

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL FREDERICO GUILHERME SCHMIDT

TÉCNICO EM ELETROMECAÂNICA



DETECTOR DE CURTO-CIRCUITO PARA CARROS ELÉTRICOS

**ANDREY ALVARIZA DE ARAUJO
BRAYAM BITENCOURT DA FÉ
VINÍCIUS GABRIEL BOMERICH**

**SÃO LEOPOLDO
2025**

ANDREY ALVARIZA DE ARAUJO
BRAYAM BITENCOURT DA FÉ
VINÍCIUS GABRIEL BOMERICH

DETECTOR DE CURTO-CIRCUITO PARA CARROS ELÉTRICOS

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso Técnico apresentado ao Curso de Eletromecânica da Escola Técnica Estadual Frederico Guilherme Schmidt como requisito para aprovação nas disciplinas do curso sob orientação da professora Linamir Rodrigues da Rosa e coorientação do professor Adriano Santos.

RESUMO

O crescimento dos veículos elétricos na América Latina tem aumentado a preocupação com a segurança das baterias, que podem apresentar riscos de curto-circuito, superaquecimento e em casos mais graves incêndios. Pensando nisso, propõe-se um protótipo de baixo custo capaz de monitorar corrente e temperatura em tempo real, identificando falhas e alertando o condutor. O dispositivo, chamado “Detector de Curto-Circuito para Carros Elétricos”, utilizará Arduino Uno, sensor LM35, sensor de corrente contínua, buzzer e display LCD I2C. Com esse sistema integrado, será possível detectar situações de risco antecipadamente e emitir alertas sonoros e visuais de forma imediata. A expectativa é que o protótipo funcione de maneira simples e eficiente, contribuindo para a segurança dos ocupantes, a preservação dos componentes internos e o fortalecimento da confiança nessa nova tecnologia sustentável.

Palavras-chave: veículos elétricos; curto-circuito; Sistema de detecção; protótipo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Representação de um buzzer.	Erro! Indicador não definido.
Figura 02 – Representação de um Arduino Uno.	17
Figura 03 – Representação de um Sensor LM35.	18
Figura 04 – Representação do Sensor de Corrente Contínua.	19
Figura 05 – Representação do Display LCD I2C.	21
Figura 06 – Partes que compõem módulo I2C para display LCD 16×2 ou 20×4.	21
Figura 07 – Representação de uma Protoboard.	22
Figura 08 – Representação de Cabos Jumper.	23
Figura 09 – Representação de uma bateria de Íon de Lítio.	26
Figura 10 – Representação de uma bateria de Níquel Hidreto Metálico.	27
Figura 11 – Representação de uma bateria de Chumbo-Ácido.	28
Figura 12 – Esquema Elétrico.	

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Estado da Arte	13
Tabela 02 – Modelos de bateria de carro elétrico.	24
Tabela 03 – Cronograma.	35
Tabela 04 – Recursos	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABVE	Associação Brasileira do Veículo Elétrico
CLP	Controlador Lógico Programável
IDE	Ambiente de Desenvolvimento Integrado (<i>Integrated Development Environment</i>)
IoT	Internet das Coisas (<i>Internet of Things</i>)
ISO	International Organization for Standardization
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i> (Display de Cristal Líquido)
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
SDA	<i>Serial Data</i>
SCL	<i>Serial Clock</i>
VCC	Tensão de Alimentação Positiva
GND	<i>Ground</i> (Terra ou referência do circuito)

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Ampère
V	Volt
W	Watt
Wh	Watt-hora
Ω	Ohm
Hz	Hertz
kV	Quilovolt
mA	Miliampere
%	Porcentagem
°C	Grau Celsius
N	Newton

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1010
1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO	11
1.2 PROBLEMA	11
1.3 OBJETIVOS	11
1.3.1 Objetivo Geral	11
1.3.2 Objetivos Específicos	11
1.4 JUSTIFICATIVA	12
2. ESTADO DA ARTE	13
2.1 ESTUDO DE MEDIDAS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM CENÁRIOS ENVOLVENDO ACUMULADORES DE ENERGIA	13
2.2 DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO COMO PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE DETECTOR DE CURTO-CIRCUITO REMOTO	14
2.3 OTIMIZAÇÃO MULTIOBJETIVO APLICADA NO PROJETO DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO TÉRMICO DE BATERIAS DE ÍONS DE LÍTIO PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS URBANOS DE PEQUENO PORTE	14
2.4 DETECTOR DE CURTO-CIRCUITO PARA CARROS ELÉTRICOS	15
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1 BUZZER	16
3.2 ARDUINO UNO	17
3.3 SENSOR LM35	18
3.4 SENSOR DE CORRENTE CONTÍNUA	19
3.5 DISPLAY LCD I2C	20
3.6 PROTOBOARD	22
3.7 CABOS JUMPER	22
3.8 BATERIAS DE CARROS ELÉTRICOS	23
3.8.1 Tipos de Bateria	24
3.8.2 Bateria de Íon de Lítio (Li-ion)	25
3.8.2.1 Funcionamento e Vantagens	25
3.8.2.2 Composição e Segurança	26
3.8.3 Bateria de Níquel Hidreto Metálico (NíMH)	26
3.8.3.1 Funcionamento e Vantagens	26

3.8.3.2 Desvantagens	27
3.8.4 Bateria de Chumbo-Ácido	27
3.8.4.1 Funcionamento e Vantagens	27
3.8.4.2 Desvantagens	28
3.9 ABNT NBR 17019:2019 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO	28
3.10 ABNT NBR 14039:2005 - INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE MÉDIA TENSÃO DE 1,0 KV A 36,2 KV	29
3.11 ISO 6469-3:2021 - SEGURANÇA PARA VEÍCULOS RODOVIÁRIOS ELÉTRICOS	29
3.12 COMO FUNCIONA UM CARRO ELÉTRICO?	30
3.13 QUAIS SÃO OS TIPOS DE CARROS ELÉTRICOS?	30
3.14 CURTOS CIRCUITOS NOS CARROS ELÉTRICOS	31
4. METODOLOGIA Erro! Indicador não definido.	32
4.1 TIPO DE PESQUISA	33
4.2 ESQUEMA ELÉTRICO	33
5. CRONOGRAMA	33
6. RECURSOS	35
7. RESULTADOS ESPERADOS OU PARCIAIS	36
REFERÊNCIAS	37
ANEXOS	39

1. INTRODUÇÃO

A ideia de um carro 100% elétrico existe há décadas, sendo que o primeiro modelo funcional foi desenvolvido em 1991. Desde então, com o avanço tecnológico, esses veículos vêm passando por constantes melhorias e conquistando cada vez mais espaço no cenário automotivo, especialmente na América Latina. As vendas têm registrado crescimento médio anual de 127,23%. Apenas entre o primeiro trimestre de 2024 e o de 2025, observou-se um aumento de 39,6% no volume comercializado, evidenciando a expansão significativa desse mercado. (ABVE)

Portanto, o presente projeto foi pensado para garantir ao proprietário uma segurança nessa transição para carros 100% elétricos. O “Detector de Curto-Circuito para Carros Elétricos” tem como principal função monitorar os módulos da bateria dos carros e identificar o curto antes de se iniciar um incêndio, assim proporcionando uma maior segurança ao motorista e aos passageiros, reduzindo os riscos associados a falhas elétricas relacionadas às baterias presentes em veículos elétricos, cuja complexidade dos sistemas eletrônicos exige mecanismos eficientes de monitoramento e proteção.

