



# **A importância dos sistemas de combate a incêndio e prevenção em locais de recarga de VE e de VEHP**

---

**Rubens Bezerra Lima de Montalvão**

**Brasília, 2024**

## Tipos de célula de energia utilizadas

### Cilíndrica



Imagem: Electromobility+ (2014)

### Prismática



### Bolsa



Imagem: Renault Group (2019)



Imagem: JIANG, Xue et. al. (2020)



Imagem: Volkswagen (2023)



Imagem: Volkswagen (2022)



Imagem: Patrick Leone (2023) In: Car.info



Imagem: Volkswagen (2021)

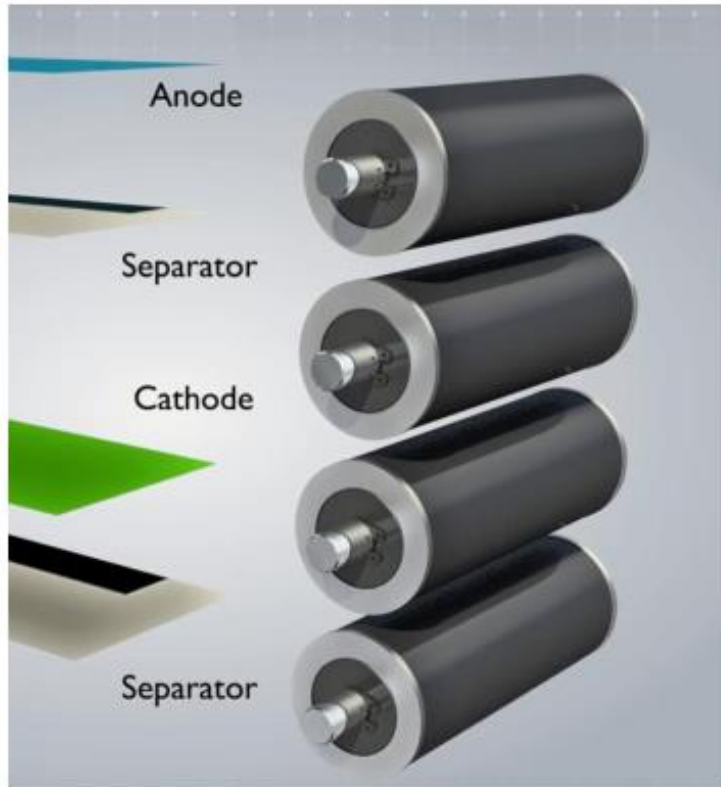


Imagem: NREL Learning (2016)

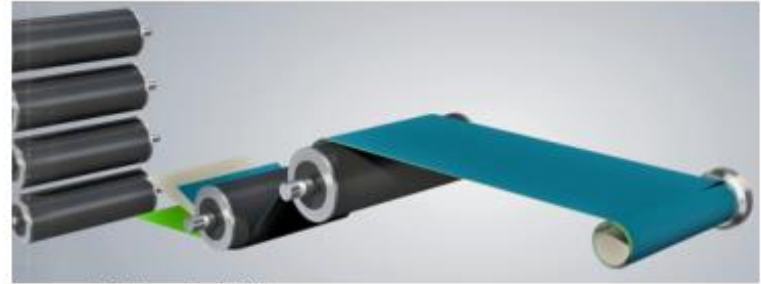


Imagem: NREL Learning (2016)

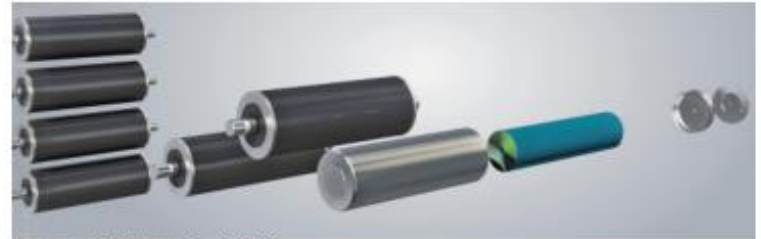
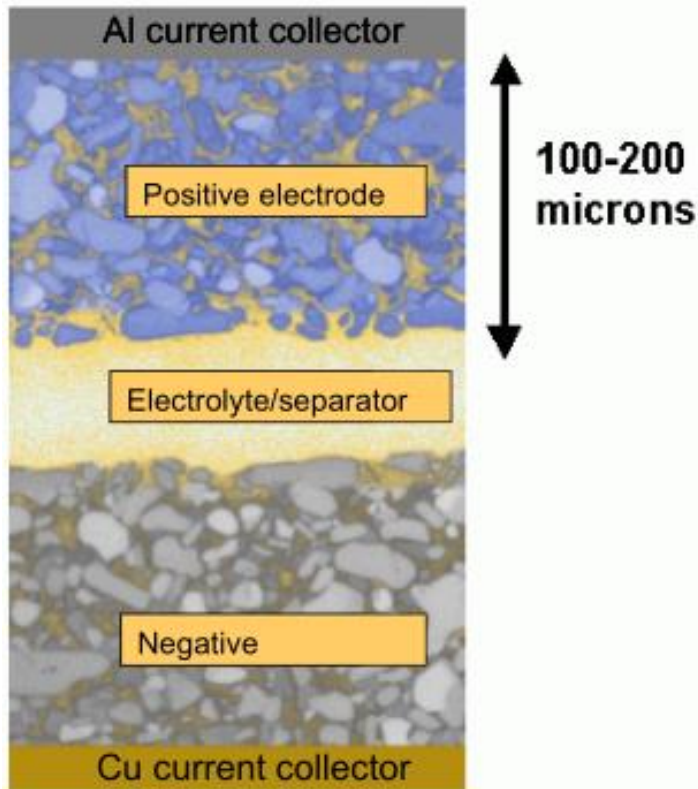


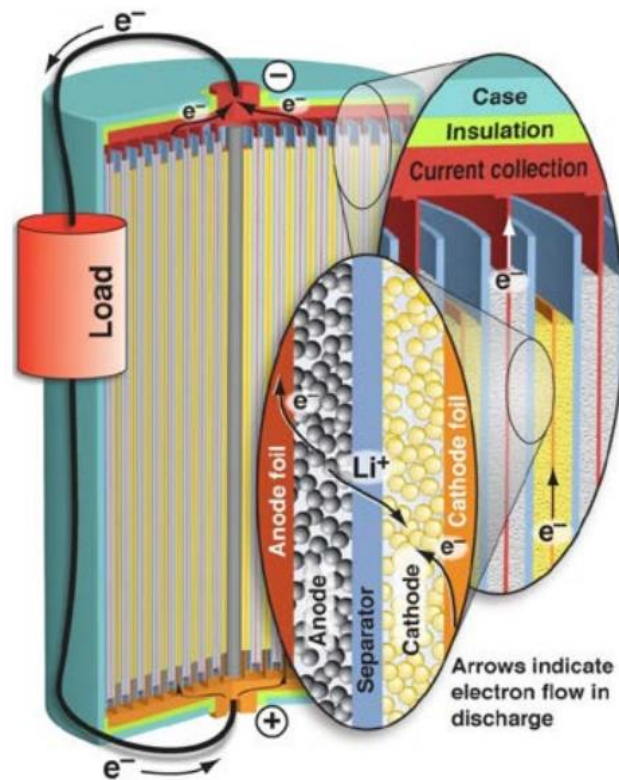
Imagem: NREL Learning (2016)



Imagem: NREL Learning (2016)



