

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS
GERAIS CAMPUS TIMÓTEO**

Arthur Moraes Pimentel

**Protótipo para Controle de Acesso Veicular Utilizando
Tecnologia RFID**

Timóteo

2023

Arthur Morais Pimentel

Protótipo para Controle de Acesso Veicular Utilizando Tecnologia RFID

Monografia apresentada à Coordenação de Engenharia de Computação do Campus Timóteo do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Elder de Oliveira Rodrigues

Timóteo
2023

Arthur Morais Pimentel

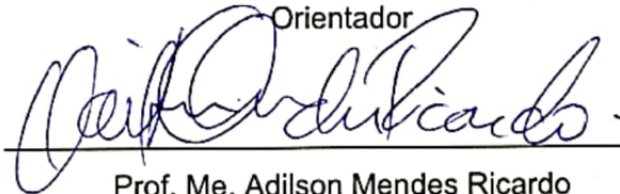
Protótipo para Controle de Acesso Veicular Utilizando Tecnologia RFID

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia de Computação do Centro
Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais,
campus Timóteo, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro de Computação.

Trabalho aprovado. Timóteo, 27 de novembro de 2023:



Prof. Dr. Elder de Oliveira Rodrigues
Orientador



Prof. Me. Adilson Mendes Ricardo
Professor Convidado



Profª. Dra. Viviane Cota Silva
Professora Convidada

Timóteo
2023

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que me proporcionou a oportunidade de alcançar novos conhecimentos e saberes, bem como desenvolver este presente trabalho. Aos meus familiares por todo apoio e incentivo, por estarem presentes em cada etapa deste processo. A meu amigo Luiz que esteve comigo nesta caminhada, acompanhando de perto, compartilhando ideias e opiniões. E ao professor Elder que me guiou neste trabalho, sendo super atencioso e paciente, fornecendo os devidos direcionamentos para finalização do mesmo.

Resumo

Sistemas de identificação automática tornaram-se comuns em soluções para controle de acesso e aplicações de segurança em áreas restritas que requerem identificação de usuários. Uma das tecnologias inseridas nesses sistemas é a identificação por radiofrequência (*RFID - Radio Frequency Identification*), tecnologia versátil que possibilita a transferência de dados sem necessidade de fios, contato físico ou de linha de visada. Considerando as vantagens desta tecnologia, o presente trabalho desenvolveu um protótipo de um sistema para controle de acesso em estacionamentos utilizando RFID. O modelo desenvolvido levou em consideração cenários com uso de objetos que vieram representar/simular portões eletrônicos, para entrada e saída de veículos. O modelo constitui-se em dois módulos: servidor web e sistema embarcado, sendo esse constituído por microcontrolador, display, conector ethernet, servomotores que simulam portões e sensores (distância, fim de curso e/ou aproximação). O sistema embarcado, desenvolvido e programado em linguagem C, permite ao microcontrolador verificar se as etiquetas RFID apresentadas aos leitores possuem permissão de acesso, movimentar e gerenciar o movimento dos portões para entrada e/ou saída via sensores, a fim de reduzir as chances de acidentes, e disponibilizar a relação do fluxo de acesso dos veículos no estacionamento. O servidor web consiste em um sistema de CRUD, onde são realizados o cadastro, leitura, atualização, e deleção de dados dos veículos e usuários, geridos e armazenados por um banco de dados não relacional. Foi desenvolvido um protótipo que integre o sistema embarcado com o servidor web, de modo que foi possível avaliar a viabilidade do modelo através da execução de testes. Como resultado final, a integração do sistema embarcado com o servidor web permitiu a simulação do controle de acesso veicular tornando o sistema como um todo mais prático para gerenciamento de abertura e fechamento do portão a partir da identificação por radiofrequência, bem como seu tempo de permanência.

Palavras chaves: RFID, sistema embarcado, servidor web, CRUD.

Abstract

Automatic identification systems have become common in solutions for access control and security applications in restricted areas that require user identification. One of the technologies integrated into these systems is radio frequency identification (RFID), a versatile technology that enables data transfer without the need for wires, physical contact, or line of sight. Considering the advantages of this technology, the present work developed a prototype of a parking access control system using RFID. The developed model took into account scenarios with the use of objects that represented/simulated electronic gates for the entry and exit of vehicles. The model consists of two modules: a web server and an embedded system, the latter consisting of a microcontroller, display, Ethernet connector, servo motors simulating gates, and sensors (distance, limit switch, and/or proximity). The embedded system, developed and programmed in the C language, allows the microcontroller to verify if the RFID tags presented to the readers have access permission, move and manage the gate movement for entry and/or exit via sensors to reduce the chances of accidents, and provide a record of the vehicle access flow in the parking lot. The web server is a CRUD (acronym for Create, Read, Update, and Delete) system, where vehicle and user data are registered, read, updated, and deleted, managed and stored by a non-relational database. A prototype was developed to integrate the embedded system with the web server, making it possible to evaluate the model's feasibility through test execution. As a final result, the integration of the embedded system with the web server allowed the simulation of vehicle access control, making the system as a whole more practical for managing the opening and closing of the gate based on radio frequency identification, as well as tracking the duration of vehicle stays.

