios destacam-se a necessidade de:

- Aumentar a conscientização acerca dos riscos associados aos sistemas fotovoltaicos;
- Fortalecer os protocolos normativos e as medidas de resposta a incêndios relacionados aos sistemas fotovoltaicos;
- Aprimorar a capacitação dos profissionais envolvidos na instalação, manutenção e operação de sistemas fotovoltaicos.

As informações obtidas a partir da análise desses dados serão utilizadas como base para a formulação de recomendações destinadas a melhorar a segurança contra incêndios em sistemas fotovoltaicos no Brasil.

Os resultados deste estudo diante dos instrumentos de pesquisa apresentados indicam que os sistemas fotovoltaicos representam riscos significativos para bombeiros. As medidas de segurança adotadas atualmente são inadequadas e não são suficientes para garantir a segurança dos bombeiros. Dessa forma, a produção de conteúdo cientificamente comprovado com informações técnicas profissionais para atuação das equipes dos Corpos de Bombeiros de forma segura e consciente é extremamente válida, uma vez que a grande maioria dos estados não possui material sobre a temática. A elaboração de um BITP será útil para colaboração da disseminação deste conteúdo, não apenas para o CBMDF, mas para corporações de todo o Brasil.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a expansão do emprego da energia solar em construções, as atividades realizadas pelos Corpos de Bombeiros Militares têm se tornado mais arriscadas devido à exposição a perigos potencialmente não familiarizados. Portanto, é de extrema importância adquirir um entendimento abrangente dos sistemas de geração fotovoltaica, bem como identificar e avaliar os riscos associados, com o objetivo de estabelecer protocolos e procedimentos uniformizados destinados a garantir a segurança dos bombeiros.

Segundo a doutrina vigente no CBMDF, uma das fases cruciais para uma atuação organizada e segura de atendimento a ocorrência de combate a incêndio é o reconhecimento. Neste primeiro contato com o local sinistrado, muitos conhecimentos são exigidos como resposta do comandante de socorro. Dentre estes, uma das primeiras ações que devem providenciar em qualquer edificação é o desligamento dos sistemas elétricos para mitigar o risco de choques elétricos.

No entanto, na maioria das edificações que possuem sistemas fotovoltaicos, a tecnologia empregada nestes sistemas possui um circuito de corrente contínua que liga os painéis fotovoltaicos ao inversor e esta parte da instalação não é desenergizada quando do desligamento de chaves seccionadoras do quadro geral da estrutura. Este circuito normalmente é formado por longos cabos, que saem dos módulos instalados no telhado e adentram na edificação até o inversor. Os inversores são normalmente localizados em local abrigado dentro da construção, em um lugar distante dos módulos. Nestes casos, a parte de corrente contínua permanece oferecendo riscos de choque mesmo após a desenergização do circuito de corrente alternada.

Neste trabalho, o tema em questão foi analisado primeiramente por uma pesquisa bibliográfica através da qual foram elencados os principais riscos que os bombeiros estão expostos ao realizar atividades de combate a incêndio em edificações que possuam essa tecnologia. Ainda nesse foco, foram realizadas pesquisas documentais de artigos científicos que avaliaram especificamente as

ações de bombeiros diante de sistemas fotovoltaicos, além da entrevista com especialistas para avaliar o contexto no qual os militares estão atualmente envolvidos.

Por meio dos instrumentos de pesquisa utilizados, foi possível acessar conhecimentos científicos aplicáveis às necessidades apresentadas pelos especialistas quanto a familiarização com essas instalações. Dessa forma, o objetivo principal do artigo foi alcançado com a formulação de um BITP (apêndice A) direcionado para melhor preparar os militares para ocorrências em edificações que possuam usinas geradores de energia solar.

Por se tratar de uma fonte de energia limpa e em crescimento acentuado no Brasil, as corporações devem dedicar-se na produção de conteúdo de forma a disseminar as informações para a tropa para minimizar os riscos de acidentes envolvendo militares. Com propósito de contribuir para formalização desses conhecimentos de segurança, um dos produtos deste trabalho é um vídeo institucional (apêndice B) que apresenta, de maneira clara e sucinta, como deve ser realizado o desligamento de uma caixa de junção e de um inversor. Este material permite a apresentação visual do equipamento e o reconhecimento das chaves seccionadoras mais importantes do sistema. A finalidade é ambientar os militares do CBMDF, e de outras corporações, a reconhecerem os itens e mitigando os riscos com conhecimentos específicos e adequados.

No mesmo sentido, o CONACI listou uma série de ações a serem tomadas para garantir a exigência dessas capacitações. Entre elas, a necessidade de uma evolução normativa seguindo o exemplo de nações desenvolvidas que já adotaram padrões regulatórios com esse enfoque. Vários países já reconheceram esses aspectos e revisaram suas normas em resposta a uma série de incidentes e tragédias que ocorreram em eventos dessa natureza. Os dados mostraram ainda que a introdução de assuntos relacionados aos sistemas geradores de energia com painéis fotovoltaicos na formação e capacitação dos bombeiros é uma das formas de proteger os profissionais.