Estrutura de uma célula de energia recarregável de íons-lítio



Desenho em corte de uma célula de energia cilíndrica de íons de lítio

## Formas de abusos em células de energia que podem resultar em fuga térmica

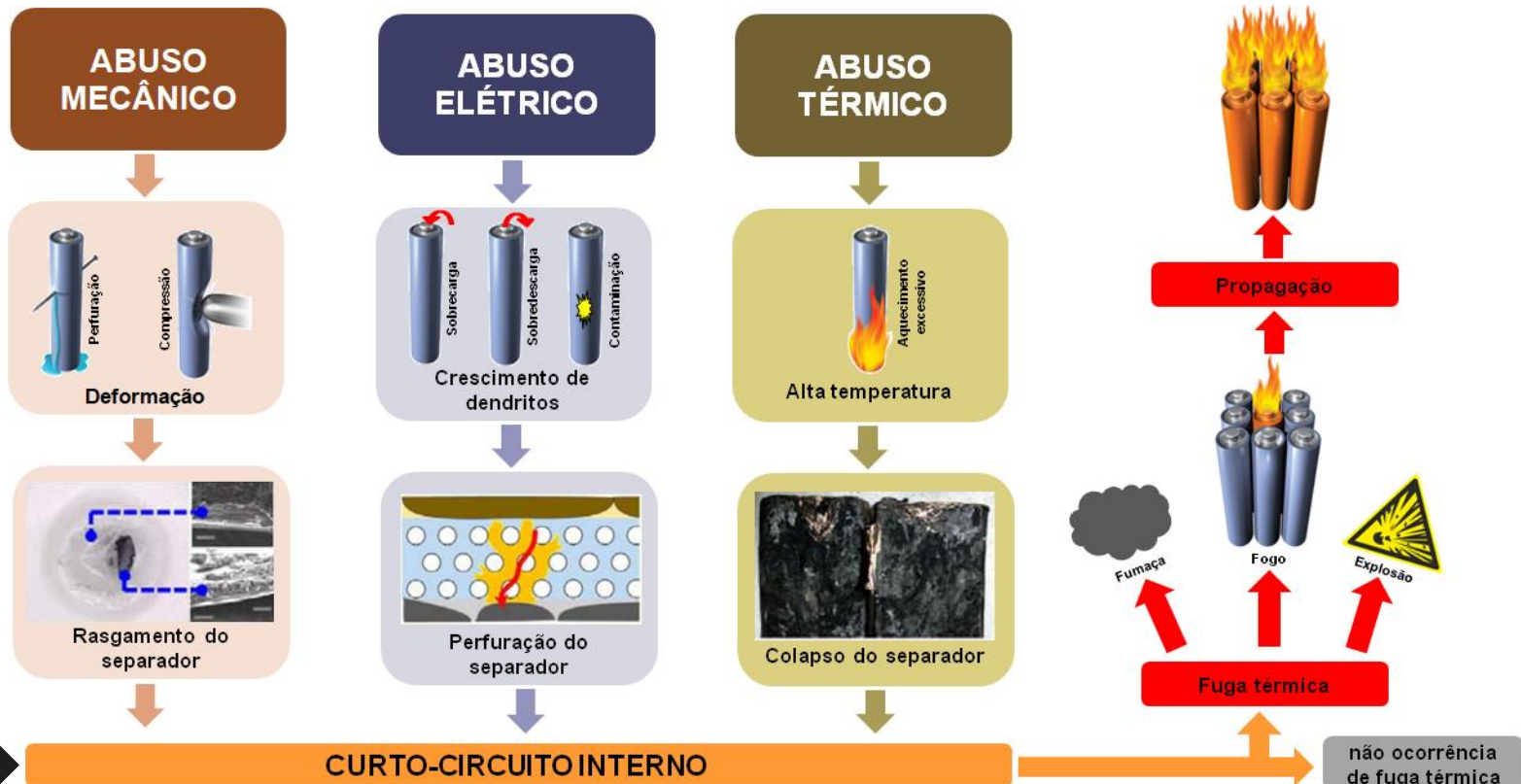


Imagem: MONTALVÃO, Rubens Bezerra Lima de. Combate a incêndio em veículos elétricos e veículos elétricos híbridos. CBMDF, Brasília, 2023. Combinação de imagens produzidas por: KNAZS, Elizabeth (2019); FENG, Xuning et al (2017); WANG, Qingsong et al (2018).





**Incêndio em um Dacia Spring elétrico, na Romênia, em 11 maio 2023**

Vídeo: Catalin Pinzariu (2023)



Imagem: Dacia(2021)





Imagem: Catalin Pinzariu (2023)

## Incêndio em Tesla Model S, em Shanghai, em 22 de abril de 2019



Imagem: Ups Battery Center



### Incêndio em Tesla Model S, em Shanghai

Video: 蘋果仁 (2019)



### **Incêndio em um Dacia Spring elétrico, na Romênia**

Vídeo: Vídeo: Ghenadie Gandraman In: The Secret Firefighter UK (27 de maio de 2024)

Em 27 de setembro de 2021, na cidade de Marietta, na Geórgia, nos EUA, V.E. pegou fogo em centro de manutenção enquanto recarregava



Imagem: Marietta Fire Department (2021)

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

## Case Studies in Thermal Engineering

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/csite](http://www.elsevier.com/locate/csite)

# Full-scale experimental study of the characteristics of electric vehicle fires process and response measures

Chenxi Zhao<sup>a</sup>, Wenhao Hu<sup>a</sup>, Di Meng<sup>a</sup>, Wenzhong Mi<sup>b</sup>, Xuehui Wang<sup>a, \*\*</sup>,  
Jian Wang<sup>a, \*</sup>

<sup>a</sup> State Key Laboratory of Fire Science, University of Science and Technology of China, Hefei, 230026, China

<sup>b</sup> Hefei Institute for Public Safety Research, Tsinghua University, Hefei, 230601, China

### ARTICLE INFO

Handling Editor: Dr Y Su

#### Keywords:

Electric vehicle  
Lithium-ion battery  
Fire suppression  
Fire blanket  
Water mist  
Compressed air foam

### ABSTRACT

Fire accidents are a source of concern for electric vehicles (EV). The spread of fire caused by thermal runaway (TR) in a scenario with a high concentration of EVs can result in a serious disaster. In this study, a full-scale EV fire experiment was conducted using thermal abuse to investigate response strategies to EV fires caused by TR. The pattern of TR fires spreading in EV was also investigated. The suppression capabilities of fire blankets, water spray, and compressed air foam on EV fires in the early stages were analyzed. During the test, the temperature distributions inside and outside the vehicle were measured. The maximum temperature recorded in the passenger compartment near the roof was 919.7 °C. The length of the jet flow was estimated from the images, with the longest being approximately 2.56 m. The fire suppression test demonstrated that the fire blankets effectively extinguished flames, and the temperature inside the car gradually decreased. A water mist device can reduce temperature and put out flames. The compressed air



Um veículo elétrico do tipo sedan, cuja a bateria possuía 16 módulos, cada um com 12 células, e sua capacidade total era de 38,1 kWh. A finalidade foi comparar o uso de manta térmica, jato do tipo neblinado e aplicação de espuma na extinção do incêndio.

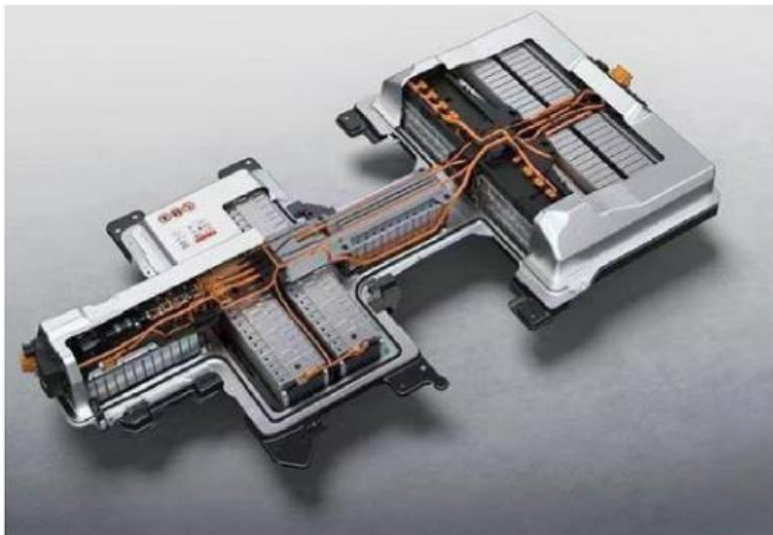


Imagem: ZHAO, Chenxi et al (2023)



Imagem: ZHAO, Chenxi et al (2023)

Quatro jatos de chamas proeminentes são foram observadas em um dos testes:

- O primeiro jato ocorreu 17,1s após a ignição, durou 5,7s e teve comprimento máximo de 2,067 m;
- O segundo jato ocorreu 10,6s depois e durou 9,9s, com a chama do jato mais longa atingindo 2,564 m;
- O terceiro jato ocorreu 9,8s depois, com duração de 19,7s e comprimento máximo de 1,742m.
- O quarto jato ocorreu 15,8s depois, durou 17s e teve comprimento máximo de 1,562 m.

O comprimento máximo do jato (2.564 m) foi comparável aos resultados de CUI, Y. et al. (2022).

Se esta chama de jato for considerada um jato de gás, o comprimento da chama não muda à medida que o fluxo de combustível aumenta. Seu comprimento depende da natureza do combustível e do diâmetro do bico conforme HOTTEL, H.C. e HAWTHORNE, W.R. (1948).

## National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)

No dia 12 de maio de 2011 foi feito um teste de colisão com um Chevrolet Volt. No caso, foram feitos uma colisão com poste e um capotamento pós-colisão. E 3 (três) semanas depois o veículo pegou fogo.



