



**SECRETARIA DE SEGURANÇA PÚBLICA
COORDENADORIA DE ENSINO – COE
COORDENAÇÃO DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO DE
ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO EM SEGURANÇA PÚBLICA**

RICARDO PEREIRA MUNDIM

**GERENCIAMENTO DE OCORRÊNCIAS COM VEÍCULOS ELETRIFICADOS:
Proposta de um Guia Técnico Operacional para o Corpo de Bombeiros Militar do Estado
de Goiás (CBMGO)**

GOIÂNIA – GO

2026



RICARDO PEREIRA MUNDIM

**GERENCIAMENTO DE OCORRÊNCIAS COM VEÍCULOS ELETRIFICADOS:
Proposta de um Guia Técnico Operacional para o Corpo de Bombeiros Militar do Estado
de Goiás (CBMGO)**

Artigo apresentado como exigência parcial para conclusão do Curso de Especialização em Gerenciamento em Segurança Pública - CEGESP, pela Secretaria de Segurança Pública do Estado de Goiás, sob a orientação do(a) Prof^a. Dra. Ana Paula de Toledo Vieira.

GOIÂNIA – GO

2026

**GERENCIAMENTO DE OCORRÊNCIAS COM VEÍCULOS ELETRIFICADOS:
Proposta de um Guia Técnico Operacional para o Corpo de Bombeiros Militar do Estado
de Goiás (CBMGO)**

**MANAGEMENT OF INCIDENTS INVOLVING ELECTRIFIED VEHICLES
Proposal for a Technical Operational Guide for the Goiás State Military Fire Department
(CBMGO)**

Ricardo Pereira Mundim¹
Ana Paula de Toledo Vieira²

Resumo: O crescimento da frota de veículos eletrificados no Brasil tem introduzido novos desafios aos serviços de emergência, especialmente nas ocorrências de salvamento veicular, em razão da presença de sistemas de alta tensão, baterias de íons de lítio e riscos específicos, como *thermal runaway* (fuga térmica) e reignição. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo propor um Guia Técnico Operacional para o Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (CBMGO), destinado ao gerenciamento de ocorrências envolvendo veículos eletrificados. Trata-se de uma pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa, com objetivos exploratório e descritivo, desenvolvida por meio de pesquisa bibliográfica e documental. Realizou-se análise comparativa de protocolos nacionais e internacionais, normas técnicas, documentos institucionais e publicações especializadas, visando identificar convergências, boas práticas e princípios operacionais aplicáveis à realidade do CBMGO. Os resultados evidenciaram elevado grau de convergência entre os referenciais analisados quanto aos princípios operacionais de gerenciamento das ocorrências, ao mesmo tempo em que demonstraram significativa variabilidade nas arquiteturas veiculares, nas características construtivas e nos procedimentos específicos entre fabricantes, modelos, versões e anos de fabricação. Esses achados indicam que a padronização dos princípios operacionais permanentes a e orientação dos profissionais, oportunizando a possibilidade de uma consulta às informações técnicas oficiais específicas referentes ao tipo de veículo envolvido, é a melhor forma de preencher essa lacuna. Deste modo, foi desenvolvido um *Guia Técnico Operacional* destinado a apoiar o gerenciamento seguro de ocorrências envolvendo veículos eletrificados no âmbito do CBMGO.

¹ Capitão do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, Pós Graduado em Urgência e Emergência (Unicamps). Especializando em Gerenciamento de Segurança Pública (SSP-GO).

² Doutora em Direitos Humanos, docente orientadora do Curso de Especialização em Gerenciamento em Segurança Pública (CEGESP), auxiliar da Seção de Pós-graduação da PMGO.

Palavras-chave: Veículos eletrificados; Salvamento Veicular; Gerenciamento de Ocorrências; Corpo de Bombeiros Militar; Guia Técnico Operacional.

Abstract

The growing number of electrified vehicles in Brazil has introduced new challenges for emergency services, particularly in vehicle rescue operations, due to the presence of high-voltage systems, lithium-ion batteries, and specific hazards such as thermal runaway and reignition. In this context, this study aimed to propose a Technical Operational Guide for the Goiás State Military Fire Department (CBMGO) to support the management of incidents involving electrified vehicles. This applied research adopted a qualitative approach with exploratory and descriptive objectives and was conducted through bibliographic and documentary research. A comparative analysis of national and international protocols, technical standards, institutional documents, and specialized publications was performed to identify convergences, best practices, and operational principles applicable to the CBMGO context. The results revealed a high degree of convergence among the analyzed references regarding the operational principles for incident management, while also demonstrating significant variability in vehicle architectures, design characteristics, and specific procedures among manufacturers, models, versions, and production years. These findings indicate that standardizing operational principles while guiding responders to consult official vehicle-specific technical information represents the most appropriate strategy to address this gap. Based on these findings, a Technical Operational Guide was developed to support the safe management of incidents involving electrified vehicles within the CBMGO.

Keywords: Electrified vehicles; Vehicle rescue; Emergency response; Technical Operational Guide; Fire department.

1 INTRODUÇÃO

A eletrificação da mobilidade constitui uma das mais relevantes transformações tecnológicas do setor automotivo nas últimas décadas. Impulsionada pelos avanços dos sistemas de propulsão elétrica, pelo desenvolvimento das baterias de íons de lítio e pelas políticas voltadas à redução das emissões de gases de efeito estufa, essa evolução tem promovido o crescimento contínuo da frota de veículos eletrificados em diversos países, incluindo o Brasil. Como consequência, amplia-se progressivamente a probabilidade de que ocorrências envolvendo essa tecnologia passem a integrar a rotina operacional dos serviços de emergência.