Nesse contexto, é necessário envolver ativamente os corpos de bombeiros na elaboração dessas normas de segurança. A experiência e

expertise das corporações no combate a incêndios e atendimento de emergências as tornam instituições indispensáveis na definição de diretrizes eficazes e realistas. A participação dos bombeiros nesse processo de normatização garante uma abordagem abrangente e prática, considerando as particularidades das operações e os desafios enfrentados pelos militares.

A pesquisa revelou limitação relacionada à quantidade de militares entrevistados. É fato que a corporação possui muitos especialistas em combate a incêndio urbano, todos eles potenciais contribuidores valiosos com seus conhecimentos e perspectivas. No entanto, foi constatado que o conhecimento sobre o tema ainda não está devidamente disseminado de forma curricular e estruturada para tropa, conforme confirmado pelo atual Comandante do Grupamento de Prevenção e Combate a Incêndio Urbano (GPCIU).

Como forma de trabalhar essa restrição, a coleta de informações concentrou-se em militares específicos que receberam treinamento externo sobre o assunto, cumprindo um dos objetivos específicos estabelecidos na introdução e validando, assim, a motivação subjacente a este trabalho.

Outra limitação relevante foi a tentativa malsucedida de entrevista com especialista internacional Capitão Richard Birt, fundador da *Solar and Fire Education* e instrutor dos bombeiros dos EUA. Após 30 anos de carreira, Richard dedica-se aos estudos sobre atuação das equipes de bombeiros em edificações que possuam sistemas fotovoltaicos. Seria de extrema importância embasar os resultados deste artigo nos conhecimentos deste profissional, mas devido às demandas de instrução que ele esteve empenhado a nível mundial, não foi possível realizar a entrevista.

Diante dos dados coletados, evidencia-se, portanto, que a conscientização sobre os riscos associados ao atendimento de incêndios em edificações com sistemas fotovoltaicos é de suma importância. Para capacitar adequadamente os bombeiros, é essencial integrar o conhecimento teórico e prático sobre o tema nos cursos de formação e especialização do CBMDF.

Com base nos resultados deste estudo, portanto, recomenda-se a adoção das seguintes medidas para melhorar a segurança dos sistemas fotovoltaicos:

- A instalação de dispositivos de desligamento automático da energia é uma medida eficaz para reduzir o risco de choques elétricos;
- A marcação clara e visível dos sistemas fotovoltaicos é uma medida importante para ajudar os bombeiros a identificar os sistemas e tomar as medidas de segurança necessárias;
- O treinamento específico de bombeiros para atender ocorrências em edificações com sistemas fotovoltaicos é uma medida essencial para garantir a segurança dos bombeiros.

Isto posto, para continuidade da produção de conteúdo dessa linha de conhecimento, propõe-se estabelecer parcerias estratégicas com empresas especializadas no setor fotovoltaico, por meio de palestras, visitas técnicas e treinamentos, contribuiria para uma abordagem mais ampla e atualizada.

Sugere-se como uma área de pesquisa futura a identificação de zonas de risco onde instalações de energia fotovoltaica possam estar localizadas no Distrito Federal. Isso permitiria fornecer aos Grupamentos de Bombeiro Militar informações sobre a localização de edifícios com riscos relacionados a sistemas fotovoltaicos, bem como mapear os diferentes tipos de tecnologia usados em cada caso. Como demonstrado neste artigo, as especificações podem variar dependendo do tipo de usina.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 16690**: Padronização e segurança. Rio de Janeiro: ABNT 2021.

ABSOLAR. Energia solar fotovoltaica no Brasil: infográfico. **Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica**, 03 mar. 2022. Artigos técnicos. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/capacidade-de-producao-da-energia-solar-no-primeiro-semester-de-2023-supera-todo-o-resultado-de-2022/>. Acesso em: 09 out. 2023.

ALLIANZ GLOBAL CORPORATE & SPECIALTY. Fire hazards of photovoltaic (PV) systems. In: **Tech Talk**, v. 8, 2019.

BADRA, M. Os reais riscos de incêndios em sistemas fotovoltaicos. **Canal Solar**, 14 mai. 2020. Artigos técnicos. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/saiba-os-reais-riscos-de-incendios-em-sistemas-fotovoltaicos/>. Acesso em: 20 jun. 2022.

BORGES, D. Corrente Contínua e Alternada: o que é, características e aplicações. **Conhecimento Científico**, 16 jul. 2021. Artigos técnicos. Disponível em: <https://conhecimentocientifico.com/corrente-continua/>. Acesso em: 07 dez. 2022.

CBMGO. **Riscos da eletricidade**. Disponível em: [https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2021/05/Artigo-Riscos-da-Eletricidade\\_ed140-1.pdf](https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2021/05/Artigo-Riscos-da-Eletricidade_ed140-1.pdf). Goiânia, 2021. Acesso em: 27 jun. 2023.