Keywords: RFID, embedded system, web server, CRUD.

Lista de ilustrações

Figura 1 - Microcontrolador ATmega328 da placa Arduino UNO.....	15
Figura 2 - Principais componentes de uma placa Arduino.....	16
Figura 3 - Placas e Módulos de Entrada Arduino.....	17
Figura 4 - Placas Arduino de uso avançado.....	18
Figura 5 - O software Arduino IDE.....	19
Figura 6 - Componentes de Sistema RFID.....	22
Figura 7 - Estrutura cliente-servidor.....	27
Figura 8 - Organização da aplicação em camadas.....	28
Figura 9 - Estacionamento com controle de acesso.....	31
Figura 10 - Visão Geral do Sistema de Controle de Acesso GPACCESS.....	32
Figura 11 - Estado 1.....	33
Figura 12 - Fluxograma metodológico empregado para codificação do arduino.....	36
Figura 13 - Fluxograma metodológico empregado para a codificação do sistema web.....	37
Figura 14 - Fluxograma metodológico empregado para o desenvolvimento do projeto.....	38
Figura 15 - Tela de Login.....	42
Figura 16 - Tela de início.....	42
Figura 17 - Tela de Usos/Acessos.....	43
Figura 18 - Tela de Listagem de Usuários.....	43
Figura 19 - Tela de Cadastro de Novo Usuário.....	44
Figura 20 - Tela de Edição de Usuário.....	44
Figura 21 - Tela de Listagem de Veículos.....	45
Figura 22 - Tela de Tags Temporária.....	46
Figura 23 - Modelagem Banco de Dados.....	48
Figura 24 - Funcionamento do Arduino.....	50
Figura 25 - Fluxograma do funcionamento do ESP8266.....	51
Figura 26 - Sensor óptico reflexivo Tcrt5000.....	52
Figura 27 - Micro Servo 9g SG90.....	53
Figura 28 - Representação portão.....	54
Figura 29 - Montagem final sistema embarcado.....	55
Figura 30 - Protótipo sistema embarcado.....	56
Figura 31 - Tela tags temporárias modo cadastro tag.....	57
Figura 32 - Leitura tags pelo sistema embarcado.....	57
Figura 33 - Tag cadastrada.....	58
Figura 34 - Listagem de tags cadastradas.....	58
Figura 35 - Seleção de usuário para tag.....	59
Figura 36 - Modo cadastro de tags desabilitado.....	60
Figura 37 - Acesso negado.....	60
Figura 38 - Acesso liberado.....	61
Figura 39 - Abertura da porta.....	61
Figura 40 - Identificação pelo sensor óptico.....	62

Lista de tabelas

Tabela 1 - Principais componentes de uma placa Arduino.....	16
Tabela 2 - Classes de identificadores EPC Global.....	23
Tabela 3 - Características dos identificadores.....	24
Tabela 4 - Aplicação dos identificadores.....	26
Tabela 5 - Requisitos Funcionais do Administrador.....	40
Tabela 6 - Requisitos Não-Funcionais.....	41

Lista de abreviaturas e siglas

RFID	Identificação por Radiofrequência
IoT	Internet das Coisas
LCD	Tela de Cristal Líquido
PLC	Power Line Communication
GPS	Sistema de posicionamento global
E/S	Entrada e Saída
I/O	Input e Output
USB	Porta Universal
GND	Filtro graduado de densidade neutra
VIN	Entrada de alimentação
IDE	Integrated development environment
ROM	Memória somente para leitura
LF	Frequência Baixa
HF	Frequência Alta
UHF	Frequência Ultra-Alta
JSON	JavaScript Object Notation
NoSQL	Not Only Structured Query Language
TAG	Transponder Address Generator
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure
FTP	File Transfer Protocol
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
POP	Post Office Protocol
IMAP	Internet Message Access Protocol
WEB	World Wide Web
CRUD	Create (criar), Read (ler), Update (atualizar) e Delete (apagar)

Sumário

1. Introdução.....	11
1.1. Problema.....	9
1.2. Justificativa.....	9
1.3. Objetivos.....	10
2. Fundamentação Teórica.....	11
2.1. Sistemas Eletrônicos.....	11
2.1.1. Sistemas Eletrônicos Embarcados.....	12
2.2. Microcontroladores.....	12
2.3. Plataforma Arduino.....	13
2.3.1. Características.....	13
2.3.2. Modelos Existentes.....	16
2.3.3. Ambiente de Desenvolvimento.....	17
2.4. Motores.....	18
2.5. Sensores.....	19
2.6. Tecnologia de Identificação por Radiofrequência (RFID).....	20
2.6.1. Características.....	20
2.6.2. Componentes Básicos.....	22
2.6.2.1. Etiqueta.....	22
2.6.2.2. Leitores.....	24
2.6.3. Frequência de Operação.....	24
2.7. Sistema Web.....	25
2.7.1. Definição.....	25
2.7.2. Como funciona uma aplicação Web.....	27
2.7.2.1. Protocolo HTTP.....	28
3. Trabalhos Relacionados.....	30
4. Procedimentos Metodológicos.....	33
4.1. Métodos e Materiais.....	33
5. Construção do protótipo para controle de acesso veicular.....	38
5.1. Sistemas Web para controle de acesso veicular.....	38
5.1.1. Prototipação de telas.....	40
5.1.2. Modelagem e ferramenta de gerenciamento do banco de dados.....	45
5.2. Sistema Embarcado para controle de acesso veicular.....	48
5.2.1. Funcionamento do arduino.....	48
5.2.2. Funcionamento do ESP8266.....	49
5.2.3. Captação e Processamento do sinal pelo sensor óptico.....	51
5.2.4. Servo motor.....	52
5.2.5. Portão.....	52
5.2.6. Montagem final.....	53
6. Testes e resultados.....	55
7. Considerações Finais.....	62
7.1. Trabalhos Futuros.....	62
8. Referências.....	63