No contexto do salvamento veicular, essa transformação introduz novos desafios ao gerenciamento das ocorrências. Diferentemente dos veículos movidos exclusivamente por motores a combustão interna, os veículos eletrificados incorporam sistemas de alta tensão, baterias de elevada densidade energética e componentes eletrônicos que apresentam riscos específicos, como

choque elétrico, *thermal runaway* (fuga térmica), reignição e liberação de gases potencialmente tóxicos decorrentes da degradação térmica das baterias. Essas características exigem conhecimentos técnicos voltados ao reconhecimento da cena, ao gerenciamento dos riscos, à estabilização do veículo, ao desencarceramento e ao monitoramento pós-atendimento.

O Quadro 1 sintetiza, de forma objetiva, as principais mudanças introduzidas pela eletrificação da frota no ambiente operacional do salvamento veicular.

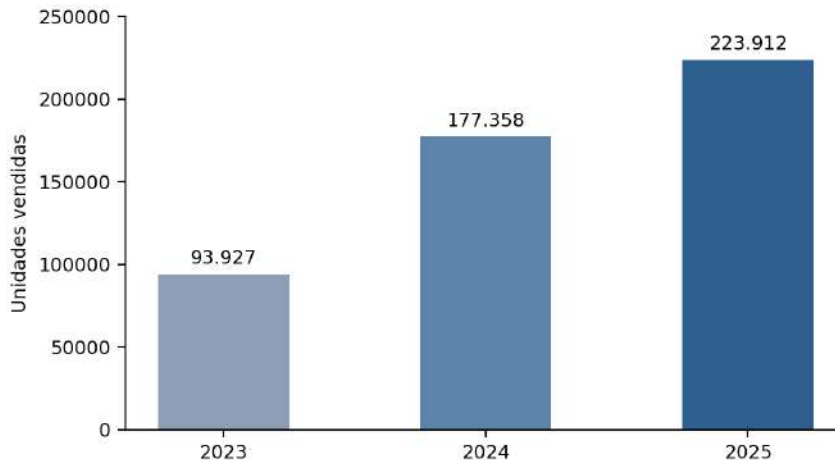
Quadro 1 – Mudanças no ambiente operacional do salvamento veicular decorrentes da eletrificação da frota

Veículo convencional	Veículo eletrificado
Combustível líquido	Sistemas de alta tensão
Tanque de combustível	Bateria de alta tensão (bateria HV)
Incêndio convencional	Fuga térmica (thermal runaway)
Corte estrutural sem restrições específicas	Corte estrutural condicionado à localização de componentes de alta tensão
Riscos predominantemente mecânicos	Riscos mecânicos, elétricos, térmicos e químicos

Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base na ISO 17840 (2018–2022), NFPA (2018), AEA (2023), CTIF (2025) e USFA/NHTSA (2025).

No Estado de Goiás, essa transformação também se manifesta de forma expressiva. Dados da Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE, 2026) indicam que o estado acumulava aproximadamente 14,9 mil veículos eletrificados leves desde 2022, correspondendo a cerca de 4% da frota nacional desse segmento. No mesmo período, o mercado brasileiro passou de 93.927 veículos comercializados em 2023 para 177.358 em 2024 e 223.912 em 2025, representando crescimento superior a 100% em apenas dois anos. Esse cenário amplia progressivamente a probabilidade de atendimento a ocorrências dessa natureza pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (CBMGO), conforme ilustrado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Evolução das vendas anuais de veículos eletrificados leves no Brasil (2023–2025)



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em dados da Associação Brasileira do Veículo Elétrico – ABVE (2026).

Paralelamente à expansão da eletromobilidade, organismos internacionais e fabricantes passaram a desenvolver normas e documentos técnicos destinados ao atendimento de ocorrências envolvendo veículos eletrificados, entre eles a série ISO 17840, as publicações da NFPA, os guias da USFA e os documentos técnicos dos fabricantes, como as *Rescue Sheets* e os *Emergency Response Guides* (ERG). Em razão da diversidade de arquiteturas veiculares, esses referenciais priorizam a sistematização de princípios operacionais permanentes, mantendo as informações específicas vinculadas à documentação oficial de cada veículo.

Embora existam referenciais técnicos consolidados sobre o gerenciamento de ocorrências envolvendo veículos eletrificados, o Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás ainda não dispõe de um instrumento específico que sistematize esses conhecimentos de forma integrada, evidenciando a necessidade de um Guia Técnico Operacional.

Diante desse cenário, formula-se o seguinte problema de pesquisa: de que maneira a análise comparativa entre protocolos nacionais e internacionais pode subsidiar a proposição de um Guia Técnico Operacional para o gerenciamento de ocorrências envolvendo veículos eletrificados no Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás?

Para responder a esse problema, o presente estudo tem como objetivo geral propor um Guia Técnico Operacional para o Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, destinado ao gerenciamento de ocorrências envolvendo veículos eletrificados, fundamentado em princípios operacionais universais e em diretrizes para acesso às informações técnicas específicas disponibilizadas pelos fabricantes e organismos especializados.