DAMASCENO, P. A. C. Proteção contra Incêndio em Sistemas Fotovoltaicos. Junho, 2021. **MIFIRE**. Disponível em: <https://www.mifire.com.br/2021/06/07/protecao-contraincendio-em-sistemas-fotovoltaicos/>. Acesso em: 20 jun. 2022.

DINI, D. A.; BACKSTROM, R. Firefighter Safety and Photovoltaic Installations Research Project. In: **United States Department of Homeland Security (DHS)**. Northbrook, 29 nov 2011. Disponível em: <https://fsri.org/research/firefighter-safety-and-photovoltaic-systems>. Acesso em: 08 out 2023.

DHERE, N. G.; SHIRADKAR, N. S. Fire hazard and other safety concerns of photovoltaic systems. In: **Journal of Photonics for Energy**. Florida, 14 dez 2012.

FIGUEIRA, Alysso. [Carta]. Destinatário: André Pepitone, Diretor Geral da ANEEL. **CONACI**. Disponível em: <https://www.revistaemergencia.com.br/wp-content/uploads/2022/03/Carta-CONACIANEEL.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2023.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRANT, C. C. Fire Fighter Safety and Emergency Response for Solar Power Systems. In: **The Fire Protection Research Foundation**. Massachusetts, out 2013. Disponível em: [chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://portal.ct.gov/-/media/CFPC/\\_old\\_files/ReportFFTacticsSolarPower51210pdf.pdf?la=em](chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://portal.ct.gov/-/media/CFPC/_old_files/ReportFFTacticsSolarPower51210pdf.pdf?la=em). Acesso em: 08 out 2023

HEIN, H. Bombeiros solicitam normas para conter incêndios em sistema FV. **Canal Solar**, 14 abr. 2022. Artigos técnicos. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/bombeiros-solicitam-normas-para-conter-incendios-em-sistemas-solares/>. Acesso em: 13 jun. 2023

IEA. International Energy Agency. Photovoltaics and Firefighters' Operations: Best Practices in Selected Countries. In: **Report - Photovoltaic Power Systems Programme**. 09 dez 2017.

JOI. Guia completo módulo fotovoltaico. **Energês**, 17 mar. 2020. Artigos técnicos. Disponível em: <https://energes.com.br/guia-completo-modulos-fotovoltaicos/>. Acesso em: 27 dez. 2022.

MIRANDA, S. Você sabe o que é uma usina de energia solar? **Canal Solar**, 28 jun. 2022a. Artigos técnicos. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/voce-sabe-o-que-e-uma-usina-de-energia-solar/>. Acesso em: 07 dez. 2022.

MIRANDA, S. Inversor solar, o que é e para que serve? **Canal Solar**, 24 mar. 2022b. Artigos técnicos. Disponível em: <encurtador.com.br/iIEM0> Acesso em: 07 27 dez. 2022.

MOREIRA, S. H. Diodos de bypass e de bloqueio nos sistemas de energia solar fotovoltaica. **Canal Solar**., 08 set. 2020. Artigos técnicos. Disponível em: <encurtador.com.br/tuETV>. Acesso em: 07 dez. 2022.

RAMALI, M. R.; NIZAM, N. A. F. M.; SAID, M. S. *et al* A Review on Safety practices for Firefighters During Photovoltaic (PV) Fire. In: **Fire technology**. 23 mai 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10694-022-01269-4> . Acesso em: 21 jun. 2022.

RAMOS, A. G.; MOREIRA, J. P. J. **Segurança em usinas fotovoltaicas conforma a NBR 16690:2019**. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021. Disponível em: [https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2019\\_1\\_37/2019\\_1\\_37\\_final.pdf](https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2019_1_37/2019_1_37_final.pdf) . Acesso em: 24 jun. 2022.

RINO, G.; SANTOS, S. M. S. Comparação entre as Normas NR 10 e NFPA 70E. **Intercursos Revista Científica**. v. 12, p. 1-16, 2013. Disponível em: <https://revista.uemg.br/index.php/intercursosrevistacientifica/article/view/2406/1370>. Acesso em: 20 jun 2022.

SEE Energia. Estudo de caso: incêndio em inversor solar fotovoltaico. **SEE Energia**, 9 nov. 2020. Disponível em: <https://see-energia.com/blog/incendio-em-inversor-solar-fotovoltaico/>. Acesso em: 21 jun. 2022.

SEPANSKI, A.; REIL, F.; VAABEN, W.; JANKNECHT, E. *et al.* Assessing Fire Risks in Photovoltaic Systems and Developing Safety Concepts for Risk Minimization **German Solar Department Guidelines Manual**. Alemanha, jul. 2018.

SILVA, R. S. R. **A importância da disciplina segurança em eletricidade nos cursos de capacitação profissional para praças bombeiro militar no estado de Goiás pelo CBMGO**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Academia de Bombeiro Militar – CBMGO) Disponível em : <https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2016/06/tcc-rodrigossuzano-rodrigues-silva-a-importancia-da-implantacao-da-disciplina-segurancaem-eletricidade-nos-cursos-de-capitacao-profiss1.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2023.