O dispositivo proposto será constituído por um Arduino Uno, um sensor CM35 (utilizado para medição de temperatura), um sensor de corrente contínua (CC) para monitorar o fluxo elétrico, um *buzzer* (dispositivo eletroacústico) e uma tela LCD I2C. Esses componentes serão integrados para formar um sistema de monitoramento capaz de identificar condições anormais no circuito elétrico do veículo.

O sistema será acionado ao detectar um curto-circuito na bateria do carro, condição que pode levar ao superaquecimento, falhas sistêmicas, e até incêndios. Ao identificar a falha, o *buzzer* será ativado, emitindo um sinal sonoro de alerta, enquanto o Display LCD exibirá uma mensagem informativa, alertando o motorista sobre a instabilidade elétrica. Dessa maneira, o motorista é informado em tempo real sobre a falha, permitindo que o condutor e os passageiros tomem as medidas necessárias antes que o problema evolua para uma situação mais grave.

Além da detecção de curtos-circuitos, o projeto também incluirá um mecanismo para identificar o superaquecimento do sistema, oferecendo uma camada extra de proteção ao conjunto elétrico do veículo. Essa funcionalidade adicional contribui

significativamente para a preservação dos componentes internos e para a prevenção de acidentes, alinhando-se às normas de segurança e à demanda por sistemas automotivos mais inteligentes e autônomos.

Em suma, este projeto visa não apenas aumentar a segurança veicular, mas também promover a confiabilidade dos veículos elétricos, incentivando o uso dessa tecnologia sustentável e inovadora de forma segura e eficiente.

1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO

Desenvolvimento de um dispositivo detector de curto-circuito visando proporcionar segurança para o motorista e passageiros.

1.2 PROBLEMA

É possível desenvolver um dispositivo que possa alertar o superaquecimento de baterias de carros elétricos e/ou curtos-circuitos a fim de assegurar a segurança das pessoas no veículo?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um dispositivo visando alertar problemas de superaquecimento e curtos-circuitos na bateria de carros elétricos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analisar os sistemas elétricos de carros elétricos, identificando os componentes mais suscetíveis a curtos-circuitos e os riscos associados.
- Pesquisar métodos e tecnologias existentes para a detecção e prevenção de curto-circuito em veículos automotivos.

- Projetar um circuito eletrônico capaz de detectar curtos-circuitos em tempo real, considerando as especificidades dos carros elétricos.
- Construir um protótipo funcional do detector de curto-circuito utilizando sensores apropriados, microcontroladores e sistemas de alerta.
- Realizar testes experimentais para validar o funcionamento do protótipo em cenários simulados, analisando sua precisão, confiabilidade e tempo de resposta.

1.4 JUSTIFICATIVA

O mercado de veículos elétricos no Brasil vem apresentando um crescimento significativo, tanto nas vendas quanto no interesse por parte dos consumidores. Em 2024, houve um aumento de 89% nas vendas de carros elétricos, totalizando mais de 177 mil veículos emplacados, de acordo com dados divulgados pela ABVE (2025). Esse crescimento tem impulsionado a necessidade por soluções que garantam maior segurança, confiabilidade e eficiência para estes sistemas. Diante disso, o presente projeto se destaca pela importância de desenvolver uma tecnologia acessível e eficaz para a detecção de curtos-circuitos e superaquecimentos em baterias presentes em carros elétricos, prevenindo acidentes e preservando a integridade dos componentes e dos ocupantes do veículo.

Embora existam tecnologias sofisticadas nos veículos elétricos atuais, ainda há lacunas quanto ao uso de soluções de baixo custo e fácil implementação voltadas especificamente à detecção de falhas elétricas, como nas baterias dos carros elétricos. Por isso, o projeto conta com a utilização de componentes acessíveis e de fácil obtenção, propondo uma abordagem prática e eficiente, que pode ser facilmente adaptada ou incorporada a diversos modelos de veículos.

Ao proporcionar um monitoramento em tempo real do sistema elétrico, ele permite que o motorista identifique e responda rapidamente a eventuais problemas, evitando incêndios e falhas graves no funcionamento do veículo. Assim, este dispositivo se torna uma solução prática e importante para os problemas que surgem com os veículos elétricos.

No aspecto econômico, o projeto propõe uma alternativa que pode ser replicada em larga escala, favorecendo tanto fabricantes quanto usuários de veículos elétricos.

Já em relação ao impacto ambiental, a prevenção de incêndios em veículos elétricos contribui diretamente para benefícios sustentáveis, uma vez que a redução desses eventos resulta na diminuição da emissão de poluentes atmosféricos provenientes da queima de materiais. Ou seja, o projeto não apenas protege o veículo e seus ocupantes, mas também auxilia na preservação da qualidade do ar e na mitigação dos impactos ambientais negativos.

2. ESTADO DA ARTE

Pesquisa	Autoria	Ano de publicação
Estudo de medidas de segurança contra incêndio em cenários envolvendo acumuladores de energia	Christian Gomes Alves	2023
Desenvolvimento de um protótipo como proposta de elaboração de detector de curto-circuito remoto	Guilherme Américo Rosa Eduardo Lisboa Lopes Jackson Tsukada Mauro Vanderlei de Amorim	2024
Otimização multiobjetivo aplicada no projeto de um sistema de gerenciamento térmico de baterias de íons de lítio para veículos elétricos urbanos de pequeno porte	Samuel Henrique Werlich	2024

Tabela 01 - Estado da Arte
Fonte: os autores (2025)

2.1 ESTUDO DE MEDIDAS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM CENÁRIOS ENVOLVENDO ACUMULADORES DE ENERGIA

O projeto de Alves (2023) tem como objetivo desenvolver um estudo de medidas de segurança contra incêndio em cenários envolvendo acumuladores de energia, com foco em baterias de íon lítio, cuja utilização é amplamente consolidada na eletromobilidade e em diversos dispositivos populares como celulares e notebooks. Inicialmente é abordado o fenômeno da fuga térmica, o qual caracteriza o incêndio

nesses dispositivos e os diferencia dos demais. Sendo essas diferenças muito bem exemplificadas por meio de um comparativo de incêndio entre um veículo elétrico e outro à combustão. Em seguida apresenta-se a categorização dos riscos conforme padrões internacionais em cinco níveis. Evidenciando a relevância do presente trabalho através dos dados estatísticos coletados de forma global e demonstrando os impactos desses novos riscos e desafios para as edificações e seus ocupantes.