Como objetivos específicos, busca-se: a) identificar e analisar os principais referenciais técnicos nacionais e internacionais aplicáveis ao gerenciamento de ocorrências envolvendo veículos eletrificados; b) comparar esses referenciais com o Procedimento Operacional Padrão de Salvamento Terrestre do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (CBMGO), identificando convergências, boas práticas e lacunas operacionais; c) sistematizar princípios operacionais universais aplicáveis ao gerenciamento dessas ocorrências; e d) elaborar um Guia Técnico Operacional para o CBMGO fundamentado nesses princípios e orientado ao apoio à tomada de decisão em ocorrências envolvendo veículos eletrificados.

Para o alcance desses objetivos, desenvolveu-se pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa, utilizando os métodos dedutivo, bibliográfico, documental e comparativo, cujos procedimentos são detalhados na seção metodológica.

Por fim, este artigo está estruturado em cinco seções: introdução, revisão da literatura, metodologia, resultados e discussões e considerações finais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Expansão da eletromobilidade e repercussões para os serviços de emergência

A eletrificação da mobilidade consolidou-se como uma das principais transformações da indústria automotiva contemporânea, impulsionada pelo desenvolvimento de novas tecnologias de propulsão, pela evolução das baterias de íons de lítio e por políticas voltadas à redução das emissões de gases de efeito estufa. Esse processo tem modificado progressivamente a composição da frota e incorporado aos serviços de emergência veículos dotados de sistemas energéticos e características construtivas distintas daqueles movidos exclusivamente por motores a combustão interna (AEA, 2023).

No Brasil, a expansão da frota de veículos eletrificados intensificou sua presença no cenário operacional dos serviços de emergência, ampliando a probabilidade de atendimento a ocorrências dessa natureza também pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (CBMGO).

Essa transformação não representa apenas o aumento do número de veículos em circulação. Os veículos eletrificados incorporam sistemas de alta tensão, baterias de elevada densidade energética, componentes eletrônicos embarcados e arquiteturas construtivas específicas que

modificam o ambiente operacional das equipes de salvamento. Como consequência, procedimentos tradicionalmente empregados em veículos convencionais passam a exigir adaptações para contemplar riscos elétricos, térmicos, químicos e estruturais.

Essa realidade passou a ser reconhecida por organismos internacionais. Publicações da *National Fire Protection Association* (NFPA), da *United States Fire Administration* (USFA), do *Comité Technique International de prévention et d'extinction du Feu* (CTIF) e da *International Organization for Standardization* (ISO) evidenciam elevada convergência quanto aos princípios relacionados ao reconhecimento dos riscos, ao gerenciamento das fontes de energia, à estabilização do veículo, ao desencarceramento e ao monitoramento pós-atendimento.

Nesse contexto, a expansão da eletromobilidade deve ser compreendida não apenas como uma transformação tecnológica da indústria automotiva, mas como um fenômeno com repercussões diretas sobre o planejamento, o treinamento e a doutrina operacional dos serviços de emergência.

2.2 Particularidades dos veículos eletrificados para o gerenciamento da ocorrência

Os veículos eletrificados diferenciam-se dos veículos movidos exclusivamente por motores a combustão interna não apenas pelo sistema de propulsão, mas também pela presença de componentes que introduzem novos riscos e condicionam a atuação das equipes de emergência. Entre eles destacam-se as baterias de alta tensão, os sistemas eletrônicos de gerenciamento de energia, os cabos energizados, os dispositivos de desenergização e as alterações estruturais decorrentes da incorporação do conjunto de baterias ao chassi do veículo (AEA, 2023).

Essas características modificam significativamente o gerenciamento das ocorrências de salvamento veicular. Procedimentos tradicionalmente empregados em veículos convencionais, como estabilização e desencarceramento, passam a exigir avaliação criteriosa dos riscos elétricos, térmicos, químicos e estruturais presentes na cena. Em consequência, a identificação precoce do tipo de propulsão e o reconhecimento dos sistemas energizados tornam-se etapas fundamentais para o planejamento seguro da intervenção.

Um dos principais aspectos que diferenciam os veículos eletrificados refere-se aos sistemas de alta tensão. Enquanto os circuitos elétricos convencionais operam, em geral, com 12 V ou 24 V,

os sistemas de propulsão elétrica podem alcançar tensões superiores a 800 V, exigindo gerenciamento adequado do risco elétrico durante toda a ocorrência.

Outro elemento de destaque corresponde às baterias de íons de lítio. Quando submetidas a impactos severos, deformações mecânicas, curtos-circuitos ou temperaturas elevadas, essas baterias podem desenvolver o fenômeno denominado *thermal runaway* (fuga térmica), caracterizado por uma reação exotérmica autossustentável capaz de provocar incêndio, emissão de gases tóxicos e possibilidade de reignição, tornando indispensável o monitoramento contínuo do veículo após a ocorrência.

As particularidades construtivas também influenciam diretamente as operações de salvamento veicular. A localização das baterias, dos cabos de alta tensão, dos dispositivos de desenergização e dos reforços estruturais varia conforme fabricante, modelo, versão e ano de fabricação, impedindo a adoção de procedimentos específicos universais.

Nesse contexto, documentos como as *Rescue Sheets*, os *Emergency Response Guides* (ERG) e os referenciais desenvolvidos com base na ISO 17840 assumem papel fundamental ao fornecer informações atualizadas sobre a arquitetura dos veículos, permitindo identificar componentes críticos, dispositivos de desenergização e zonas seguras para intervenção.