Imagem: National Highway Traffic Safety Administration (2012)

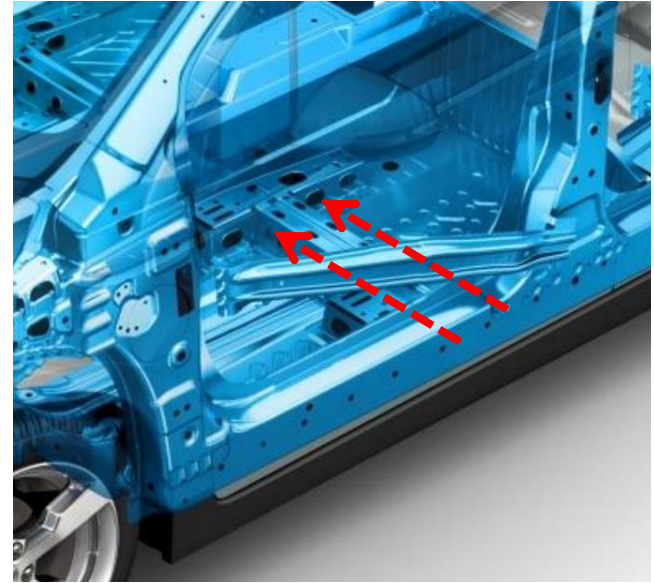
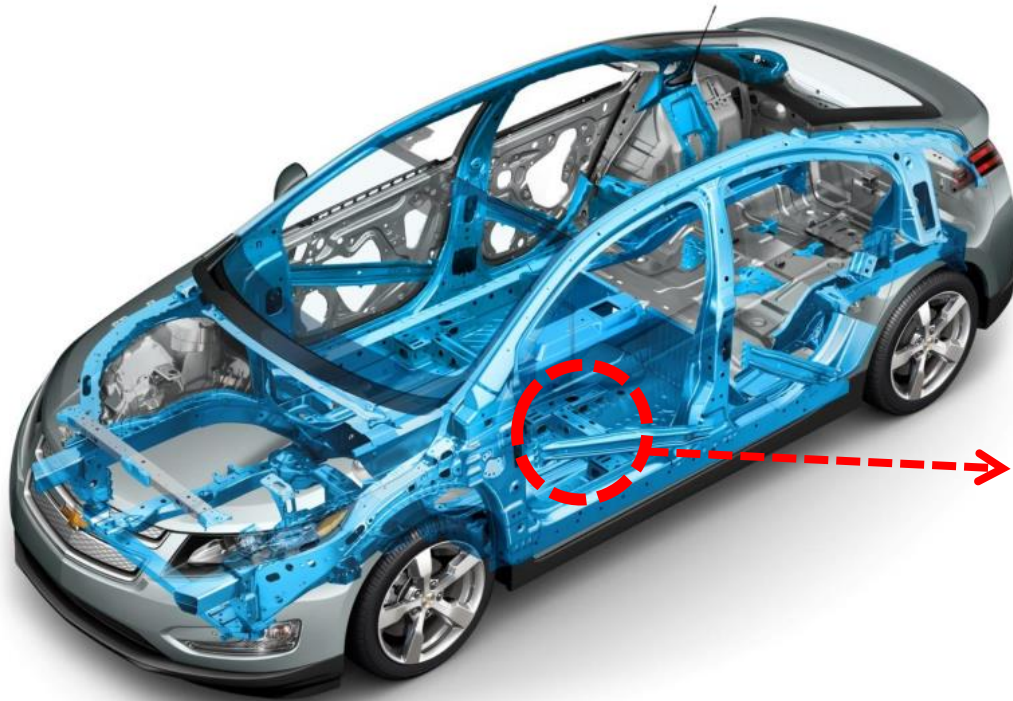


Imagem: General Motors Company (2015)

A inspeção dos danos do acidente do Volt revelou que o reforço transversal localizado sob o assento do motorista penetrou na seção do túnel do compartimento da bateria de alta tensão, danificando a bateria de íons de lítio e rompendo o seu sistema de refrigeração líquida.



Imagem: National Highway Traffic Safety Administration (2012)



Área do dano em razão do teste de colisão



Imagem: National Highway Traffic Safety Administration (2012)



Imagem: Hyundai Motor Company

Um Hyundai Kona, com 4 meses de uso, teve falha na bateria de alta tensão e explodiu uma garagem residencial em Montreal, no Canadá, em 26 de julho de 2019.

A explosão lançou a porta da garagem do outro lado da rua e, conforme o proprietário, o veículo não estava sendo recarregado.



Imagem: Mathieu Daniel Wagner (2019)



Imagem: Mathieu Daniel Wagner (2019)





Imagem: BAIC Motor Corporation Limited



**Explosão de veículo elétrico em Sanming, no sul da China, em 20 de agosto de 2020**  
Vídeo: Newsflare (2020)



Imagem: Feuerwehr Neuss (2023)

Um Renault Zoe, explodiu em uma garagem residencial em Neuss, na Alemanha, em 27 de agosto de 2023. Tal evento destruiu a garagem.



**ER** Emergency-  
Report.de





Todos os relatórios ▶

Seguir 

30.08.2023 – 11:49

[Autoridade policial distrital Rhein-Kreis Neuss](#)

## POL-NE: Veículo elétrico causou a explosão

[Neuss](#) \_

Por volta das 9h30 de domingo (27 de agosto), ocorreu uma explosão numa garagem em Neuss-Rosellen, que causou danos não negligenciáveis. Garagens adjacentes também foram gravemente danificadas. As investigações da polícia criminal em cooperação com um perito mostraram agora que a causa pode ser atribuída ao carro elétrico ali estacionado. Aparentemente houve um defeito na bateria do carro, o que levou à causa do incêndio e posterior explosão. As autoridades podem descartar uma causa intencional ou negligente. Os investigadores também podem descartar que os cilindros de gás armazenados sejam a causa dos danos.

Para consultas de representantes de imprensa, entre em contato com:

O administrador distrital do  
Rhein-Kreis Neuss como  
autoridade policial distrital  
-assessoria de imprensa-  
Jülicher Landstraße 178  
41464 Neuss  
Telefone: 02131/300-14000  
02131  
/300-14011 02131/300-14013  
02131/300-14014  
Fax: 02131/30 0- 14 009  
Correio: [assessoria.de.imprensa.neuss@polizei.nrw.de](mailto:assessoria.de.imprensa.neuss@polizei.nrw.de)  
Web: <https://rhein-kreis-neuss.polizei.nrw>



Imagem: Namyangju City Fire Station (2020)

## Incêndio em um e-Mini durante a recarga, em Berlim, a Alemanha, em abril de 2022



Imagem: Polizeireport Berlin Brandenburg (2022)

## Incêndio em uma Ford F-150 Lightning durante a recarga, em Dearborn, no Michigan, EUA, em 4 de fevereiro de 2023



Imagem: Dearborn Police Department (2023)

## Incêndio em veículo elétrico BMW i8 Roadster durante a recarga, no interior de uma garagem residencial, em 7 de março de 2024, em Sintra, Portugal



Imagem: Autor não identificado In: Correio da Manhã (2024)





Imagem: Pozáry (2023)



Imagem: Pozáry (2023)

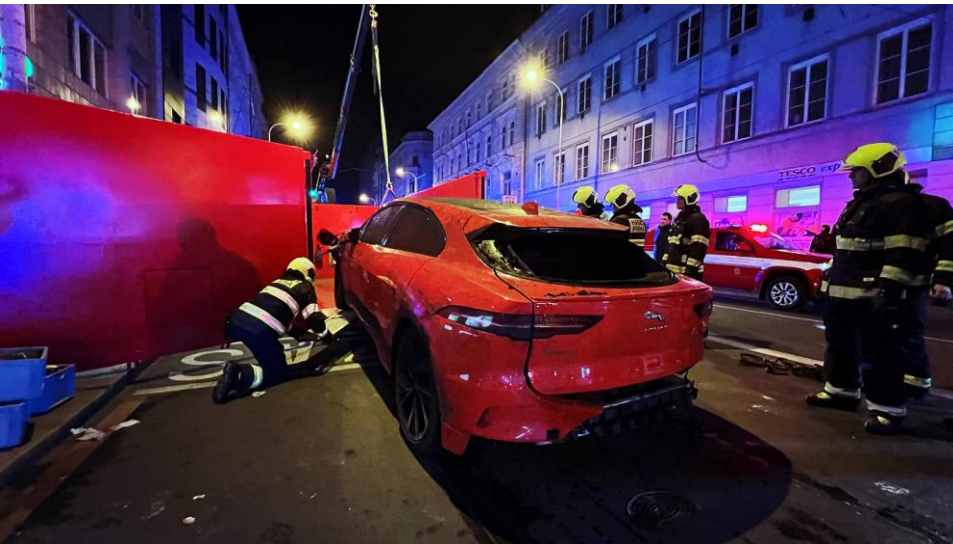


Imagem: Pozáry (2023)



Imagem: Pozáry (2023)

## Incêndio de Jaguar I-Pace que estava recarregando, danificou outro 29 veículos em garagem de Munique, na Alemanha, em 14 de novembro de 2023



Imagem: Münchner Taxizentrum (2023)



Imagem: Autor não identificado In: Bild (2023)



Imagem: Autor não identificado In: Bild (2023)



Imagem: Autor não identificado In: Bild (2023)

No ano de 2021, em Stuttgart, na Alemanha, 25 ônibus, incluindo elétricos, foram destruídos em garagem da Stuttgarter Strassenbahnen AG (SSB) após falha em ônibus elétrico eCitaro, da Mercedes, que estava carregando



Imagem: Andreas Rosar agência fotográfica Stuttgart (2021)





Imagem: Andreas Rosar agência fotográfica Stuttgart (2021)

Incêndio no King's Dock Car Park, ao lado da Echo Arena, onde havia um evento, em 31 de dezembro de 2017, em Liverpool (Inglaterra). Quando o Merseyside Fire & Rescue chegou aproximadamente 20 veículos estavam pegando fogo. O início do evento ocorreu em veículo de fonte motriz convencional. À medida que o incêndio se alastrava, os edifícios vizinhos foram evacuados e os Bombeiros mudaram o plano de ação do incidente, passando-o para defensivo. Com quase 40 horas de operação o fogo foi extinto e mais de 1.200 veículos estavam destruídos.