2.2 DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO COMO PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE DETECTOR DE CURTO-CIRCUITO REMOTO

O projeto está relacionado com as redes de distribuição de energia elétrica, pois devido ao fato de essas redes serem extensas e expostas às intempéries, são dotadas de equipamentos que auxiliam na detecção de falhas, porém, localizados na maioria das vezes nas subestações ou em algum trecho específico da rede, o que torna a localização de falhas pouco eficiente. Essa pesquisa teve por objetivo elaborar um protótipo de detector de curto-circuito que sinalize remotamente para um operador o trecho em que ocorreu a falha por meio de um aplicativo, visando agilidade no atendimento e manutenção de falhas na rede elétrica (ROSA et al., 2024).

2.3 OTIMIZAÇÃO MULTIOBJETIVO APLICADA NO PROJETO DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO TÉRMICO DE BATERIAS DE ÍONS DE LÍTIO PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS URBANOS DE PEQUENO PORTE

O trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento térmico de baterias (BTMS) baseado em materiais de mudança de fase (PCM), voltado para veículos elétricos urbanos de pequeno porte. A proposta busca enfrentar o problema da geração excessiva de calor em baterias de íons de lítio durante descargas de alta corrente, fenômeno que pode causar desequilíbrios térmicos entre as células, afetando tanto a segurança quanto o desempenho e a vida útil do sistema. O estudo desenvolveu uma metodologia de otimização multiobjetivo para o dimensionamento de BTMS passivos, utilizando ferramentas como ANSYS Fluent, DesignXplorer e modeFRONTIER, além de recursos como CAD parametrizado e simulações multi físicas (WERLICH, 2024).

2.4 DETECTOR DE CURTO-CIRCUITO PARA CARROS ELÉTRICOS

Diferente dos projetos anteriores, que discutem normas e riscos, mas sem apresentar sistemas de detecção, focam em redes elétricas externas ou propõem soluções térmicas passivas sem interação direta com o condutor, este projeto apresenta uma solução prática voltada diretamente para veículos elétricos, com resposta imediata e acessível ao usuário.

O diferencial deste projeto se baseia em detectar o curto-circuito e a fuga térmica causada pelo superaquecimento das baterias, e assim, por meio de um *buzzer* instalado no painel, emitir ao condutor um alerta sonoro, dessa forma, aumentando a segurança e promovendo a confiabilidade dos veículos elétricos.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 BUZZER

Buzzers são dispositivos eletroacústicos que transformam sinais elétricos em sons audíveis. Eles são amplamente utilizados para gerar alertas, notificações ou sinais sonoros em diversos equipamentos eletrônicos e sistemas.

Figura 01 – Representação de um buzzer.



Fonte: Eletrogate (2018)

Esses dispositivos costumam emitir um som característico — como um zumbido ou um tom — que varia conforme o tipo de *buzzer* e sua aplicação. Eles estão disponíveis em diversos formatos e tamanhos, desde pequenos componentes isolados até módulos integrados em sistemas eletrônicos mais complexos.

O *buzzer* opera convertendo sinais elétricos em ondas sonoras audíveis, funcionando como um transdutor eletroacústico. Um dos tipos mais comuns é o *buzzer piezoelétrico*, que utiliza um material piezoelétrico — geralmente um cristal cerâmico — capaz de se deformar mecanicamente quando submetido a uma tensão elétrica.

Quando um sinal elétrico alternado é aplicado ao material piezoelétrico, ele vibra rapidamente em uma frequência específica. Essas vibrações são transmitidas a uma membrana ou disco metálico acoplado ao transdutor, que amplifica as vibrações e gera o som característico — normalmente um zumbido, bipe ou tom. Existem dois principais tipos de *buzzers*:

- **Buzzer ativo:** Possui um circuito oscilador interno. Basta aplicar uma tensão DC constante para que ele gere som automaticamente. É ideal para aplicações simples em que não se deseja controlar a frequência do som.

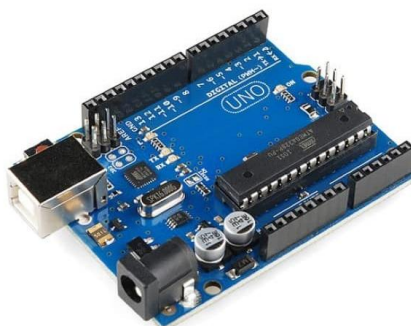
- **Buzzer passivo:** Requer um sinal de entrada oscilante (por exemplo, uma onda quadrada) gerado por um microcontrolador ou outro circuito. Isso permite maior controle sobre a frequência e o padrão do som emitido.

Os *buzzers* podem operar em diferentes faixas de frequência, geralmente entre 2 kHz e 4 kHz, que são audíveis e eficazes para alertas. Além disso, eles são muito usados em dispositivos como alarmes, timers, eletrodomésticos, painéis de veículos, brinquedos e equipamentos industriais, graças à sua simplicidade, baixo custo e eficiência. (MAKERHERO, 2024)

3.2 ARDUINO UNO

O Arduino Uno é uma placa de desenvolvimento aberta e acessível que facilita a criação de projetos eletrônicos e de programação. Ele é baseado em um microcontrolador que permite ao usuário controlar componentes eletrônicos, como LEDs, motores e sensores, de forma simples. A placa é programada por meio de uma linguagem de programação fácil de entender, e ela possui pinos de entrada e saída que interagem com o mundo físico. O Arduino Uno é um dos modelos mais populares dentro da plataforma Arduino, sendo utilizado tanto por iniciantes quanto por profissionais em diversas áreas, como automação, robótica e Internet das Coisas (IoT).

Figura 02 – Representação de um Arduino uno.



Fonte: Makerhero (2025)

O Arduino Uno é uma placa de desenvolvimento baseada em microcontrolador que facilita a criação de projetos eletrônicos e de programação. Ele é composto por um microcontrolador ATmega328P, que é o "cérebro" do sistema, e oferece uma série

de pinos de entrada/saída (E/S) digitais e analógicos, permitindo que o Arduino interaja com diversos sensores, atuadores e outros componentes eletrônicos.