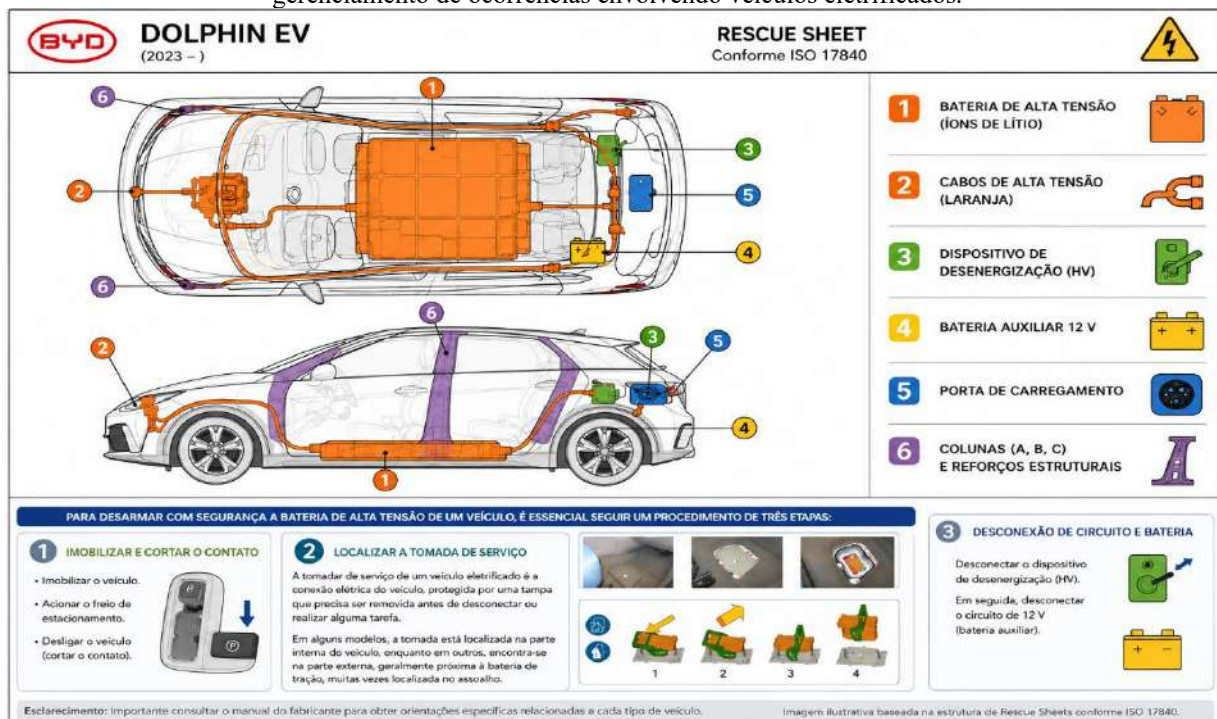
Diante dessas particularidades, verifica-se que o gerenciamento das ocorrências envolvendo veículos eletrificados depende da capacidade das equipes em reconhecer os riscos presentes na cena, aplicar princípios operacionais permanentes e acessar, de forma rápida e confiável, as informações técnicas oficiais específicas do veículo envolvido.

2.3 Referências técnicas nacionais e internacionais para o gerenciamento de ocorrências envolvendo veículos eletrificados

A expansão da eletromobilidade impulsionou o desenvolvimento de protocolos específicos destinados ao atendimento de ocorrências envolvendo veículos eletrificados. Em diferentes países, órgãos governamentais, instituições de ensino, organismos de normalização, fabricantes e Corpos de Bombeiros passaram a revisar suas doutrinas operacionais para incorporar procedimentos compatíveis com os riscos associados aos sistemas de alta tensão e às baterias de íons de lítio. Embora elaborados em contextos institucionais distintos, esses referenciais apresentam elevada convergência quanto aos princípios que orientam a atuação segura das equipes de emergência.

Entre os principais referenciais internacionais destacam-se a série ISO 17840, a SAE J2990 e as publicações da *National Fire Protection Association (NFPA)*, da *United States Fire Administration (USFA)*, do *Comité Technique International de prévention et d'extinction du Feu (CTIF)* e da *International Fire Service Training Association (IFSTA)*. Embora elaborados com finalidades distintas, esses documentos convergem quanto ao reconhecimento dos riscos, ao gerenciamento das fontes de energia e à utilização de informações técnicas oficiais. A SAE J2990 reúne práticas recomendadas para primeiros e segundos respondedores; a série ISO 17840 padroniza a organização das informações destinadas às equipes de emergência por meio da *Rescue Sheet* e do *Emergency Response Guide*; a NFPA, a IFSTA, a USFA e o CTIF enfatizam a avaliação da cena, a consulta às orientações oficiais e a segurança operacional (SAE INTERNATIONAL, 2019; ISO, 2018–2022; NFPA, 2018; IFSTA, 2017; CTIF, 2025; USFA; NHTSA, 2025). A Figura 1 apresenta exemplo de *Rescue Sheet* estruturada conforme a ISO 17840, evidenciando a organização das informações destinadas ao reconhecimento dos componentes críticos e ao planejamento da intervenção.

Figura 1 – Exemplo de informações técnicas disponibilizadas em *Rescue Sheet* para apoio ao gerenciamento de ocorrências envolvendo veículos eletrificados.



Fonte: Adaptado de *Emergency Response Guide* – BYD Dolphin EV (BYD, 2023), conforme ISO 17840.