SOUSA, R. "Energia Solar"; **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/energia-solar.htm>. Acesso em: 07 dez. 2022.

SOUZA, P. J. Riscos e as soluções de segurança em sistemas fotovoltaicos. **ECORI Energia**, 12 fev. 2019. Artigos técnicos. Disponível em: <https://www.ecorienergiasolar.com.br/artigo/conheca-os-riscos-e-as-solucoes-de-seguranca-em-sistemas-fotovoltaicos> Acesso em: 10 jul. 2023.

VINTURINI, M. Entenda as especificações básicas dos componentes da string box. **Canal Solar**, 22 set. 2019a. Artigos técnicos. Disponível em: [encurtador.com.br/jpBHY](http://encurtador.com.br/jpBHY). Acesso em: 27 dez. 2022.

VINTURINI, M. Diodos de by-pass e hot spots dos módulos fotovoltaicos. **Canal Solar**, 14 out. 2019b. Artigos técnicos. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/diodos-de-bypass-e-hot-spots-dos-modulos-fotovoltaicos/>. Acesso em: 26 dez. 2022.

ZANINI, F. Risco de incêndios em estruturas de energia solar. **Política Livre**, 06 mai. 2022. Artigos técnicos. Disponível em: <https://politicalivre.com.br/2022/05/em-carta-bombeiros-alertam-para-risco-de-incendios-em-estruturas-de-energia-solar/#gsc.tab=0>. Acesso em: 10 jul. 2023

## APÊNDICE A - ESPECIFICAÇÃO DO PRODUTO

1. **Aluno:** Cadete BM/2 Clara Perpétuo de Oliveira
2. **Nome:** Boletim de informação técnico profissional (BITP)
3. **Descrição:** Este produto, além da fundamentação básica teórica sobre os sistemas de geração de energia fotovoltaica, apresenta um protocolo de atendimento a ocorrências em estruturas que possuam esse sistema. O boletim reúne abordagens de mitigação de riscos quanto a energização da edificação advindas de diversas fontes de estudo que avaliam os equipamentos de energia solar diante da atuação das equipes de corpos de bombeiros.
4. **Finalidade:** Disseminar conhecimento referente a mitigação de riscos quanto a eletricidade quando o atendimento é realizado em edificação que possua sistema de geração de energia fotovoltaico.
5. **A quem se destina:** Militares do CBMDF e de corporações de Corpos de Bombeiros Militares de outros estados da Federação.
6. **Funcionalidades:** Não se aplica.
7. **Especificações técnicas:** Com foco na proposta da Portaria nº 21 de 28 de maio de 2002 do CBMDF publicada no Boletim Geral nº 101 de 29 de maio de 2002 que cria o Boletim de Informação Técnico-Profissional (CBMDF, 2002), este produto foi confeccionado no processador de texto *Word*, desenvolvido pela Microsoft®. Possui 7 páginas que podem ser divulgadas na forma impressa ou digital. Para a versão digital está salvo no formato .pdf (*Portable Document Format*). Para impressão, é desejável que seja em papel sulfite de tamanho A4, nas medidas 297x210mm, sem comprometimento da qualidade das imagens.
8. **Instruções de uso:** Sugere-se que o conteúdo deste boletim, além da divulgação nos meios de comunicação internos do CBMDF, esteja disponível a todos os interessados por meio da intranet da corporação.
9. **Condições de conservação, manutenção, armazenamento:** Não se aplica.

## APÊNDICE B - ESPECIFICAÇÃO DO PRODUTO

1. **Aluno:** Cadete BM/2 Clara Perpétuo de Oliveira
2. **Nome:** Vídeo institucional para rede social com foco nos militares
3. **Descrição:** Este produto apresenta um protocolo básico de reconhecimento de edificação que possui sistema de geração de energia própria e a forma de abordagem do solicitante ou proprietário ao coletar informações importantes de localização da caixa de junção e quadro de energia. O vídeo proporciona, de maneira visual e clara, como deve ser realizado o desligamento das chaves seccionadores bem como do inversor, além de familiarizar visualmente o militar com o formato do aparelho comum nessas instalações. O produto abrange, ainda, informações sobre tecnologia de micro inversores e sistemas autônomos com banco de baterias.
4. **Finalidade:** Disseminar conhecimento referente a mitigação de riscos quanto a eletricidade quando o atendimento é realizado em edificação que possua sistema de geração de energia fotovoltaico.
5. **A quem se destina:** Militares do CBMDF e de corporações de Corpos de Bombeiros Militares de outros estados da Federação.
6. **Funcionalidades:** Não se aplica.
7. **Especificações técnicas:**
  - Arquivo em formato .mp4
  - Qualidade de gravação: high definition
  - Formato de tela: 16:9
  - Duração: 01'52"
  - Atores: Cad./43 Clara Perpétuo
  - Edição: Cad./43 Clara Perpétuo
  - Roteiro: Cad./43 Clara Perpétuo