Ao programar o Arduino, o código escrito em sua IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) é compilado e enviado para o microcontrolador da placa. O microcontrolador então executa esse código, controlando os pinos de E/S para acionar dispositivos como LEDs, motores, ou para ler entradas de sensores. O Arduino pode ser alimentado por USB ou por uma fonte externa de 7 a 12V.

Uma das principais vantagens do Arduino Uno é sua simplicidade e grande comunidade de desenvolvedores, o que facilita tanto para iniciantes quanto para desenvolvedores experientes. Ele é amplamente utilizado em projetos de automação, prototipagem, robótica e Internet. (VICTOR VISION, 2022).

3.3 SENSOR LM35

O LM35 é um tipo de sensor de temperatura que fornece uma saída elétrica proporcional ao valor medido. Ele converte a variação de temperatura em um sinal de tensão analógica, facilitando a leitura por microcontroladores ou sistemas de aquisição de dados. Sua principal característica é a alta precisão e a calibração direta em graus Celsius, dispensando ajustes adicionais. Além disso, o LM35 apresenta baixo consumo de energia e resposta rápida às mudanças de temperatura, sendo amplamente utilizado em projetos eletrônicos, sistemas de automação, controle térmico e monitoramento de condições ambientais.

Figura 03 – Representação de um sensor LM35.



Fonte: Eletrogate (2018)

O LM35 é um tipo de sensor de temperatura, utilizado para medir a variação térmica em diferentes ambientes e dispositivos eletrônicos. Ele é um sensor analógico, o que significa que converte diretamente a temperatura em um sinal de tensão elétrica proporcional, já calibrado em graus Celsius.

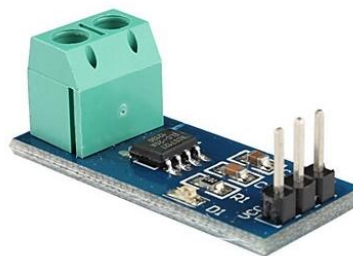
Quando ocorre a variação de temperatura, o LM35 gera uma saída elétrica linear, em que cada grau Celsius corresponde a um aumento de 10 mV no sinal. Essa característica facilita a leitura e a integração com microcontroladores ou sistemas de aquisição de dados, permitindo medições precisas e de fácil interpretação.

O LM35 é muito usado em projetos que necessitam de monitoramento e controle de temperatura em tempo real, como em sistemas de climatização, controle térmico de equipamentos, monitoramento ambiental e dispositivos de proteção contra superaquecimento. (Eletrogate, 2018)

3.4 SENSOR DE CORRENTE CONTÍNUA

O sensor de corrente contínua é um dispositivo eletrônico utilizado para realizar a medição da corrente elétrica em circuitos de corrente contínua. Ele tem a capacidade de identificar e definir a intensidade da corrente que percorre um ponto específico do circuito, fornecendo informações precisas para o controle, o monitoramento e a segurança dos sistemas elétricos.

Figura 04 – Representação do Sensor de Corrente Contínua.



Fonte: Eletrogate (2022)

Os sensores de corrente contínua funcionam com base no efeito Hall. Esse fenômeno ocorre quando um material condutor ou semicondutor é exposto a um campo magnético perpendicular ao fluxo de corrente elétrica. Essa interação gera uma

diferença de potencial (tensão de Hall), proporcional à intensidade do campo magnético é proporcional à corrente que circula pelo condutor.

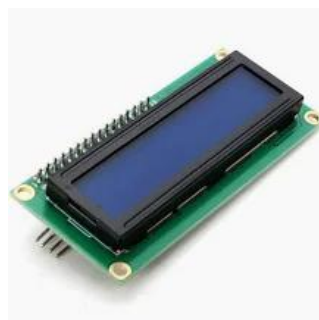
Os sensores de corrente contínua não medem diretamente em Amperes (A) como um multímetro faz. Em vez disso, eles transformam a corrente que passa por um condutor em um sinal elétrico de fácil interpretação, geralmente uma tensão. O sinal gerado pelo sensor é processado e convertido em uma tensão proporcional à corrente medida. Esse sinal é enviado para sistemas de leitura, como os microcontroladores ou controladores lógicos programáveis (CLPs). A saída do sensor pode ser:

- **Saída analógica:** apresenta uma variação contínua de tensão, proporcional ao valor da corrente detectada. É ideal para aplicações que exigem leitura precisa e em tempo real.
- **Saída digital:** opera com base em um valor de referência pré-estabelecido. Quando a corrente ultrapassa esse limite, o sensor altera seu estado lógico (por exemplo, de 0 para 1), funcionando de forma semelhante a um interruptor eletrônico. (IMPORTEI COMPONENTES, 2017)

3.5 DISPLAY LCD I2C

O display LCD (*Liquid Crystal Display*) com interface I2C é um componente eletrônico utilizado para exibir informações em uma tela. Ele é uma variação dos displays LCD convencionais (como os modelos 16x2 ou 20x4), mas que possui um adaptador com comunicação I2C, o que simplifica bastante a ligação com microcontroladores, como o Arduino ou o ESP32.

Figura 05 – Representação do Display LCD I2C.



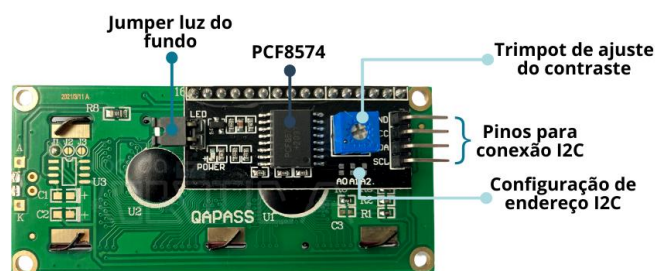
No centro do módulo I2C, está o chip PCF8574, um expensor de 8 bits que converte os dados I2C de um microcontrolador nos dados paralelos exigidos pelo display LCD.

Na parte lateral, o módulo I2C possui quatro pinos para conexão com o Arduino ou qualquer outro microcontrolador que suporte o protocolo de comunicação I2C. Estes quatro pinos são: GND, VCC, SDA e SCL. O pino SDA é o responsável pela transferência e recebimento de dados. O pino SCL é utilizado para temporização.

O módulo I2C conta também com dois pinos para controle da luz de fundo do visor do display, que se encontram conectados por um jumper, por padrão. Assim, a luz de fundo estará sempre ligada. Você pode remover este jumper para desligar a luz de fundo do display.

A placa conta com um pequeno trimpot para fazer ajustes finos no contraste do display e um barramento para configuração do endereço I2C. (BLOG DA ROBÓTICA, 2022)

Figura 06 – Partes que compõem módulo I2C para display LCD 16×2 ou 20×4.