No cenário nacional, observa-se movimento semelhante de atualização doutrinária. Corpos de Bombeiros Militares, como os de Minas Gerais, Santa Catarina e Distrito Federal, passaram a

incorporar orientações específicas para ocorrências envolvendo veículos eletrificados em seus procedimentos operacionais e materiais de instrução. Apesar das diferenças de organização entre os documentos, verifica-se convergência quanto à identificação do veículo, ao gerenciamento das fontes de energia, à utilização das *Rescue Sheets*, ao reconhecimento das zonas seguras para intervenções estruturais e ao monitoramento das baterias após eventos críticos.

Entretanto, a análise comparativa demonstra que essa convergência concentra-se nos princípios operacionais e não nas informações técnicas específicas de cada veículo. Aspectos como localização dos componentes de alta tensão, dispositivos de desenergização, arquitetura das baterias e características estruturais variam conforme fabricante, modelo, versão e ano de fabricação, limitando a consolidação permanente dessas informações em um único documento.

Assim, os referenciais analisados demonstram que a estratégia mais consistente consiste em padronizar princípios operacionais e estruturar um processo para identificação do veículo, obtenção das informações técnicas oficiais e interpretação dos documentos disponibilizados pelos fabricantes e organismos especializados. Essa constatação fundamenta a proposta do Guia Técnico Operacional desenvolvido nesta pesquisa.

2.4 Sistematização do conhecimento técnico e apoio ao gerenciamento operacional

A crescente complexidade das ocorrências envolvendo veículos eletrificados evidencia que a segurança operacional não depende exclusivamente da disponibilidade de informações técnicas, mas também da forma como essas informações são organizadas, acessadas e utilizadas durante a tomada de decisão. Em ambientes caracterizados por elevada pressão temporal, múltiplos riscos e necessidade de respostas imediatas, a capacidade de reconhecer rapidamente a situação operacional e selecionar a estratégia mais adequada constitui fator determinante para a segurança das equipes e das vítimas.

Sob essa perspectiva, a literatura de *Human Factors* demonstra que o desempenho de profissionais que atuam em ambientes críticos está diretamente relacionado à organização do conhecimento disponível e ao reconhecimento de padrões operacionais previamente assimilados. Segundo Klein (1998), profissionais experientes tendem a reconhecer rapidamente situações semelhantes às anteriormente vivenciadas, utilizando esse repertório para orientar suas decisões.

Esse processo é explicado pelo modelo *Recognition-Primed Decision* (RPD), segundo o qual bombeiros, militares e outros profissionais que atuam em ambientes complexos tomam decisões principalmente por meio do reconhecimento de padrões, associando as características observadas na ocorrência às experiências e aos conhecimentos previamente internalizados.

Aplicado ao gerenciamento de ocorrências envolvendo veículos eletrificados, esse modelo demonstra que a diversidade de arquiteturas veiculares e a constante atualização tecnológica tornam pouco consistente a memorização de procedimentos específicos para cada fabricante ou modelo. Em contrapartida, a sistematização de princípios operacionais permanentes, associada à identificação do veículo e à consulta às informações técnicas oficiais, amplia a capacidade das equipes para reconhecer rapidamente os riscos presentes na cena e selecionar procedimentos compatíveis com as características do veículo envolvido.

Nesse contexto, instrumentos como as *Rescue Sheets*, os *Emergency Response Guides* (ERG) e os referenciais estruturados com base na ISO 17840 não devem ser compreendidos apenas como fontes de consulta, mas como componentes de um processo organizado de apoio à tomada de decisão. Integrados a princípios operacionais permanentes, esses instrumentos reduzem a carga cognitiva das equipes durante o atendimento, favorecem o reconhecimento de padrões operacionais e contribuem para decisões mais seguras e tecnicamente fundamentadas.

Essa compreensão orienta a concepção do produto técnico desenvolvido nesta pesquisa. O Guia Técnico Operacional não foi estruturado para substituir os documentos específicos disponibilizados pelos fabricantes nem para reunir todas as características construtivas dos veículos eletrificados. Sua finalidade consiste em sistematizar princípios operacionais permanentes e orientar um método padronizado para identificação do veículo, acesso às informações técnicas oficiais e interpretação dos dados necessários ao gerenciamento da ocorrência.

Assim, a literatura sobre *Human Factors* e o modelo *Recognition-Primed Decision* oferecem sustentação teórica para a proposta apresentada neste estudo, ao demonstrar que, em ambientes operacionais complexos, a tomada de decisão é fortalecida pela combinação entre princípios permanentes de atuação e acesso estruturado a informações técnicas confiáveis.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se como aplicada, por desenvolver um produto técnico destinado à solução de uma demanda operacional identificada no Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (CBMGO), que consiste na proposição de um Guia Técnico Operacional para o gerenciamento de ocorrências envolvendo veículos eletrificados. Segundo Gil (2026), pesquisas aplicadas buscam produzir conhecimentos voltados à solução de problemas específicos, com finalidade prática.

Quanto à abordagem, trata-se de pesquisa qualitativa, por privilegiar a interpretação e a análise crítica de documentos técnicos e referenciais normativos relacionados ao objeto de estudo. Em relação aos objetivos, caracteriza-se como exploratória e descritiva, uma vez que busca ampliar o conhecimento sobre o tema, identificar convergências e lacunas existentes e descrever princípios operacionais aplicáveis ao gerenciamento dessas ocorrências.