TEMPO	CENA	ÁUDIO/LEGENDA
00' – 00'13"	Apresentação do reconhecimento inicial	Uma das primeiras ações que os bombeiros precisam realizar quando chegam a uma ocorrência de incêndio é o desligamento da energia. Mas, se chegando ao local a

	de uma edificação com geração de energia solar	equipe se deparar com uma propriedade que tem geração de energia própria. O que fazer?
00'13" – 00'44"	Como realizar a abordagem com o solicitante	A guarnição precisa buscar 2 informações importantes com o solicitante. - 1ª: Se o sistema tem um quadro de energia separado do principal (neste caso, a tecnologia será conhecida como String box e apresentará um equipamento chamado inversor). Caso contrário, o sistema será de micro inversores; - 2ª: Se a propriedade tem um banco de baterias (caso de sistemas autônomos).
00'44" – 00'58"	Reconhecimento string box	No 1º caso, ao identificar o local do inversor deve-se procurar pela existência de uma string box. Ao desativar os seus disjuntores, a corrente contínua que vem dos painéis fotovoltaicos será cortada.
00'58" – 1'12"	Desligamento por meio dos inversores	Caso não haja uma string box no local, você pode cortar a corrente desligando o próprio inversor.  Em ambos os casos, ainda haverá corrente contínua nos cabos pretos e vermelhos presentes até o inversor.
1'12" – 1'22"	Casos de tecnologia de micro inversores	Se a tecnologia for de micro inversores, o local não terá um quadro elétrico a parte. Bastará desligar o quadro geral comum e a tensão ficará restrita aos painéis solares.
1'22" – 1'37"	Casos de sistemas autônomos com bancos de baterias	No caso de presença de conjunto de baterias, é importante que toda a equipe esteja ciente da sua localização e os devidos cuidados quanto ao seu gerenciamento.  Aqui, cuidado máximo! Pois as baterias continuarão energizadas mesmo após o desligamento do sistema!

1'37" – 1'52"	Advertência	Mas, atenção! Em todos os casos apresentados, as placas no telhado e a fiação até o quadro de energia continuarão energizados enquanto houver luz!  Vidas alheias e riquezas salvar!  193
---------------	-------------	---

8. **Instruções de uso:** Sugere-se que o conteúdo deste vídeo, além da divulgação nos meios de comunicação internos e externos do CBMDF, esteja disponível a todos os interessados por meio da intranet da corporação.

9. **Condições de conservação, manutenção, armazenamento:** Não se aplica.

10. **Link de acesso:**

<https://drive.google.com/drive/folders/188FBcAXvPocX3Rzlc2OwUmIY9NxsGRtL?usp=sharing>

11. **QR Code**



## **APÊNDICE C – ENTREVISTA COM O COMANDANTE DO GPCIU**

Senhor Ten-Cel QOBM/Comb. Paulo Fernando Leal de Holanda Cavalcanti, Comandante do Grupamento de Prevenção e Combate a Incêndio Urbano (GPCIU), do CBMDF, convido-o a participar da pesquisa intitulada “Painéis fotovoltaicos e suas instalações elétricas: riscos para os bombeiros em ocorrências que envolvam usas geradoras de energia solar”, por meio de uma entrevista a respeito das suas perspectivas sobre:

1. A realidade de instrução sobre o tema de energia fotovoltaica para seus militares;
2. Implementação de um protocolo de atuação em edificações que envolvam esse sistema.

O projeto está sob a orientação Ten-Cel. RRm QOBM/Comb. Thiago Palacio John, e sob a supervisão do Cap. QOBM/Compl. Rafael Costa Guimarães, instrutor da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso, no 2º ano do Curso de Formação de Oficiais na Academia de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

A finalidade deste estudo é: realizar uma análise dos riscos de atuação dos Bombeiros Militares em edificações que possuam usinas geradoras de energia fotovoltaica, considerando aspectos teóricos e práticos, para realização de um protocolo de operação padrão (POP) com essa temática.

A sua colaboração, gratuita, consistirá em fornecer dados relativos à sua expertise como comandante do GPCIU, como pesquisador e como instrutor de CIU.

Após análise e coleta de informações para a pesquisa, a entrevista ficará guardada em local seguro sob a responsabilidade do pesquisador durante 5 (cinco) anos e após este prazo será descartada. O senhor terá acesso ao material produzido, que só será utilizado após sua autorização expressa.

Informo que as informações retiradas da entrevista e inseridas no trabalho serão públicas, uma vez que constarão no acervo da Biblioteca da Academia de Bombeiros Militar (ABM) do CBMDF.

Em caso de dúvidas, o pesquisador e seu orientador se colocam à disposição, por meio dos seguintes contatos: Cad. BM/2 Clara Perpétuo, telefone (61) 99103-8402, e-mail: clara.perpetuo@gmail.com; Ten-Cel. RRM QOBM/Comb. Thiago Palacio John, telefone (61) 99939-0193.