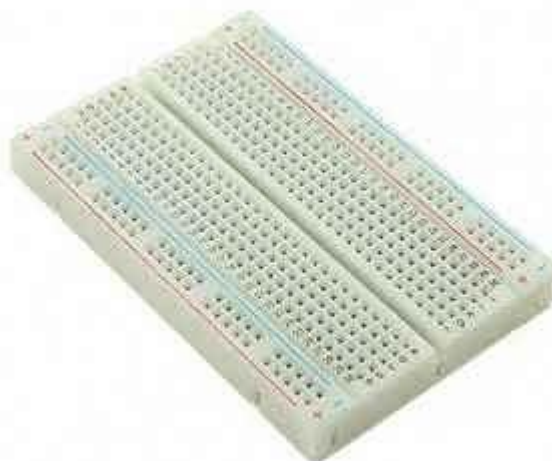


Fonte: Blog da Robótica (2022)

3.6 PROTOBOARD

A protoboard é um dispositivo utilizado para a montagem e teste de circuitos eletrônicos de forma provisória e sem a necessidade de soldagem. Sua estrutura é composta por uma matriz de furos interligados por trilhas metálicas condutoras, que permitem a conexão elétrica entre componentes e fios de maneira prática e segura.

Figura 07 – Representação de uma Protoboard.



Fonte: Eletrogate (2017)

A protoboard é amplamente empregada em etapas de prototipagem e validação de projetos eletrônicos, possibilitando ajustes rápidos no circuito e facilitando a análise de funcionamento antes da confecção de uma placa de circuito impresso (PCI). Esse recurso contribui para a otimização do processo de desenvolvimento, reduzindo custos e tempo de teste, além de minimizar erros em projetos experimentais ou de pesquisa aplicada.

3.7 CABOS JUMPER

Os cabos jumper são condutores elétricos utilizados para realizar conexões entre componentes eletrônicos em protoboards, módulos e placas de desenvolvimento, como o Arduino. Esses cabos são compostos por fios flexíveis com terminações metálicas padronizadas, que permitem o encaixe direto nos furos da protoboard ou nos pinos de módulos e microcontroladores, garantindo uma conexão segura e sem a necessidade de soldagem.

Figura 08 – Representação de Cabos Jumper.



Fonte: Casa da Robótica (2020)

Os jumpers podem ser classificados em três tipos principais: macho-macho, macho-fêmea e fêmea-fêmea, dependendo do tipo de conector em cada extremidade. Essa variedade possibilita diferentes combinações de ligação entre dispositivos, facilitando a montagem de circuitos complexos.

No contexto de projetos experimentais e prototipagem, os cabos jumper são essenciais para a interligação rápida e organizada dos elementos do circuito, permitindo modificações e testes de forma prática. Além disso, sua utilização contribui para a clareza e segurança das conexões elétricas, sendo um recurso indispensável em ambientes de pesquisa, ensino e desenvolvimento de sistemas eletrônicos.

3.8 BATERIAS DE CARROS ELÉTRICOS

As baterias de carros elétricos são componentes fundamentais na tecnologia de veículos elétricos, fornecendo a energia necessária para o acionamento do motor e o funcionamento de outros sistemas eletrônicos. Elas representam uma das partes mais críticas do veículo, tanto do ponto de vista do desempenho quanto da autonomia e sustentabilidade ambiental. Abaixo, vamos explorar os aspectos principais das baterias de carros elétricos, seus tipos, funcionamento e desafios associados.

3.8.1 Tipos de bateria:

A comparação dos seguintes tipos de baterias de carros elétricos pode ser vista na tabela a seguir.

Tabela 02 – Modelos de bateria de carro elétrico.

	Íon de Lítio	Níquel Hidreto Metálico (NiMH)	Chumbo-ácido
Densidade energética (Wh / kg)	100 - 300	40 - 120	30 - 40
Densidade de potência (W / kg)	1.000 - 5.000	300 - 1.000	180
Ciclo de vida	500 - 15.000	500 - 1.000	500 - 800
Eficiência de carga e descarga	95 - 99%	65 - 80%	70 - 92%
Taxa de descarga própria	1 - 5% / mês	~30% / mês	3 - 20% / mês
Tolerância à sobrecarga	Baixa	Baixa	Alta

Manutenção	Sem necessidade	60 - 90 dias	3 - 6 meses
Tempo de carga rápida	1 hora ou menos	2 - 4 horas	8 - 16 horas

Fonte: Neocharge (2023)

3.8.2 Bateria de Íon de Lítio (Li-ion)

A bateria de íon de lítio é a mais comum nos carros elétricos, especialmente em veículos totalmente elétricos e híbridos plug-in. Esse tipo de bateria também é amplamente utilizado em dispositivos eletrônicos portáteis, como telefones celulares e laptops.

3.8.2.1 Funcionamento e Vantagens:

As baterias de íon de lítio não sofrem do "efeito memória", ou seja, podem ser recarregadas a qualquer momento, sem precisar serem descarregadas completamente, o que não afeta sua eficiência.

- **Alta eficiência energética:** Possuem uma excelente relação de peso/potência. Isso significa que, apesar de seu peso relativamente leve, elas conseguem armazenar uma grande quantidade de energia, o que é crucial para a autonomia dos carros elétricos.
- **Desempenho em altas temperaturas:** Elas funcionam bem em climas mais quentes, o que as torna ideais para uma variedade de condições ambientais.
- **Baixa manutenção:** São de baixo custo de manutenção em comparação com outras tecnologias de baterias.

3.8.2.2 Composição e Segurança:

- **Íons de lítio:** Embora se chamem "baterias de lítio", essas baterias não contêm lítio metálico; elas contêm **íon de lítio**, que são átomos ou moléculas com carga elétrica.

- **Segurança:** As baterias de íon de lítio são geralmente as mais seguras em comparação com outras opções, com fabricantes garantindo medidas para evitar falhas catastróficas, como incêndios ou explosões.

Figura 09 – Representação de uma bateria de Íon de Lítio.



Fonte: Neocharge (2023)

3.8.3 Bateria de Níquel Hidreto Metálico (NiMH)

As baterias de hidreto metálico de níquel (NiMH) são comumente utilizadas em veículos híbridos. Elas também podem ser usadas em alguns veículos totalmente elétricos, mas são mais comuns em híbridos devido à sua capacidade de ser recarregada pelo motor a combustão.

3.8.3.1 Funcionamento e Vantagens:

- **Ciclo de vida mais longo:** As baterias NiMH tendem a ter uma vida útil mais longa do que as de íon de lítio ou de chumbo-ácido.
- **Custo mais baixo:** Elas têm um custo inicial mais baixo em comparação com as baterias de íon de lítio, o que as torna uma opção mais acessível para veículos híbridos.