Os procedimentos metodológicos compreenderam revisão bibliográfica e análise documental comparativa de referenciais técnicos nacionais e internacionais publicados entre 2018 e 2026, incluindo normas, manuais, procedimentos operacionais, guias técnicos e documentos elaborados por organismos de normalização, fabricantes e instituições especializadas, além de documentos produzidos por Corpos de Bombeiros Militares brasileiros e literatura técnico-científica pertinente.

A seleção dos referenciais considerou critérios de atualidade, relevância técnica, aplicabilidade operacional e reconhecimento institucional, priorizando documentos publicados entre 2018 e 2026, período correspondente à consolidação das principais diretrizes internacionais sobre o gerenciamento de ocorrências envolvendo veículos eletrificados e à expansão da eletromobilidade no Brasil.

A análise comparativa foi conduzida mediante leitura sistemática dos documentos selecionados, buscando identificar princípios operacionais recorrentes, recomendações convergentes e diferenças relacionadas ao gerenciamento das ocorrências, distinguindo os elementos passíveis de padronização permanente das informações específicas vinculadas à documentação técnica oficial de cada veículo.

Os achados fundamentaram o desenvolvimento do *Guia Técnico Operacional para o Gerenciamento de Ocorrências com Veículos Eletrificados no Corpo de Bombeiros Militar do*

Estado de Goiás. O Guia foi estruturado para reunir os princípios operacionais comuns aos referenciais analisados e orientar a identificação do veículo, o acesso às informações técnicas oficiais e a interpretação dos documentos disponibilizados pelos fabricantes e organismos especializados, mantendo sua aplicabilidade diante da contínua evolução tecnológica da eletromobilidade.

A pesquisa concentrou-se em veículos eletrificados leves destinados ao transporte de passageiros, abrangendo BEV, HEV, PHEV e MHEV. Permaneceram fora do escopo veículos pesados, motocicletas, máquinas agrícolas, equipamentos industriais e outras aplicações especiais, cujas características demandam estudos específicos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise comparativa dos referenciais técnicos nacionais e internacionais evidenciou elevado grau de convergência quanto aos princípios que orientam o gerenciamento de ocorrências envolvendo veículos eletrificados. Embora elaborados por instituições distintas, os documentos analisados priorizam o reconhecimento dos riscos específicos, o gerenciamento das fontes de energia, a utilização de informações técnicas oficiais e a segurança das equipes durante a resposta à ocorrência. As diferenças observadas concentram-se principalmente no nível de detalhamento, na terminologia empregada e nos recursos de apoio disponibilizados, como fluxogramas, listas de verificação e orientações complementares.

A análise evidenciou que não se mostra tecnicamente viável a padronização de procedimentos específicos para todos os veículos eletrificados, em razão da constante evolução tecnológica e da diversidade de arquiteturas adotadas pelos fabricantes. Assim, a estratégia mais consistente consiste na padronização de princípios operacionais permanentes associados ao acesso sistemático às informações técnicas oficiais de cada veículo.

O Quadro 2 apresenta a matriz de convergência dos princípios operacionais identificados na análise comparativa, evidenciando o grau de consenso entre os referenciais estudados, a situação observada no contexto do CBMGO e os elementos incorporados ao Guia Técnico Operacional.

Quadro 2 – Matriz de convergência dos princípios operacionais identificados na análise comparativa e sua incorporação ao Guia Técnico Operacional proposto

Tema analisado	Grau de convergência entre os referenciais	Situação no CBMGO	Incorporado ao Guia
Identificação do tipo de propulsão	Muito alta	Contemplado parcialmente	✓
Reconhecimento dos riscos de alta tensão	Muito alta	Contemplado parcialmente	✓
Gerenciamento das fontes de energia	Muito alta	Contemplado parcialmente	✓
Consulta às Rescue Sheets e às informações técnicas oficiais	Muito alta	Não contemplado	✓
Identificação da bateria de alta tensão e dos cabos energizados	Muito alta	Contemplado parcialmente	✓
Gerenciamento do thermal runaway e do risco de reinição	Muito alta	Não contemplado	✓
Monitoramento pós-ocorrência da bateria	Alta	Não contemplado	✓
Fluxograma de apoio à tomada de decisão	Média	Não contemplado	✓
Checklist operacional específico	Alta	Não contemplado	✓

Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base na análise comparativa dos referenciais técnicos nacionais e internacionais.

Os resultados sintetizados no Quadro 2 demonstram que os referenciais analisados convergem quanto aos princípios operacionais permanentes, mas divergem em relação às informações específicas de cada veículo. Essa constatação reforça que a padronização deve concentrar-se nos procedimentos universais, permanecendo as informações particulares vinculadas à documentação técnica oficial disponibilizada pelos fabricantes.

A análise evidenciou que não se mostra tecnicamente viável a padronização de procedimentos específicos para todos os veículos eletrificados, em razão da constante evolução tecnológica e da diversidade de arquiteturas adotadas pelos fabricantes. Verificou-se que a localização das baterias de alta tensão, dos dispositivos de desenergização, dos cabos energizados e dos componentes estruturais varia conforme fabricante, modelo, versão e ano de fabricação, limitando a consolidação dessas informações em um documento permanente.

Esse resultado representa o principal achado desta pesquisa. A contribuição científica deste estudo consiste em propor um modelo de Guia Técnico Operacional fundamentado na sistematização de princípios operacionais universais e em um método estruturado para identificação do veículo, acesso às informações técnicas oficiais e interpretação dos documentos disponibilizados pelos fabricantes e organismos especializados. Dessa forma, a pesquisa apresenta uma estratégia capaz de conciliar estabilidade doutrinária e atualização permanente diante da contínua evolução tecnológica da eletromobilidade.