Autorizo a entrevista: (X) SIM ( ) NÃO

Caso o participante opte pela AUTORIZAÇÃO, serão garantidos os seguintes direitos: os dados coletados serão utilizados, apenas, para gerar informações para a pesquisa e outras publicações decorrentes; e liberdade para interromper a participação na pesquisa a qualquer momento.

Declaro que li e entendi este formulário de consentimento e que todas as minhas dúvidas foram esclarecidas. Confirmo que sou voluntário a tomar parte neste estudo.

Brasília, 06 de julho 2023

Assinatura do voluntário

Assinatura do pesquisador

## **Entrevista com Comandante do Grupamento de Combate a Incêndio Urbano (GPCIU)**

**Posto/Quadro:** Ten-Cel. QOBM/Comb.

**Nome:** Paulo Fernando Leal de Holanda Cavalcanti

**Cargo:** Comandante do Grupamento de Combate a Incêndio Urbano

**Data da Entrevista:** 07/07/2023

1. Quais são os principais desafios enfrentados pelos bombeiros durante o atendimento a ocorrências em edificações com sistemas fotovoltaicos?

**Ten-Cel. Leal:** Entendo que nos incêndios em edificações, atualmente devido aos sistemas serem novos e pouco deteriorados, o desligamento do fornecimento de energia durante o dia, em especial, seria a principal dificuldade. A não obrigatoriedade de um sistema de Rapid Shutdown dificulta as ações de extinção de incêndio e salvamento nas edificações cada vez mais munidas de tais sistemas fotovoltaicos.

2. Na experiência do senhor, quais são os principais riscos aos quais os bombeiros estão expostos ao lidar com usinas fotovoltaicas em situações de sinistro?

**Ten-Cel. Leal:** A corrente contínua oferece o maior risco aos bombeiros, a tensão predial já é administrada por nós em ocorrências ordinárias de fornecimento de energia pelas concessionárias de energia mas a existência de uma usina geradora que só pode ser desligada por sistema consigo próprio aproxima os bombeiros de tensão e amperagem suficientes para causar morte dos interventores. Nossa roupa de combate a incêndio urbano possui resistência dielétrica para até 600 V, contudo em corrente alternada e baixa amperagem. Ademais, a falta de um sistema de lavagem faz com que essa tensão de segurança seja em muito decrescida.

3. Que instruções ou treinamentos específicos o senhor considera necessários para preparar os bombeiros para lidar efetivamente com ocorrências que envolvam sistemas fotovoltaicos?

**Ten-Cel. Leal:** As empresas que instalam os sistemas fotovoltaicos e que fabricam poderiam fomentar os treinamentos junto as cooperacows de bombeiro por meio de parceiras com investimentos no fornecimento dos diversos tipos de interrupções da energização de cabos e pontos de energia, garantindo a confiabilidade na operação do sistema. Basicamente o treinamento de interrupção, desenergização, seria elementar devendo estar inserido nos treinamentos de Estratégia e Tática de Combate a Incêndio Urbano.

4. Qual é a opinião do senhor sobre a normativa atual no Brasil em relação à segurança de sistemas fotovoltaicos em comparação com as normas internacionais que exigem dispositivos de segurança, sinalização adequada e tecnologias de desligamento rápido?

**Ten-Cel. Leal:** A normativa atual beneficia as empresas fornecedoras do sistema na medida em que não exige um botão de desligamento rápido ou outros elementos de segurança, como os de proteção de arco, entre outros.

O simples seguimento do que regem as normas internacionais em seu limite superior já bastaria para tornar as incursões em edificações dotadas de sistemas fotovoltaicos mais segura aos bombeiros.

5. Como o senhor vê o papel dos bombeiros no processo de fiscalização e verificação da conformidade das instalações fotovoltaicas em relação às normas de segurança?

**Ten-Cel. Leal:** Dentro da área de segurança contra incêndio as corporações de bombeiro deveriam em uníssonos exigir desde a concepção do projeto de incêndio o risco advindo da instalação dos sistemas fotovoltaicos e os parâmetros de desligamento rápido que facilitam e garantem a segurança dos bombeiros em operações nas edificações.

6. Quais são as melhores práticas ou medidas preventivas que o senhor recomendaria para garantir a segurança dos bombeiros em situações de sinistro com sistemas fotovoltaicos?

**Ten-Cel. Leal:** Primeira medida seria o treinamento com equipamentos, ou simulacros de sistemas fotovoltaicos. A segunda medida seria a exigência técnica do sistema de desligamento rápido, bem sinalizado e ao nível térreo das edificações, nível de acesso. Dentre estas o treinamento seria o mais importante na medida que deve ser o mais realista e adequado a realidade de equipamentos de segurança que possuímos.

7. O senhor poderia compartilhar exemplos de situações reais em que a segurança dos bombeiros foi afetada ou melhorada devido a dispositivos de segurança, sinalização adequada ou tecnologias de desligamento rápido em edificações com sistemas fotovoltaicos?