3.8.3.2 Desvantagens:

Apesar do preço inicial mais baixo, o custo total de manutenção e substituição pode ser alto devido à sua menor eficiência energética e menor densidade energética.

As baterias NiMH perdem carga mais rapidamente quando não estão em uso, o que pode resultar em uma menor autonomia.

Em temperaturas elevadas, elas tendem a gerar mais calor, o que pode afetar seu desempenho e durabilidade.

Figura 10 – Representação de uma bateria de Níquel Hidreto Metálico.



Fonte: Neocharge (2023)

3.8.4 Bateria de Chumbo-Ácido

As baterias de chumbo-ácido são uma das tecnologias de baterias mais antigas e são mais comumente usadas para acessórios e sistemas de apoio em veículos elétricos, como o fornecimento de energia para luzes, rádio, etc.

3.8.4.1 Funcionamento e Vantagens:

São as baterias mais baratas de todas, o que as torna atraentes para certas aplicações.

As baterias de chumbo-ácido são seguras e confiáveis para o armazenamento de energia em curto prazo, o que as torna ideais para aplicações secundárias em veículos elétricos.

3.8.4.2 Desvantagens:

Curta vida útil: As baterias de chumbo-ácido têm uma vida útil mais curta e não são eficientes em comparação com outras tecnologias de baterias.

Baixo desempenho em temperaturas frias: Elas têm um desempenho significativamente reduzido em climas frios.

Baixa densidade energética: Para armazenar a mesma quantidade de energia que outras tecnologias, elas precisam ser fisicamente maiores e mais pesadas.

Figura 11 – Representação de uma bateria de Chumbo-Ácido.



Fonte: Neocharge (2023)

3.9 ABNT NBR 17019:2019 - INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

Segundo a ABNT, a norma não trata da avaliação de riscos de explosão causados pela liberação de hidrogênio ou outros gases inflamáveis durante o carregamento das baterias. A NBR 17019 substitui partes da NBR 5410, que define regras para instalações elétricas de baixa tensão até 1000 V em corrente alternada e 1500 V em corrente contínua no Brasil. (CANAL SOLAR, 2022)

3.10 ABNT NBR 14039:2005 - INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE MÉDIA TENSÃO DE 1,0 KV A 36,2 KV

Esta norma trata do projeto e execução de instalações elétricas de média tensão, entre 1,0 kV e 36,2 kV, visando garantir segurança e continuidade no fornecimento de energia. Ela se aplica tanto a instalações alimentadas por concessionárias quanto por fontes próprias, abrangendo sistemas de geração, distribuição e uso da energia. Reformas, ampliações e instalações temporárias também estão incluídas, desde que respeitem os critérios mínimos exigidos para evitar riscos a pessoas, ao meio ambiente e a instalações vizinhas.

Além disso, embora a norma trate da escolha e instalação dos componentes, ela não substitui as exigências legais de órgãos públicos nem os padrões técnicos definidos pelas concessionárias, especialmente no trecho entre o ponto de entrega e o início da instalação. Instalações em condições especiais, como ambientes marítimos ou sistemas com gás neônio, devem seguir normas complementares específicas. (MICHELON ENGENHARIA, 2005)

3.11 ISO 6469-3:2021 - SEGURANÇA PARA VEÍCULOS RODOVIÁRIOS ELÉTRICOS

A ISO 6469-3:2021 traz os requisitos de segurança elétrica para os circuitos de classe B de tensão em sistemas de propulsão e auxiliares conectados em veículos elétricos de estrada. A norma estabelece como devem ser feitos os testes e quais critérios seguir para garantir que esses veículos ofereçam proteção contra choques elétricos e riscos de aquecimento excessivo. Ela também detalha pontos importantes como o isolamento dos componentes, uso de barreiras e invólucros de proteção, conectores, prevenção de curto-circuitos, alimentação elétrica, ligação equipotencial e resistência de isolamento.

O objetivo principal é proteger não só quem utiliza o veículo, mas também quem mexe na manutenção e operação desses sistemas, garantindo que tudo funcione de forma segura e confiável. Por isso, essa norma é essencial para quem desenvolve e certifica veículos elétricos, ajudando a manter padrões internacionais de segurança que facilitam o uso e a aceitação desses veículos no mercado global.

A ISO 6469-3:2021 define diferentes classes de tensão para veículos elétricos: A, B, B1 e B2, sendo que B1 e B2 são subclasses dentro da classe B, cada uma com níveis e requisitos próprios de tensão. Essas classes indicam a faixa de tensão que o sistema elétrico do veículo pode operar, tanto em corrente contínua (CC) quanto em corrente alternada (CA).

Na prática, a classe B abrange tensões em corrente contínua acima de 60 V e até 1000 V, e em corrente alternada, entre 30 V e 100 V (valor eficaz). Já as subclasses se dividem assim: a classe B1 inclui tensões de CC entre 60 V e 75 V, e de CA entre 30 V e 50 V; enquanto a classe B2 abrange tensões maiores, de CC entre 75 V e 1500 V, e de CA entre 50 V e 1000 V. Essas definições ajudam a estabelecer

os requisitos de segurança para cada tipo de sistema elétrico dentro dos veículos. (AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE, 2023)

3.12 COMO FUNCIONA UM CARRO ELÉTRICO?

Carros elétricos funcionam usando eletricidade em vez de queimar combustível. O sistema básico deles depende de quatro componentes principais: a bateria, o inversor, o motor de indução e o sistema de recuperação de energia.

A bateria armazena a energia elétrica que vai fazer o carro andar. O inversor transforma essa energia, que está em corrente contínua, em corrente alternada, para alimentar o motor de indução. Esse motor usa a eletricidade para girar as rodas e colocar o carro em movimento.

Sem motor a combustão, o carro roda mais silencioso e sem emitir poluentes. Além disso, a eletricidade é usada de forma mais eficiente porque o motor elétrico tem menos atrito que um motor tradicional, o que deixa a aceleração mais suave e a direção mais fácil.