Imagem: Merseyside Fire & Rescue (2018)



Imagem: Merseyside Fire & Rescue (2018)

300 veículos foram destruídos em incêndio no estacionamento do aeroporto Stavanger, em Sola, na Noruega, em 7 de janeiro de 2020. O início do evento ocorreu em veículo de fonte motriz convencional.

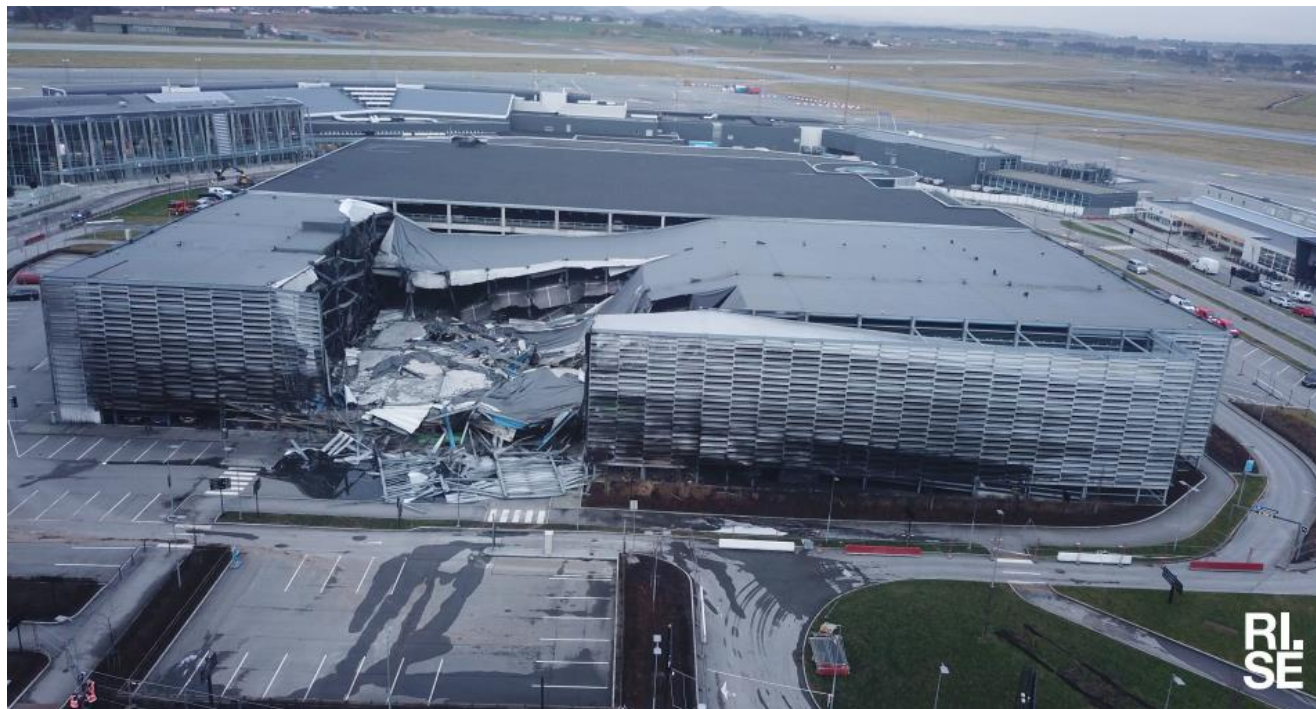


Imagem: Nordic Unmanned (2020)



Imagem: Nordic Unmanned (2020)



Imagem: EPA-EFE/Carina Johansen (2020)



Imagem: London Luton Airport (2021)

## Incêndio em parque de estacionamento no aeroporto de Luton foi 'acidental', diz serviço de bombeiros

21 de Março de 2024

Por Alex Pope, BBC News, Bedfordshire (em inglês)

Partilhar



O incêndio começou por volta das 20:45 BST em 10 de outubro e logo as chamas puderam ser vistas do último andar do Terminal Car Park 2

Um incêndio que destruiu mais de 1.400 veículos no aeroporto de Luton foi "acidental", revelou um relatório.

O **incêndio eclodiu** no Terminal Car Park 2 por volta das 20:45 BST em 10 de outubro e "estuprou rapidamente".

Em um relatório conjunto, os serviços de incêndio e polícia de Bedfordshire disseram que a causa mais provável era uma falha elétrica ou uma falha de componente em um veículo a diesel em movimento.

Tornou-se "invasivo com chamas", que se espalhou para outros veículos, disse.

No seu auge, mais de 100 bombeiros enfrentaram o incêndio, que viu a aeronave aterrada até o dia seguinte, disse o serviço de bombeiros.



Carros do nível superior do estacionamento foram removidos para torná-lo mais estável no final de outubro

Uma porta-voz do serviço de bombeiros disse: "Como resultado da investigação, todas as evidências apontam para a causa mais provável ser uma falha elétrica ou falha de componente, que começou no compartimento do motor do veículo enquanto ele estava em movimento.



O fogo em desenvolvimento se espalhou para outros componentes e, enquanto o proprietário do veículo tentou combater o incêndio, o veículo passou por chamas e se espalhou para outros veículos estacionados.

- [O que acontece depois do incêndio no estacionamento do aeroporto de Luton?](#)
- [Desmantelamento do estacionamento do aeroporto começa](#)
- [Parque de carros de incêndio no aeroporto de Luton será demolido](#)

O relatório confirmou que o veículo era “diesel-powered” e não “um veículo híbrido leve, híbrido plug-in ou elétrico”.

O serviço de bombeiros declarou um grande incidente e trabalhou com várias organizações para obtê-lo “sob controle e proteger a infraestrutura vital, incluindo o estacionamento vizinho e o Luton DART”.

Um homem que foi preso após o incêndio foi libertado sem acusação, confirmou a polícia.

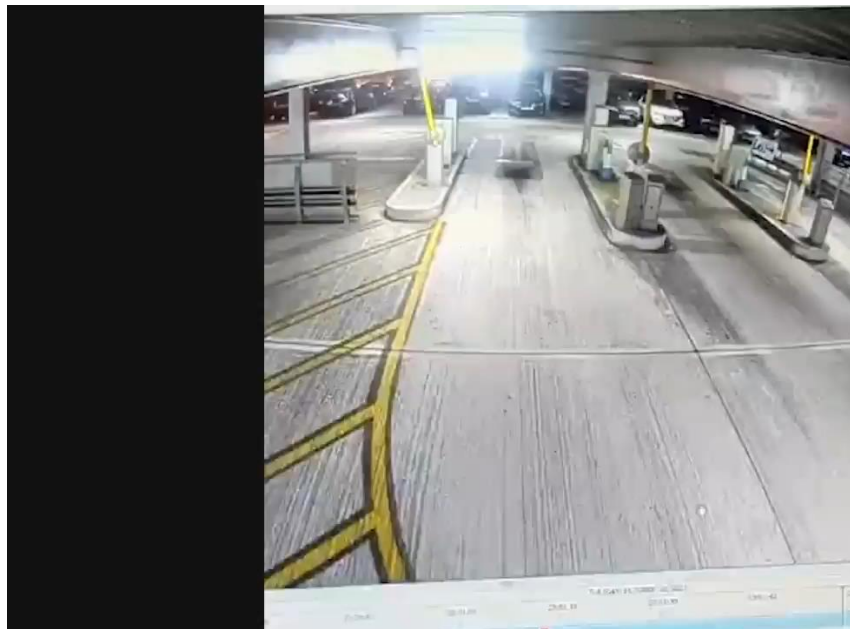
Uma porta-voz do aeroporto de Luton saudou as descobertas, acrescentando: “O meticuloso processo de limpeza segura do local continua, com mais da metade da estrutura removida até agora”.

Em novembro, disse que seria “totalmente demolido” depois que relatórios estruturais o acharam insalubre e o trabalho começou em janeiro.

As chamas se espalharam por vários andares do estacionamento e fizeram com que ele desmoronasse parcialmente, destruindo centenas de carros estacionados dentro dele.

Espera-se que um relatório completo do incidente seja publicado no verão.