**Ten-Cel. Leal:** Os únicos relatos fidedignos são de ocorrências nos Estados Unidos da América, onde bombeiros quando em operação de ventilação tática cortaram com motosserras painéis fotovoltaicos e vieram a serem eletrocutados. Tal medida seria pouco provável no Brasil devido a nossa doutrina de anti-ventilação e a existência de edificações do tipo NFPA 5, contudo entendo ser preocupante a impossibilidade ou a necessidade de se subir ao teto das edificações em todas as intervenções em incêndios, isso seria impraticável na maioria das vezes, além de inseguro.

8. Existe alguma iniciativa em andamento no Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal para aprimorar a preparação e segurança dos bombeiros em ocorrências envolvendo sistemas fotovoltaicos?

**Ten-Cel. Leal:** Há a apreciação de normativa da ANEL para regulamentação do sistema, contudo o lobby das empresas em não instituir um botão ou sistema de desligamento rápido é grande e acaba abafando a real necessidade das corporações de bombeiro. Inclusive participei de reuniões na

casa legislativa federal e foi percepção e a imposição do mais barato a despeito do mais seguro.

9. Na opinião do senhor, quais são os principais desafios futuros em relação à segurança dos bombeiros em ocorrências com sistemas fotovoltaicos e como podemos abordá-los?

**Ten-Cel. Leal:** Fazer bons treinamentos dentro da formação inicial de bombeiros, CFO E CFP, além de permitir que a legislação e regulamentação relacionada seja preceito de segurança dos bombeiros e não de menor custo e viabilidade operacional e instalação dos sistemas.

## **APÊNDICE D – ENTREVISTA COM O ESPECIALISTA EM COMBATE A INCÊNDIO URBANO**

Senhor SubTen. QOBM/Comb. Fábio Carvalho Gomes de Castro, Especialista e Instrutor em Combate a Incêndio Urbano do CBMDF, convido-o a participar da pesquisa intitulada “Painéis fotovoltaicos e suas instalações elétricas: riscos para os bombeiros em ocorrências que envolvam usas geradoras de energia solar”, por meio de uma entrevista a respeito das suas perspectivas sobre:

1. A realidade de instrução sobre o tema de energia fotovoltaica para seus militares;
2. Implementação de um protocolo de atuação em edificações que envolvam esse sistema.

O projeto está sob a orientação Ten-Cel. RRm QOBM/Comb. Thiago Palacio John, e sob a supervisão do Cap. QOBM/Compl. Rafael Costa Guimarães, instrutor da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso, no 2º ano do Curso de Formação de Oficiais na Academia de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

A finalidade deste estudo é: realizar uma análise dos riscos de atuação dos Bombeiros Militares em edificações que possuam usinas geradoras de energia fotovoltaica, considerando aspectos teóricos e práticos, para realização de um protocolo de operação padrão (POP) com essa temática.

A sua colaboração, gratuita, consistirá em fornecer dados relativos à sua expertise como especialista e instrutor de CIU.

Após análise e coleta de informações para a pesquisa, a entrevista ficará guardada em local seguro sob a responsabilidade do pesquisador durante 5 (cinco) anos e após este prazo será descartada. O senhor terá acesso ao material produzido, que só será utilizado após sua autorização expressa.

Informo que as informações retiradas da entrevista e inseridas no trabalho serão públicas, uma vez que constarão no acervo da Biblioteca da Academia de Bombeiros Militar (ABM) do CBMDF.

Em caso de dúvidas, o pesquisador e seu orientador se colocam à disposição, por meio dos seguintes contatos: Cad. BM/2 Clara Perpétuo, telefone (61) 99103-8402, e-mail: clara.perpetuo@gmail.com; Ten-Cel. RRM QOBM/Comb. Thiago Palacio John, telefone (61) 99939-0193.

Autorizo a entrevista: (X) SIM ( ) NÃO

Caso o participante opte pela AUTORIZAÇÃO, serão garantidos os seguintes direitos: os dados coletados serão utilizados, apenas, para gerar informações para a pesquisa e outras publicações decorrentes; e liberdade para interromper a participação na pesquisa a qualquer momento.

Declaro que li e entendi este formulário de consentimento e que todas as minhas dúvidas foram esclarecidas. Confirmando que sou voluntário a tomar parte neste estudo.

Brasília, 06 de julho 2023

Assinatura do voluntário

Assinatura do pesquisador

## Entrevista com especialista em Combate a Incêndio Urbano

Tendo em vista a realização do Trabalho de Conclusão do Curso de Formação de Oficiais do CBMDF, de tema: *Painéis fotovoltaicos e suas instalações elétricas: Riscos para os bombeiros em ocorrências que envolvam usinas geradoras de energia fotovoltaicas*, solicito a Vossa Senhoria que se digne a realizar uma entrevista com este autor.

**Graduação/Quadro:** SubTen. QBMG-1.

**Nome:** Fábio Carvalho Gomes de Castro

**Data da Entrevista:** 07/07/2023

1. Quais são os principais desafios que você enfrenta como subtenente do Corpo de Bombeiros no combate a incêndios em edificações que possuem sistemas fotovoltaicos?