Outra vantagem é o sistema de recuperação de energia: quando o carro freia, em vez de perder essa energia em calor, ele converte parte dela de volta em eletricidade para recarregar a bateria, ajudando a economizar energia. (TECNOBLOG, 2023)

3.13 QUAIS SÃO OS TIPOS DE CARROS ELÉTRICOS?

Embora todos os carros elétricos usem eletricidade, alguns modelos também podem utilizar combustível em certas situações. São os três principais tipos:

- **Plug-in electric:** São totalmente elétricos e funcionam apenas com eletricidade. Precisam ser recarregados em tomadas ou estações de carregamento.
- **Plug-in hybrid:** Combinam eletricidade e combustível. Você pode rodar com energia elétrica, mas, se a carga acabar, o carro continua funcionando com gasolina ou outro combustível.
- **Hybrid electric:** Funcionam principalmente com combustível, mas possuem um sistema elétrico auxiliar. A bateria não é carregada na tomada — ela se recarrega sozinha durante o uso, especialmente ao frear, por meio do sistema

de recuperação de energia. (TECNOBLOG, 2023)

3.14 CURTOS CIRCUITOS NOS CARROS ELÉTRICOS

As baterias utilizadas em veículos elétricos, predominantemente as de íons de lítio, operam com alta densidade de energia e são compostas por múltiplas células eletroquímicas. Embora projetadas com sistemas de segurança, tais baterias estão suscetíveis a falhas internas e externas que podem resultar em curto-circuitos, representando um risco significativo para a integridade do sistema e a segurança do usuário.

Os curtos-circuitos internos geralmente ocorrem quando há falha no material separador que isola os eletrodos positivo e negativo dentro da célula. Isso pode ser causado por defeitos de fabricação, contaminação por partículas metálicas, degradação química com o tempo ou deformações mecânicas durante o uso. Já os curtos externos são provocados por fatores como perfuração do invólucro da bateria, acidentes, infiltração de líquidos condutivos, sobretensões ou conexões indevidas. Quando um curto-circuito ocorre, há uma passagem direta e descontrolada de corrente elétrica entre os polos da bateria, com resistência muito baixa. Isso resulta em um aumento abrupto da temperatura interna devido ao efeito Joule. A energia liberada pode danificar a estrutura da célula, derreter componentes internos e causar reações químicas perigosas que liberam calor.

Um dos fenômenos mais críticos desencadeados por curtos-circuitos é a chamada fuga térmica (*thermal runaway*), na qual o calor gerado internamente acelera as reações químicas dentro da célula. Essas reações liberam ainda mais calor e gases inflamáveis, aumentando a temperatura de forma exponencial. Esse ciclo pode levar à explosão da célula, propagação do incêndio para células vizinhas e liberação de fumaça tóxica, além de danificar todo o sistema elétrico do veículo.

Conforme apontado pela revista *The Economist* (2024), o aumento da capacidade energética das baterias para alcançar maiores autonomias tem elevado também o potencial destrutivo em caso de falhas. As consequências de um curto-circuito podem ser catastróficas, resultando na perda total do veículo, danos a propriedades, riscos à integridade física dos ocupantes e impactos ambientais. (JORNAL DO BRASIL, 2024)

4. METODOLOGIA

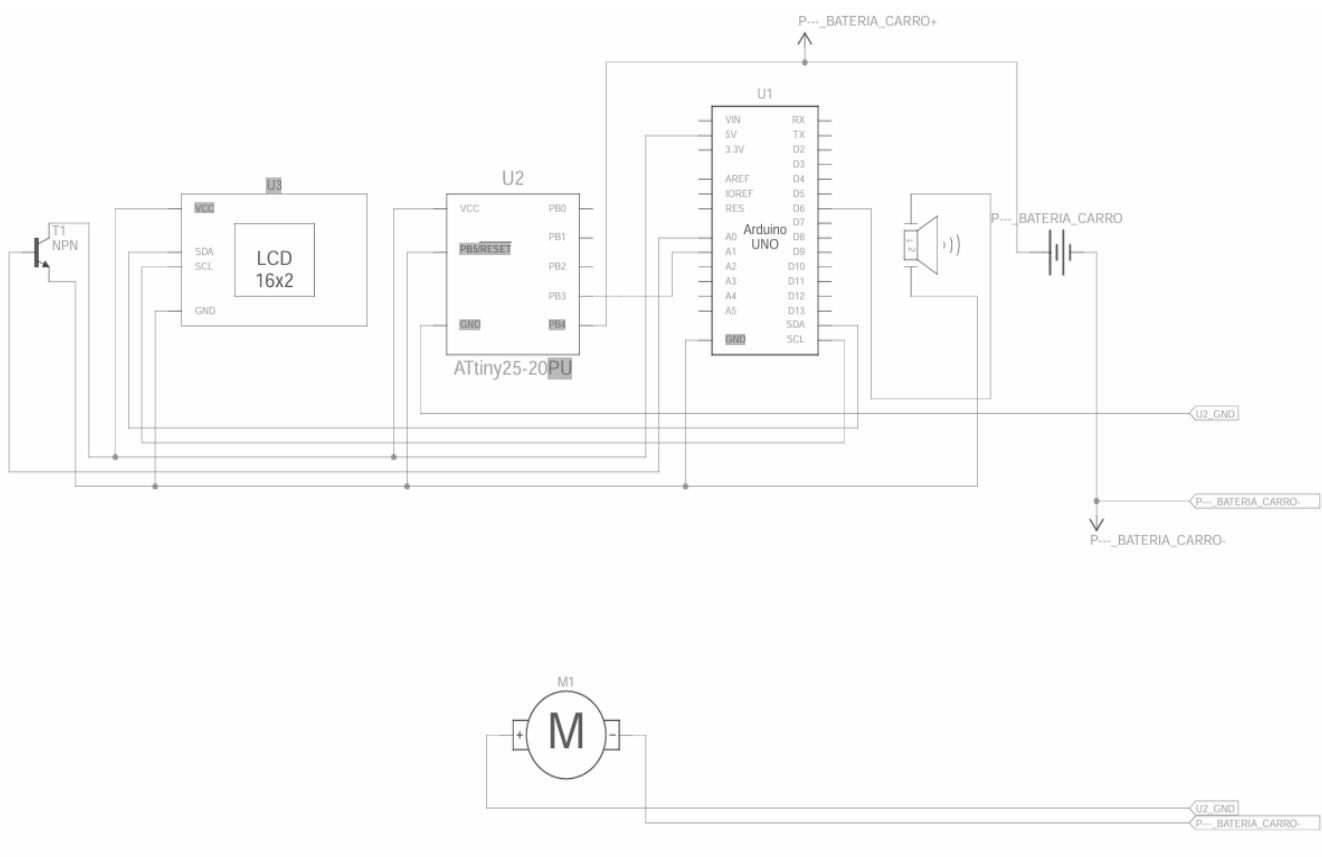
O presente trabalho adotou uma abordagem aplicada, com o propósito de desenvolver e validar um protótipo funcional de um detector de curto-circuito para carros elétricos. A metodologia foi estruturada de forma a permitir uma investigação prática e sistemática, iniciando-se com o levantamento de informações sobre a ocorrência de acidentes envolvendo incêndios e falhas elétricas em veículos elétricos. Essa etapa possibilitou compreender a relevância do tema e identificar as principais causas associadas a curtos-circuitos, fornecendo base para a definição dos requisitos do projeto. Em seguida, foi realizada uma análise técnica dos componentes e tecnologias disponíveis no mercado, buscando identificar sensores, microcontroladores e métodos de detecção mais adequados para o desenvolvimento do protótipo.