Siga as notícias do leste da Inglaterra no [Facebook](#), [Instagram](#) e [X](#). Tem uma história? Envie [um e-mail](#) para [para.eastofenglandnews.bbc.co.uk](mailto:para.eastofenglandnews.bbc.co.uk) ou WhatsApp 0800 169 1830



**Incêndio do aeroporto de Luton**  
Vídeo: ON Demand New (2023)



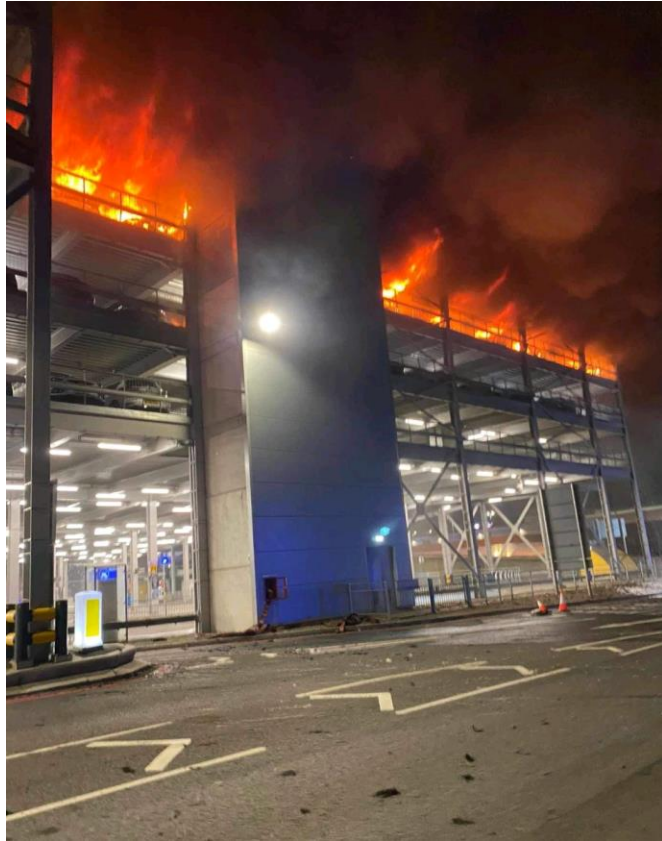


Imagem: Bedfordshire Fire and Rescue Service (2023)

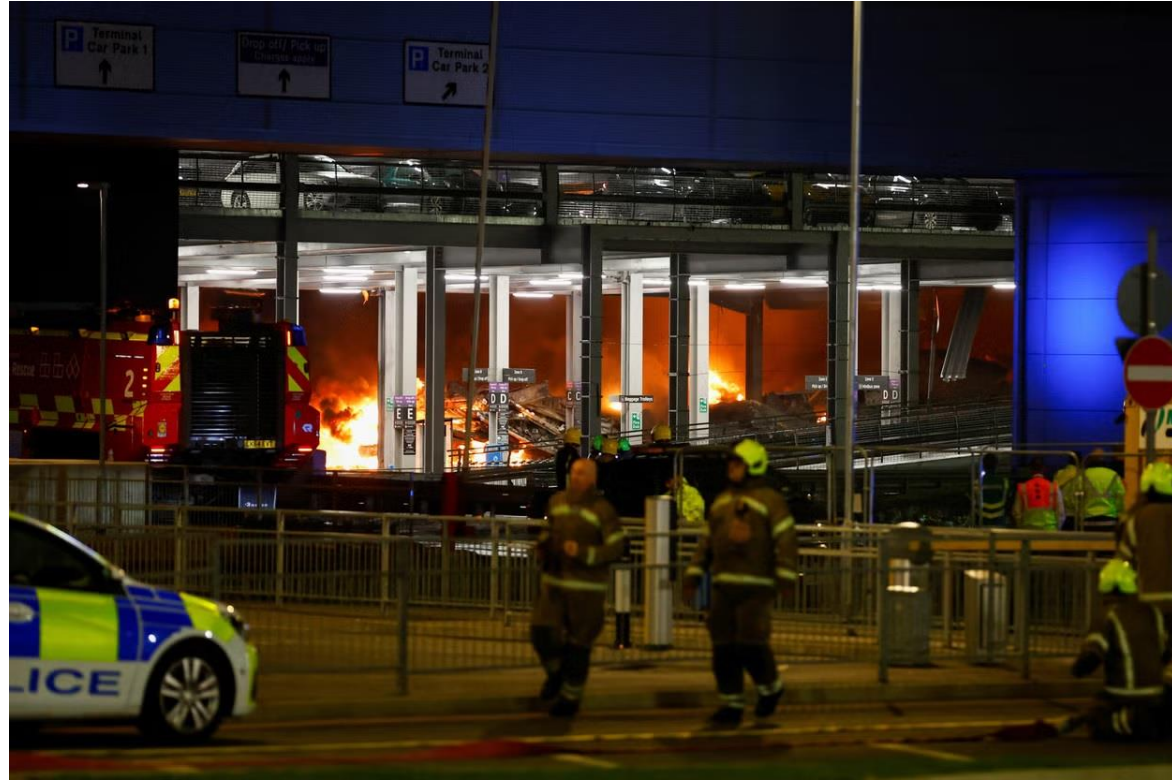


Imagem: Reuters (2023)



Reuters

Firefighters from Buckinghamshire, Cambridgeshire, Hertfordshire, Northamptonshire and London tackled the blaze



Imagem: Bedfordshire Fire and Rescue Service (2023)

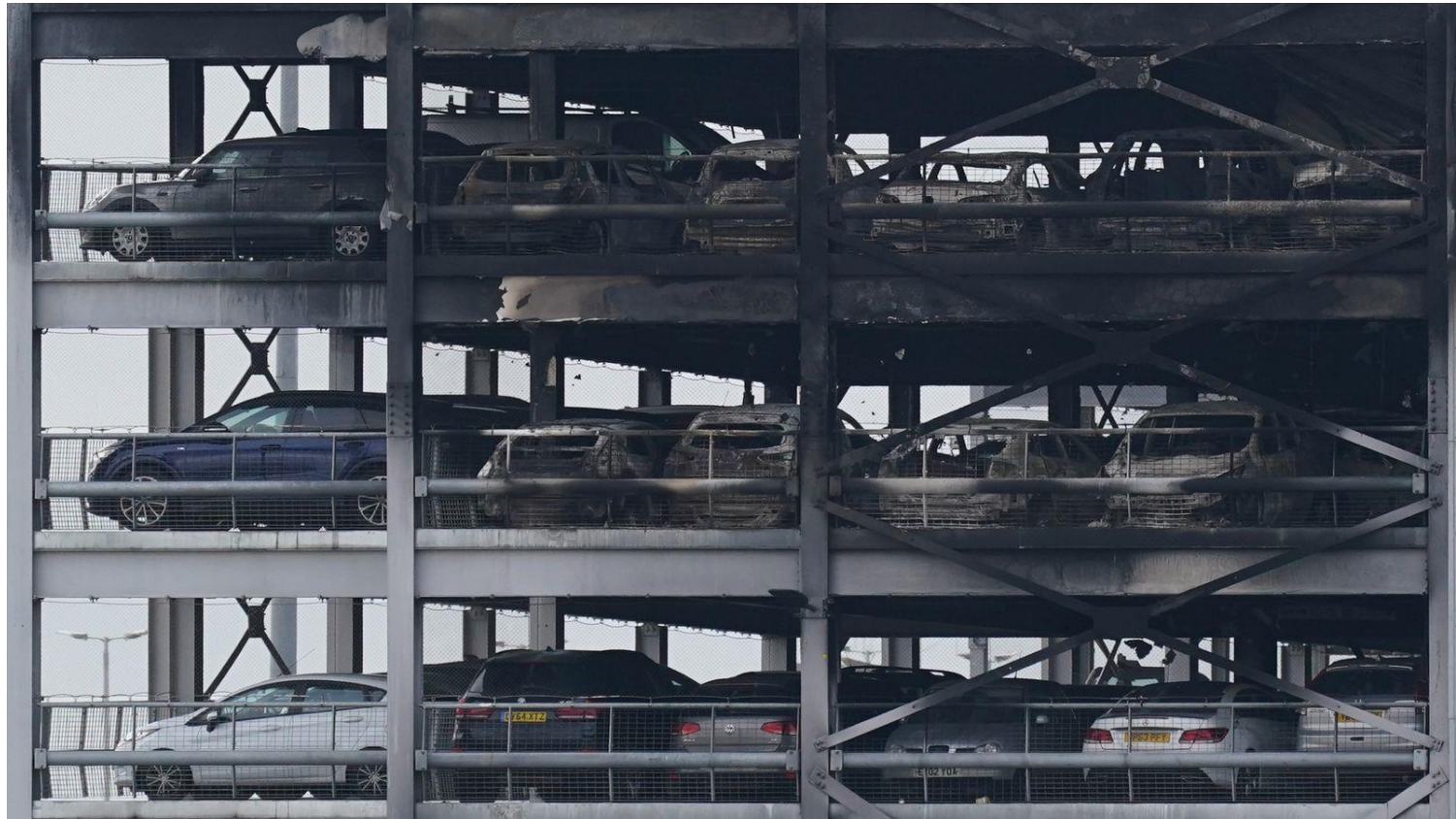
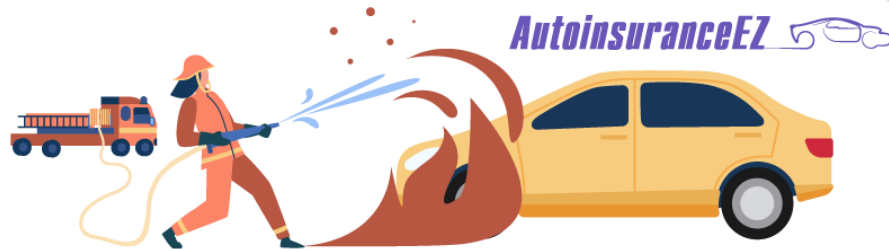