**SubTen. Carvalho:** Bom, quais são os principais desafios que eu entendo que eu encontro? Eu imagino que seja falta de conhecimento prático. Eu nunca enfrentei um incêndio em sistema fotovoltaico. Conhecimento que eu tenho é teórico e além de ser teórico é bem básico, porque assisti algumas palestras, mas não pratiquei nada daquilo e as informações vão se perdendo com o tempo. Então, tenho impressão de que meu maior desafio seja a falta de conhecimento.

2. Na sua experiência, quais são os riscos específicos que os bombeiros enfrentam durante a atuação em situações de sinistro envolvendo sistemas fotovoltaicos?

**SubTen. Carvalho:** Sobre os riscos específicos. Bom, eu imagino que seja a eletrocussão e explosão dos gases emanados pela bateria. Imagino que seja isso.

3. Você acredita que os bombeiros estão adequadamente preparados para lidar com incidentes que envolvam sistemas fotovoltaicos? Existem

treinamentos ou instruções específicas que você considera importantes para aprimorar a preparação dos bombeiros nesse contexto?

**SubTen. Carvalho:** Se nós estamos preparados e se eu conheço alguma instrução ou preparações específicas para isso? Sobre a preparação, acredito que não. A gente deve combater como sendo incêndio de classe C e as peculiaridades a gente vai descobrir após os primeiros incidentes envolvendo esses sistemas, imagino. E sobre as instruções, temos algumas instruções. Recebemos algumas palestras de autoridade estrangeiras, inclusive. Porém, treinamento não. As informações foram teóricas apenas. Não acredito que estejamos preparados, mas temos instruções.

4. Qual é a importância da sinalização adequada e da identificação dos sistemas fotovoltaicos em edificações durante as operações de combate a incêndios? Existem dificuldades ou desafios específicos relacionados a essa identificação?

**SubTen. Carvalho:** Bom sobre qual a sinalização e a identificação dos sistemas e se existem algumas dificuldades sobre isso? Eu acredito que sim. Existem dificuldades e eu não conheço a nova regulamentação dessa sinalização. Não sei como identificar em edificações se o prédio possui algum tipo de sistema fotovoltaico. Já nas residências baixas, a gente consegue identificar pelo telhado, mas prédios e edificações elevadas não sei como identificar isso. Então, acredito que exista uma deficiência na identificação.

5. Em sua opinião, quais medidas preventivas e dispositivos de segurança são essenciais para garantir a segurança dos bombeiros em ocorrências com sistemas fotovoltaicos? Você poderia citar exemplos de boas práticas nesse sentido?

**SubTen. Carvalho:** Sobre os dispositivos e segurança essenciais. Naquela palestra com americano, ele falou que estava tentando implementar lá nos estados unidos, bem distante da nossa cultura né? Aqueles disjuntores, uma espécie de transformador, que ficaria não ligado diretamente no painel. Ficaria

mais afastado, que seria mais seguro para os bombeiros por conta da voltagem que seria muito alta. Então, isso seria, de modo bem teórico no e bem afastado do meu conhecimento, seria uma prática positiva para corporação tentar implementar isso por meio de uma norma regulamentadora. Agora, meu conhecimento é bem pequeno sobre isso. Eu nunca enfrentei um incêndio como esse e os desafios que a gente vai enfrentar, não sei.

6. Qual é a sua percepção sobre a normativa atual no Brasil em relação à segurança dos sistemas fotovoltaicos? Você acredita que as normas brasileiras estão alinhadas com as práticas internacionais de segurança?

**SubTen. Carvalho:** Pelo que o americano falou, eles não tendo muita dificuldade implementar esse sistema que é mais seguro para atuação do corpo bombeiros. Aqui essa discussão se iniciou. Só que eu imagino, na minha opinião, que não possui norma que estabeleça isso, essa obrigação desses disjuntores não serem abaixo do painel, que é muito perigoso, mas mais afastado para termos a capacidade de desligá-lo de forma mais segura.

7. Existe alguma recomendação ou mensagem que você gostaria de transmitir aos colegas bombeiros e às autoridades competentes sobre a importância da segurança dos bombeiros em ocorrências com sistemas fotovoltaicos?

**SubTen. Carvalho:** Bom, eu gostaria de receber mais procedimentos, mais simples sobre esse tipo de coisa. Procedimento com uns 2, 3 passos sobre o que eu devo fazer em relação a incêndios envolvendo instalações fotovoltaicas. Gostaria de mais simplicidade sobre o que fazer, porque são tantas informações que a gente vai perdendo com o tempo. E algo mais simples seria algo mais fácil ser treinado, inclusive nos quartéis. E as autoridades responsáveis pela regulação, acho eu pediria também, além lógico, buscar pela nossa segurança a simplicidade na elaboração das normas. Acho que seria isso algo mais simples. Seria simplicidade.