A incorporação dessas evidências ao produto técnico exigiu a sistematização dos princípios operacionais identificados durante a pesquisa, transformando-os em diretrizes objetivas para apoio ao gerenciamento das ocorrências. O Quadro 3 sintetiza a relação entre as evidências identificadas na análise comparativa e as diretrizes incorporadas ao Guia Técnico Operacional.

Quadro 3 – Síntese das evidências identificadas na análise comparativa e sua incorporação ao Guia Técnico Operacional

Princípio operacional identificado	Evidências observadas nos referenciais analisados	Diretriz incorporada ao Guia Técnico Operacional
Reconhecimento do veículo	Todos os protocolos recomendam identificar previamente o tipo de propulsão e reconhecer os riscos específicos do veículo eletrificado.	Avaliação inicial da cena e identificação precoce do tipo de propulsão.
Gerenciamento da energia	Há consenso quanto à necessidade de controlar as fontes de energia antes de qualquer intervenção operacional.	Diretrizes para gerenciamento seguro da alta tensão e da bateria auxiliar de 12 V.
Utilização de informações técnicas oficiais	Os referenciais internacionais recomendam consultar as Rescue Sheets, os Emergency Response Guides (ERG) e documentos oficiais dos fabricantes.	Orientação para acesso e utilização das informações técnicas oficiais durante a ocorrência.
Reconhecimento dos componentes críticos	A localização da bateria HV, dos cabos energizados e dos dispositivos de desenergização varia conforme fabricante e modelo.	Ênfase na identificação dos componentes críticos antes das intervenções.
Gerenciamento do thermal runaway	Os referenciais destacam a necessidade de reconhecer sinais de fuga térmica e risco de reigitação.	Diretrizes para reconhecimento, isolamento e monitoramento do fenômeno.
Monitoramento pós-ocorrência	Os protocolos mais recentes recomendam monitoramento contínuo da bateria após colisões ou incêndios.	Recomendações para monitoramento pós-atendimento e prevenção de reigitação.

Apoio à tomada de decisão	Os protocolos apresentam recomendações sequenciais, porém sem fluxograma gráfico padronizado.	Desenvolvimento de fluxograma específico para apoio à tomada de decisão.
Padronização operacional	Os referenciais utilizam listas de verificação com diferentes níveis de detalhamento.	Elaboração de checklist operacional adaptado à realidade do CBMGO.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base na análise comparativa dos protocolos do CBMGO, USFA, CTIF, CBMDF, CBMSC e CBSS.

Essa concepção diferencia o Guia de um catálogo de modelos ou de um manual destinado a reproduzir procedimentos específicos para cada veículo. Seu propósito consiste em apoiar a tomada de decisão das equipes operacionais por meio da sistematização de princípios permanentes e da utilização orientada das *Rescue Sheets*, dos *Emergency Response Guides* e de outras fontes oficiais de consulta. Assim, o Guia estabelece uma base doutrinária estável sem perder a capacidade de acompanhar a evolução tecnológica dos veículos eletrificados.

Os resultados obtidos demonstram, portanto, que a análise comparativa dos referenciais nacionais e internacionais permitiu identificar princípios operacionais suficientemente consistentes para subsidiar a elaboração de um Guia Técnico Operacional aplicável ao contexto do CBMGO. Considera-se, assim, atendido o objetivo geral da pesquisa, ao propor um produto técnico fundamentado em evidências científicas e documentais, destinado a apoiar o gerenciamento seguro das ocorrências, a tomada de decisão das equipes e a padronização dos fundamentos da atuação operacional da Corporação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo propor um Guia Técnico Operacional para o gerenciamento de ocorrências envolvendo veículos eletrificados no Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (CBMGO), fundamentado na análise comparativa de referenciais técnicos nacionais e internacionais. Os resultados demonstraram que o objetivo geral foi alcançado, uma vez que a investigação permitiu identificar princípios operacionais recorrentes, boas práticas e diretrizes aplicáveis ao contexto operacional da Corporação.

A análise comparativa evidenciou elevado grau de convergência entre os referenciais examinados quanto ao reconhecimento dos riscos, ao gerenciamento das fontes de energia, à utilização de informações técnicas oficiais e à segurança das equipes durante a intervenção. Em

contrapartida, verificou-se significativa variabilidade entre fabricantes, modelos, versões e anos de fabricação quanto à arquitetura dos sistemas de alta tensão, à localização dos componentes críticos e aos procedimentos específicos de intervenção.

O principal achado da pesquisa consiste na constatação de que a padronização operacional não deve concentrar-se em procedimentos específicos para cada modelo de veículo, mas na sistematização de princípios operacionais permanentes e na estruturação de um método para identificação do veículo, acesso às informações técnicas oficiais e interpretação dos documentos disponibilizados pelos fabricantes e organismos especializados. Essa abordagem permite conciliar estabilidade doutrinária e atualização técnica diante da contínua evolução da eletromobilidade.

Como produto técnico desta pesquisa, o *Guia Técnico Operacional* consolida os princípios operacionais identificados na análise comparativa e organiza um método para acesso e utilização das informações técnicas específicas de cada veículo. Sua concepção busca apoiar a tomada de decisão das equipes do CBMGO, fortalecer a segurança operacional e contribuir para a atualização permanente da doutrina institucional diante da expansão da eletromobilidade.