4.1 TIPO DE PESQUISA

A pesquisa desenvolvida no projeto combina abordagens qualitativas e quantitativas, com os métodos qualitativos possibilitando compreender em profundidade os problemas envolvidos e enquanto o método quantitativo permitiu mensurar e validar o desempenho do protótipo.

4.2 ESQUEMA ELÉTRICO

Figura 12 - Esquema Elétrico



Fonte: os autores (2025)

5. CRONOGRAMA

Tabela 03 - Cronograma

[illegible]

Fonte: os autores (2025)

6. RECURSOS

Tabela 04 - Recursos

Material	Valor unitário	Quantidade	Valor total	Fonte	Data
Buzzer	R\$2,30	1	R\$ 2,30	Eletrogate	23/08/2025
Arduino Uno	R\$56,90	1	R\$56,90	MakerHero	23/08/2025
Protoboard	R\$14,00	1	R\$14,00	Mercado Livre	23/08/2025
Display LCD I2C	R\$10,61	1	R\$10,61	Shopee	23/08/2025
Cabos jumper	R\$12,65	1	R\$12,65	Mercado Livre	23/08/2025
Sensor de corrente contínua	R\$14,11	1	R\$14,11	Usinainfo	23/08/2025
Sensor LM35	R\$12,26	1	R\$12,26	Eletrogate	23/08/2025
Valor final: R\$122,83					

Fonte: os autores (2025)

7. RESULTADOS ESPERADOS OU PARCIAIS

O resultado esperado deste projeto é desenvolver um detector de curto-circuito para carros elétricos capaz de identificar de maneira rápida e precisa a ocorrência de falhas elétricas. Com isso, busca-se reduzir significativamente os riscos de acidentes, como incêndios e danos aos sistemas internos dos veículos, aumentando a segurança e a confiabilidade tanto para usuários quanto para fabricantes.

Dessa forma, o projeto busca aumentar a confiabilidade e a segurança dos carros elétricos, proporcionando aos usuários maior tranquilidade durante a utilização do veículo e oferecendo aos fabricantes uma ferramenta de monitoramento que contribua para a manutenção preventiva e a durabilidade dos sistemas elétricos.

Com a construção do presente dispositivo, serão realizados testes experimentais em cenários simulados, a fim de validar sua precisão, confiabilidade e tempo de resposta, garantindo que o protótipo seja uma solução viável e eficiente para a prevenção de curtos-circuitos em veículos elétricos. Dessa forma, o trabalho pretende contribuir de maneira significativa para a segurança de motoristas e passageiros.

REFERÊNCIAS

ABVE – Associação Brasileira do Veículo Elétrico. **Relatório anual de vendas de veículos elétricos**. São Paulo, 2025. Disponível em: <https://www.abve.org.br>. Acesso em: 8 mai. 2025.

ALVES, Christian Gomes. **Estudo de medidas de segurança contra incêndio em cenários envolvendo acumuladores de energia**. 2023. Acesso em: 9 mai. 2025.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. **ISO 6469-3:2021 – Electrically propelled road vehicles — Safety specifications**. ANSI, 2023 Acesso em: 9 mai. 2025.

BLOG DA ROBÓTICA. **Módulo I2C para display LCD: como funciona e como usar**. 2022. Disponível em: <https://blogdarobotica.com>. Acesso em: 13 mai. 2025.

CANAL SOLAR. **ABNT NBR 17019 substitui partes da NBR 5410**. 2022. Disponível em: <https://canalsolar.com.br>. Acesso em: 9 mai. 2025.

ELETROGATE. **O que é e como funciona um buzzer?** 2018. Disponível em: <https://www.eletrogate.com>. Acesso em: 13 mai. 2025..

ELETROGATE. **Sensor de corrente contínua – Funcionamento**. 2022. Disponível em: <https://www.eletrogate.com>. Acesso em: 13 mai. 2025.

IMPORTEI COMPONENTES. **Sensores de corrente contínua: tipos e aplicações**. 2017. Disponível em: <https://www.importeicomponentes.com>. Acesso em: 13 mai. 2025.

JORNAL DO BRASIL. **Curtos-circuitos em carros elétricos: riscos e consequências**. 2024. Disponível em: <https://www.jb.com.br>. Acesso em: 13 mai. 2025.

MAKERHERO. **Buzzer: funcionamento e aplicações**. 2024. Disponível em: <https://www.makerhero.com>. Acesso em: 13 mai. 2025.

MAKERHERO. **Arduino Uno: guia completo.** 2025. Disponível em: <https://www.makerhero.com>. Acesso em: 13 mai. 2025.

MANUAL DA ELETRÔNICA. **Sensor de corrente LM35: funcionamento.** 2023. Disponível em: <https://www.manualdaeletronica.com>. Acesso em: 13 mai. 2025.

MICHELON ENGENHARIA. **ABNT NBR 14039:2005 – Instalações elétricas de média tensão.** 2005. Disponível em: <https://www.michelonengenharia.com>. Acesso em: 14 mai. 2025.

NEOCHARGE. **Modelos de baterias para carros elétricos.** 2023. Disponível em: <https://www.neocharge.com.br>. Acesso em: 13 mai. 2025.

ROSA, Guilherme Américo; LOPES, Eduardo Lisboa; TSUKADA, Jackson; AMORIM, Mauro Vanderlei de. **Desenvolvimento de um protótipo como proposta de elaboração de detector de curto-circuito remoto.** 2024. Acesso em: 9 mai. 2025.

TECNOBLOG. **Como funciona um carro elétrico?** 2023. Disponível em: <https://www.tecnoblog.net>. Acesso em: 14 mai. 2025.

TECNOBLOG. **Quais são os tipos de carros elétricos?** 2023. Disponível em: <https://www.tecnoblog.net>. Acesso em: 14 mai. 2025.

VICTOR VISION. **Guia do Arduino Uno: aplicações e funcionamento.** 2022. Disponível em: <https://www.victorvision.com>. Acesso em: 13 mai. 2025.

WERLICH, Samuel Henrique. **Otimização multiobjetivo aplicada no projeto de um sistema de gerenciamento térmico de baterias de íons de lítio para veículos elétricos urbanos de pequeno porte.** 2024. Acesso em: 9 mai. 2025.

ANEXOS