Imagem: Sky News (2023)



Imagem: London Luton Aiport (2023)

## CAR FIRES BY VEHICLE TYPE



Rank and Fuel Type	Fires (per 100k Sales)	Total Fires
1 Hybrid	3,474.5	16,051
2 Gas	1,529.9	199,533
3 Electric	25.1	52

Divulgado em 2022

## Estatística de incêndio em veículos elétricos na China no período de fevereiro de 2011 a junho de 2018 (carregando, colisão, combustão espontânea, imersão e outros)

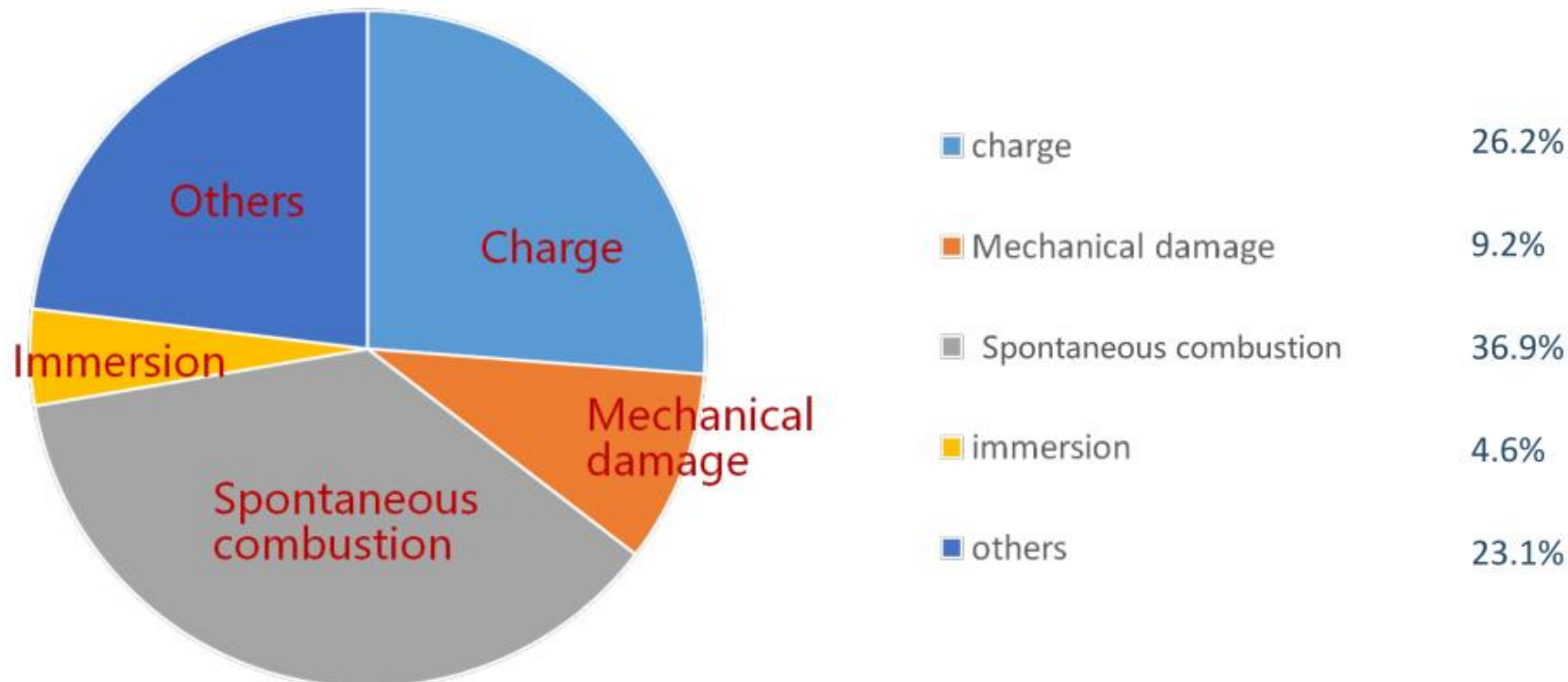
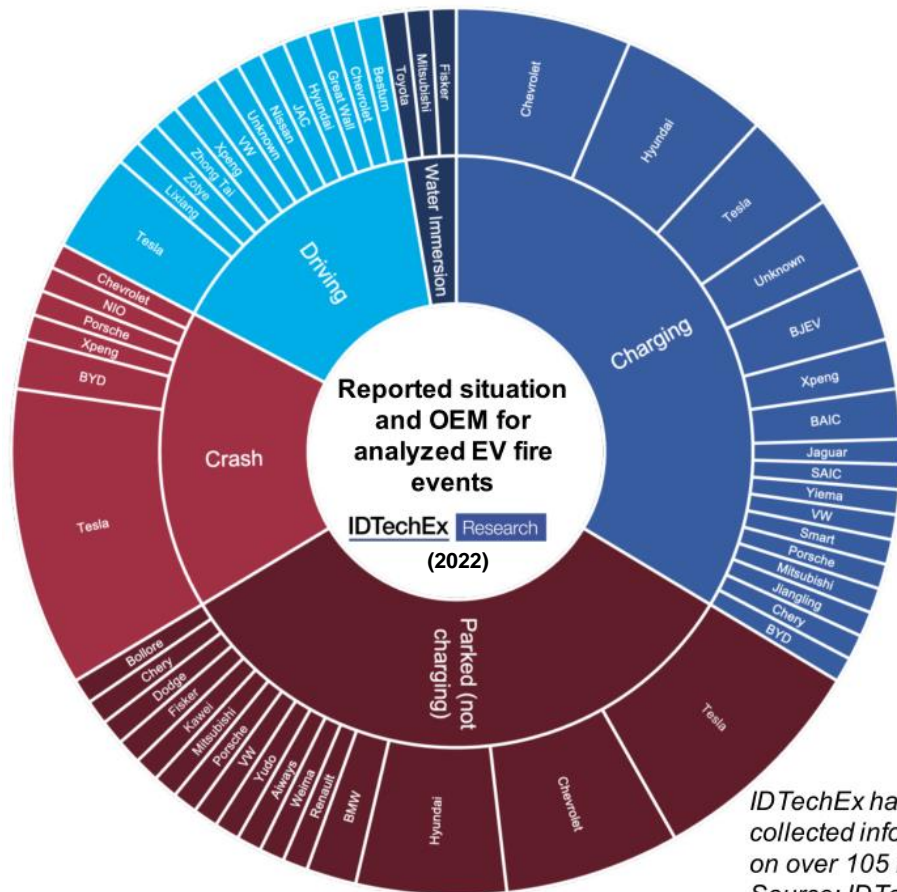


Imagem: United Nations Economic Commission for Europe. Electric Vehicle Safety Informal Working Group (2018)





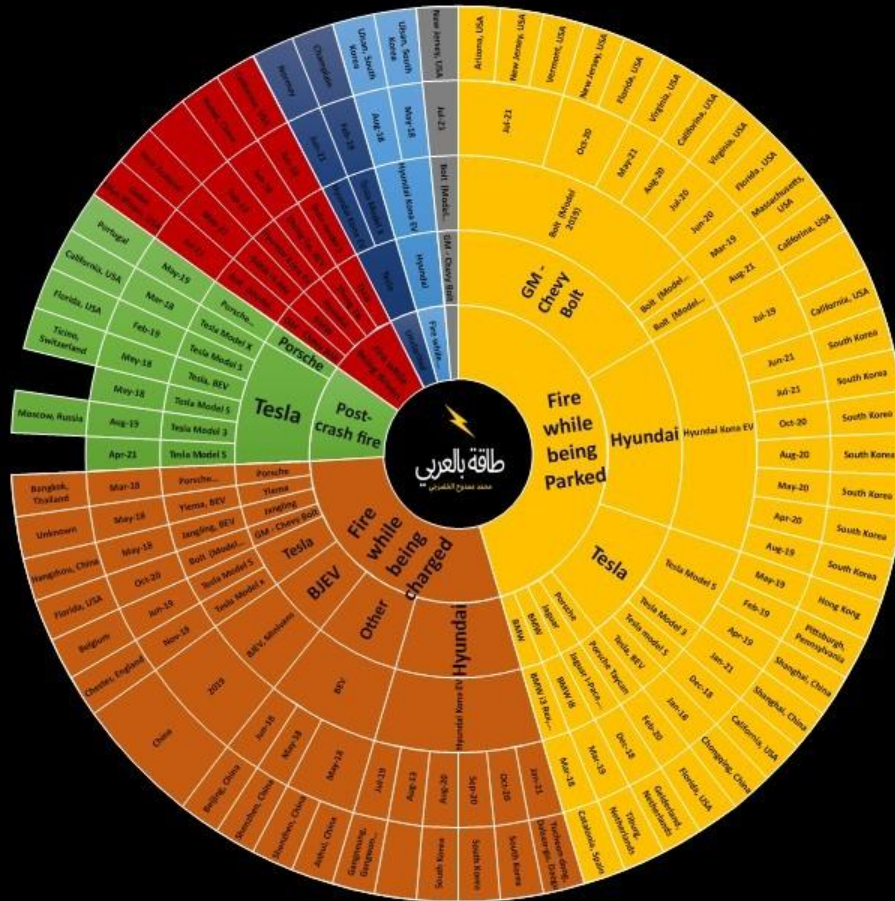
IDTechEx has collected information on over 105 EV fires. Source: IDTechEx.