Como limitações, a pesquisa restringiu-se aos veículos eletrificados leves destinados ao transporte de passageiros e fundamentou-se predominantemente em análise bibliográfica e documental. Recomenda-se que estudos futuros ampliem a investigação para veículos pesados, motocicletas, ônibus, máquinas agrícolas e outras aplicações especiais, bem como promovam a validação operacional do Guia por meio de capacitações, exercícios simulados e avaliações conduzidas por profissionais especializados.

Conclui-se, portanto, que a análise comparativa dos referenciais técnicos nacionais e internacionais permitiu fundamentar a elaboração de um produto técnico alinhado às demandas operacionais contemporâneas do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. Ao sistematizar princípios operacionais permanentes e orientar o acesso às informações técnicas oficiais, o Guia Técnico Operacional proposto contribui para o gerenciamento mais seguro das ocorrências, fortalece o processo de tomada de decisão das equipes de emergência e oferece uma estratégia tecnicamente consistente para acompanhar a contínua evolução da eletromobilidade.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Vilmar Teixeira de. **Análise dos desafios do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás nas operações de combate a incêndio em veículos rodoviários frente ao**

cenário da eletromobilidade. 2024. Artigo científico (Especialização em Gerenciamento de Segurança Pública) – Secretaria de Segurança Pública de Goiás / Universidade Estadual de Goiás, Goiânia, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA AUTOMOTIVA (AEA). Cartilha **Eletromobilidade:** veículos eletrificados. 1. ed. São Paulo: AEA, 2023. Disponível em: https://www.aea.org.br/home/wp-content/uploads/2024/05/cartilha_eletromobilidade.pdf. Acesso em: 1 jun. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO – ABVE. ABVE Data. São Paulo: ABVE, 2026. Disponível em: <https://abve.org.br>. Acesso em: 4 jul. 2026.

BYD COMPANY LIMITED. *Emergency Response Guide: BYD Dolphin*. Shenzhen: BYD, 2024. Disponível em: <https://www.byd.com/eu/service-maintenance/emergency>. Acesso em: 30 mai. 2026.

DISTRITO FEDEERAL. CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL (CBMDF). **Boletim de Informação Técnico-Profissional CETOP** n. 17/2020 (ex-n. 005/2019): acidentes veiculares com veículos elétricos e elétricos híbridos. Brasília: CBMDF, 2019. Disponível em: <https://biblioteca.cbm.df.gov.br/jspui/handle/123456789/327>. Acesso em: 26 mai. 2026.

DOMINGUES, David. **Guia de intervenção em veículos elétricos e híbridos elétricos**. Setúbal: Companhia de Bombeiros Sapadores de Setúbal, 2022. Disponível em: https://www.aself.org/wp-content/uploads/2022/04/Guia-de-intervencao-em-veiculos-eletricos-e-hibridos_VS1.pdf. Acesso em: 17 mai. 2026.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2026.

GOIÁS. CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA (CBMSC). **Procedimento Operacional Padrão nº 06:** Combate a Incêndio em Veículos de Passeio. Florianópolis: CBMSC, 2025.

GOIÁS. CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS (CBMGO). **Procedimento Operacional Padrão**. 2. ed. Goiânia: CBMGO, 2018.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF FIRE AND RESCUE SERVICES (CTIF). *Operational Guide 2025: Emergency Response for Electric Vehicles*. [S. l.]: CTIF, 2025. Disponível em: <https://ctif.org/news/ctif-operational-guide-2025-emergency-response-electric-vehicles-published>. Acesso em: 30 mai. 2026.

INTERNATIONAL FIRE SERVICE TRAINING ASSOCIATION (IFSTA). *Principles of Vehicle Extrication*. 4. ed. Stillwater: Fire Protection Publications, 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *ISO 17840 — Road vehicles — Information for first and second responders. Parts 1–4*. Geneva: ISO, 2018–2022.

KLEIN, Gary. *Sources of Power: How People Make Decisions*. Cambridge: MIT Press, 1998.

LIMA, João Phelippe Ramos. **Sistema elétrico dos veículos híbridos e elétricos: um estudo sobre os riscos e implicações frente às ocorrências de resgate veicular atendidas pelo CBMMA**. São Luís, 2022. 81f. Monografia (Graduação em Segurança Pública) – Curso de Formação de Oficiais Bombeiro Militar, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2022.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA). *Alternative Fuel Vehicles Safety Training Program: Emergency Field Guide*. Quincy: NFPA, 2018.

NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD (NTSB). *Safety report: safety risks to emergency responders from lithium-ion battery fires in electric vehicles*. (NTSB/SR-20/01). Washington, DC: NTSB, 2020.

OLONA, A; CASTEJÓN, Lucia. **Análise experimental em escala real do comportamento de incêndios em veículos elétricos e eficácia dos métodos de extinção**. Fire, Basel, v. 8, n. 8, p. 301, 2025.

SAE INTERNATIONAL. *SAE J2990: Hybrid and EV First and Second Responder Recommended Practice*. Warrendale, PA: SAE International, 2019. DOI: 10.4271/J2990_201907. Disponível em: https://doi.org/10.4271/J2990_201907. Acesso em: 13 jul. 2026.

UNITED STATES FIRE ADMINISTRATION – USFA; NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION – NHTSA. *Electric Vehicle Fire/Rescue Response Operations Guide*. Washington, DC: USFA, 2025. Disponível em: <https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/electric-vehicle-fire-rescue-response-operations.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2026.

APÊNDICE