# Electrical Vehicles Fires Incidents [2018- August 2021] | Presented by Thermal Runaway Context

Prepared by: Dr.-Ing. Mohamed M. Elkadragy

Battery Storage Expert

[Based on the information provided in the references 1,2,3&4]



طاقة بالعربي | Taqa Belarabi  
 Dr.-Ing. Mohamed M. Elkadragy | محمد ممدوح الخضرجي  
 Battery Storage Expert | خبير مجال البطاريات و تخزين الطاقة

- Fire while being driven
- Fire while being Parked
- Fire while being charged
- Fire while being Parked
- Fire while Production
- Post-crash fire
- Unclarified



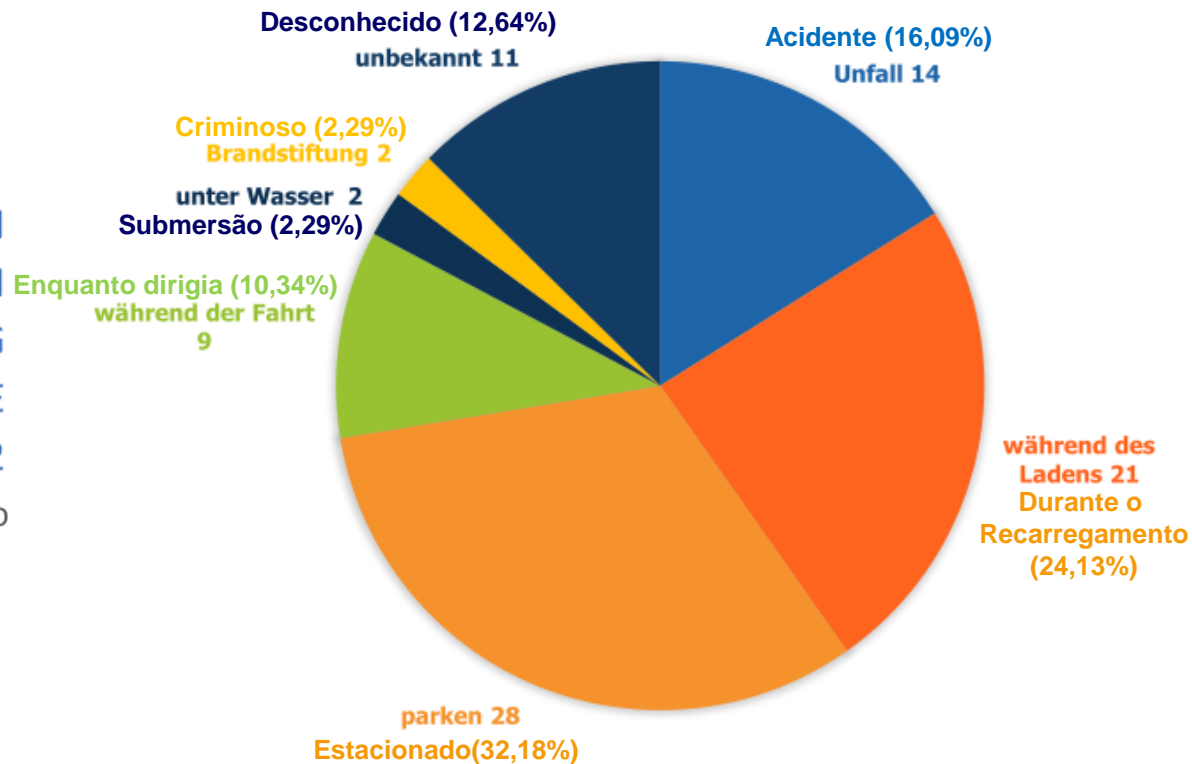


AUSWERTUNG VON  
UNFALLSTATISTIKEN VON  
ELEKTROFAHRZEUGEN IN BEZUG  
AUF DIE UNFALLURSACHE  
Arbeitspaket 2.2

Projekt ALBERO

2021

Análise de incidentes com veículos elétricos envolvendo incêndio:  
87 casos (2014 - 2020, em todo o mundo)



# QUEIMA LIVRE DE BATERIA

## Best Practices for Emergency Response to Incidents Involving Electric Vehicles Battery Hazards: A Report on Full-Scale Testing Results

### *Final Report*

Prepared by:

R. Thomas Long Jr., P.E., CFEI  
Andrew F. Blum, P.E., CFEI  
Thomas J. Bress, Ph.D., P.E., CRE  
Benjamin R.T. Cotts, Ph.D.

Exponent, Inc.  
17000 Science Drive, Suite 200  
Bowie, MD 20715

© June 2013 Fire Protection Research Foundation



## FIRE RESEARCH

THE FIRE PROTECTION RESEARCH FOUNDATION  
ONE BATTERYMARCH PARK  
QUINCY, MASSACHUSETTS, U.S.A. 02169-7471  
E-MAIL: [Foundation@NFPA.org](mailto:Foundation@NFPA.org)  
WEB: [www.nfpa.org/Foundation](http://www.nfpa.org/Foundation)

A Fire Protection Research Foundation (2013) realizou um teste de queima livre e outros de combate a incêndio em baterias de íons de lítio. No teste de queima sem supressão ao fogo. As chamas cessaram após 1h34min, momento no qual a temperatura externa da bateria era de 400°C.



Imagem: Fire Protection Research Foundation (2013)



# INCÊNDIO E EXPLOÇÃO

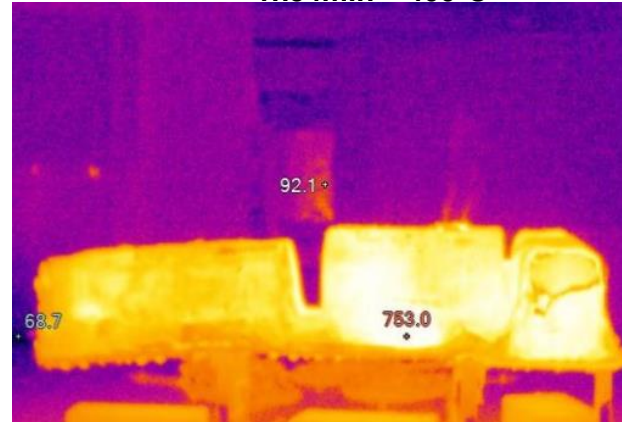
14min50seg = Grande jato de fogo com faíscas



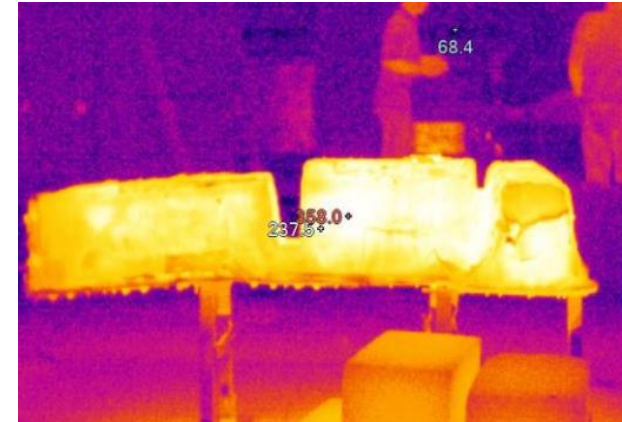
1h34min = Chamas cessaram



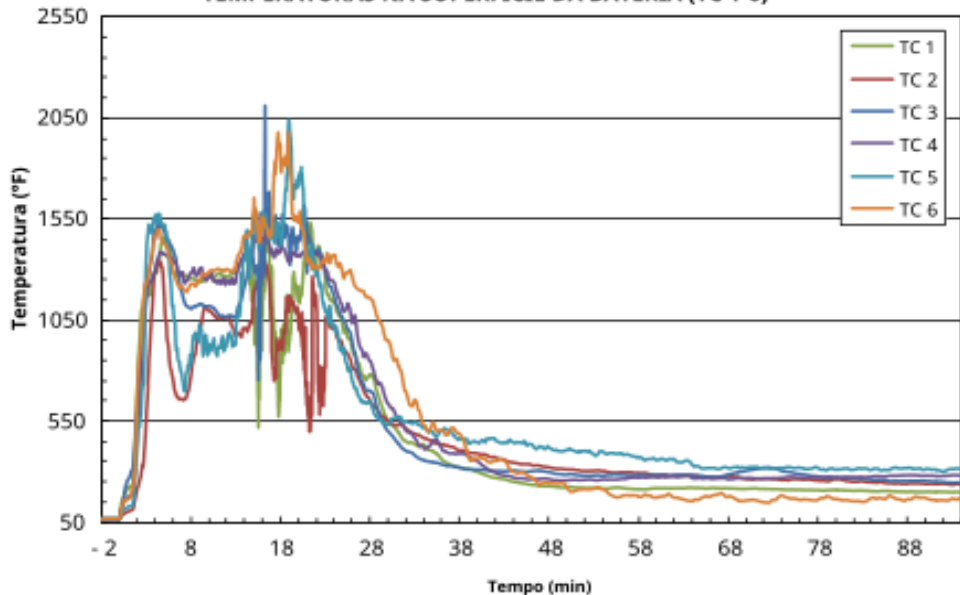
1h34min = 400°C



2h após as chamas terem cessado = 181°C



### TEMPERATURAS NA SUPERFÍCIE DA BATERIA (TC 1-6)



### TEMPERATURAS DENTRO DA BATERIA

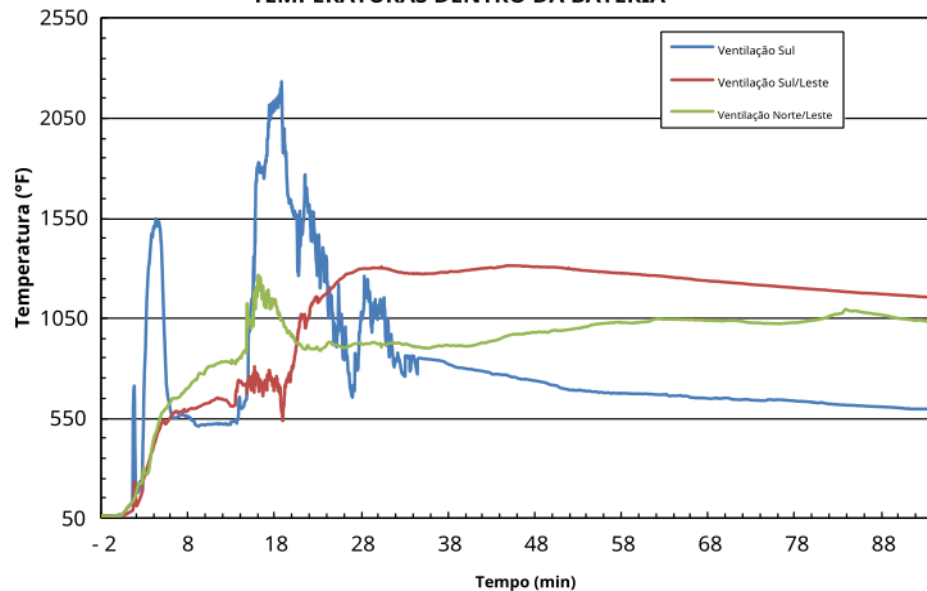


Imagem: Fire Protection Research Foundation (2013)

Imagem: Fire Protection Research Foundation (2013)

50 °F = 10 °C  
550 °F = 287,78 °C  
1.050 °F = 565,55 °C  
1.550 °F = 843,33 °C  
2.050 °F = 1.121,11 °C

## Examinando riscos de veículos elétricos em Garagens de estacionamento

PROPRIEDADE E ACIDENTE

JEFFREY JOHN (TRADUÇÃO)

JAN 11, 2024

8 MINUTOS



... socorristas (dedos de bombeiros) e segundos socorristas...  
O site da NFPA tem O QUE NÓS FAZ OS NOSSOS INSIGHTS  
... resposta a emergências e treinamentos de segurança dos fabricantes para



... em desenvolvimento, os resultados mostraram  
O QUE NÓS FAZ OS NOSSOS INSIGHTS  
... mente que os detectores são eficazes no alerta sobre incêndios

Como os veículos modernos evoluem para usar combustíveis alternativos e maiores quantidades de plástico, novas orientações da NFPA 88A, *Standard for Parking Structures*, agora exigem que todas as garagens de estacionamento tenham sistemas de sprinklers instalados de acordo com a NFPA 13. Antes dessa nova orientação, os operadores de estacionamento não precisavam instalar sprinklers em estruturas de estacionamento abertas. Embora o sistema de sprinklers não apague o fogo do carro, ele reduzirá a taxa de propagação dentro da estrutura de estacionamento, portanto, constantemente saciando o carro ao lado do que está em chamas e impedindo-o de pegar fogo também. De acordo com a NFPA, a edição de 2022 da NFPA 13, *Norma para a Instalação de Sistemas de Sprinklers*, mudou para aumentar a classificação de risco recomendada para estruturas de estacionamento de um Grupo de Perigos Ordinários 1 para um Grupo de Perigoso Ordinário 2. O efeito é um aumento de 33% na produção de água dos sprinklers. Da mesma forma, a partir de janeiro de 2021, a FM Global alterou a classificação de risco para estruturas de estacionamento de HC-2 para HC-3, aumentando também a densidade de projeto de sprinklers.

- Todas as novas garagens de estacionamento devem ter sprinklers automáticos e devem ser projetadas por NFPA 13 2022 com densidade OH2 0,22/1500.
- Para os estacionamentos existentes, a autoridade competente pode exigir proteção de sprinklers existente em torno de novas estações de carregamento ou exigir que o estacionamento de veículos elétricos seja reforçado de acordo com os padrões atuais da NFPA. Consulte um engenheiro de proteção contra incêndio para avaliar seu sistema de sprinkler existente.





## Fire Safety for Electric Vehicles and Other Modern Vehicles in Parking Structures

### Impact of modern vehicles

The 2022 edition of [\*NFPA 13, Standard for the Installation of Sprinkler Systems\*](#), for example, has changed to increase the recommended hazard classification for parking structures from an Ordinary Hazard Group 1 to an Ordinary Hazard Group 2. The effect is a 33 percent increase in the design density, moving from 0.15 gpm/ft<sup>2</sup> to 0.2 gpm/ft<sup>2</sup>.

0,15 gpm = 0,57 lpm | 0,2 gpm = 0,76 lpm | 1ft<sup>2</sup> = 0,092903 m<sup>2</sup>

As of January of 2021, FM Global data sheets have also increased the hazard category for parking garages and car parks from a Hazard Category 2 to a Hazard Category 3.

New to the 2023 edition of NFPA 88A, all parking garages are now required to have sprinkler systems installed in accordance with NFPA 13. Prior to this edition, sprinklers didn't have to be installed in open parking structures.

## **Minicurrículo**

- Bacharel em Direito, pela Universidade Católica de Brasília
- Bombeiro Militar da ativa, desde o ano de 2000, sendo apenas 3 (três) em setores administrativos
- Especialista em salvamento terrestre, em sistema de comando de incidentes e em salvamento veicular
- Foi instrutor da disciplina de salvamento no Curso de Formação de Praças do CBMDF (2013/2014)
- Foi instrutor da disciplina de salvamento veicular no Curso de Aperfeiçoamento de Sargentos do CBMDF (2020)
- Foi integrante do Grupo de Trabalho responsável pela atualização, no ano de 2023, do Projeto Pedagógico do Curso de Salvamento Veicular do CBMDF
- É instrutor da disciplina de salvamento veicular no Curso de Operações de Busca e Salvamento (COBS) do CBMDF, desde o ano de 2015
- É instrutor do Curso de Salvamento Veicular do CBMDF, desde a primeira turma, ou seja, desde o ano de 2016
- É instrutor da oficina de Formação de Instrutores de Salvamento Veicular do CBMDF, desde o ano de 2016
- É instrutor de combate a incêndio veicular no Curso de Operações em Incêndio do CBMDF, desde o ano de 2023
- Co-autor de 8 (oito) boletins de informação técnico-profissional sobre salvamento veicular no âmbito do CBMDF, sendo: Acidente veicular envolvendo energia elétrica; Acidente veicular envolvendo produto perigoso; Atendimento pré-hospitalar no salvamento veicular; Estabilização veicular; Gerenciamento de riscos; Guarnição de salvamento veicular; Técnicas de acesso e de desencarceramento; e Acidentes veiculares com veículos elétricos e elétricos híbridos.
- Agraciado com Moção de Louvor emitida pela Câmara Legislativa do Distrito Federal pela atuação no âmbito do socorro às vítimas de trânsito
- Agraciado com Moção de Louvor emitida pela Câmara Legislativa do Distrito Federal pelos serviços prestados ao CBMDF
- Estuda protocolos, artigos científicos, laudos de centros de pesquisa, perícias e manuais internacionais relacionados ao tema de sinistros com veículos, inclusive veículos elétricos e veículos elétricos híbridos, desde o ano de 2012

# Obrigado!

---

Rubens Bezerra Lima de Montalvão  
rubinhoblina@gmail.com