1.Introdução

A automação de sistemas, de acordo com Laudon e Laudon, tem se tornado cada vez mais popular nos últimos anos, impulsionada pelo avanço tecnológico na busca por eficiência e eficácia na execução de processos. A adoção de sistemas automatizados traz uma série de benefícios, como maior segurança, conforto, agilidade e economia. Além disso, a automação pode ser aplicada em praticamente qualquer atividade, seja de forma parcial ou completa. Essa popularização da automação foi possibilitada pelo desenvolvimento da eletrônica, que permitiu a elaboração de dispositivos digitais cada vez menores e mais eficientes, reduzindo os custos e tornando a tecnologia acessível a um público cada vez maior (Laudon e Laudon, 2016).

O uso de tecnologias de identificação tem crescido exponencialmente em sistemas automatizados, de acordo com KIM, a tecnologia Auto-ID, que inclui RFID, códigos de barras, biometria e outras tecnologias, é amplamente utilizada em sistemas automatizados para coleta automática de dados e identificação de objetos e pessoas. Essas tecnologias têm sido aplicadas em vários setores, incluindo manufatura, logística, saúde, transporte e varejo, para melhorar a eficiência, a precisão e a visibilidade do processo (Kim et al., 2016).

O Auto-ID é uma tecnologia que permite a identificação automática de objetos, animais e pessoas. O RFID é uma das tecnologias mais populares de Auto-ID, que permite a identificação sem contato de objetos através de ondas de rádio. O RFID é amplamente utilizado em aplicações de gerenciamento de inventário, rastreamento de ativos e logística, entre outras. Além disso, o RFID é uma tecnologia importante para a implementação da Internet das Coisas (IoT), pois permite a identificação automática de dispositivos e objetos conectados à rede. O Auto-ID e o RFID têm o potencial de transformar a maneira como as empresas gerenciam suas operações e interagem com seus clientes (Kim et al., 2016).

De acordo com a GAO RFID Inc (2013), muitas organizações estão buscando implementar sistemas de controle de acesso devido à necessidade de aumentar a segurança para restringir o acesso a áreas restritas, monitorar as atividades dos colaboradores e reduzir o risco de roubos. Esses sistemas proporcionam uma maneira eficaz de controlar quem tem permissão para entrar em determinadas áreas e garantir que apenas pessoas autorizadas tenham acesso a informações confidenciais ou recursos valiosos.

Uma grande implementação de sistemas de controle de acesso é o uso do RFID em estacionamentos, permitindo a automação e segurança no processo de entrada e saída de veículos. A tecnologia é aplicada por meio de cartões ou adesivos equipados com etiquetas RFID, que são lidos por dispositivos de leitura nas entradas e saídas dos estacionamentos. Além disso, o RFID pode ser utilizado para vincular informações de pagamento aos usuários e para identificar veículos específicos, oferecendo um controle de acesso personalizado e rastreamento eficiente.

1.1. Problema

Devido a preocupações com segurança, várias instituições, como empresas, escolas e condomínios, têm adotado sistemas de controle de acesso para seus estacionamentos. No entanto, esses sistemas geralmente dependem de indivíduos para identificar os veículos, o que os torna propensos a erros humanos. Além disso, há dificuldades em controlar o fluxo de veículos no local. Problemas na contagem dos carros que entram e saem resultam em situações em que há vagas sobrando ou em que um número maior de veículos do que a capacidade do estacionamento é autorizado a entrar, o que causa desconforto para os usuários.

Portanto, o presente projeto tem como base a seguinte pergunta: Como a implementação de um sistema controlado utilizando tecnologia RFID pode aprimorar o controle de identificação e análise do fluxo de veículos em estacionamentos, oferecendo uma maior precisão na contagem de entradas e saídas, minimizando erros humanos e fornecendo informações úteis para uma gestão de controle de acesso?

1.2. Justificativa

Muitas instituições ainda adotam sistemas manuais para o controle de acesso e monitoramento de veículos em seus estacionamentos, resultando em problemas decorrentes de erros humanos. No entanto, a automatização do controle de acesso a estacionamentos é uma solução vantajosa e necessária por várias razões:

1. Aumentar a segurança em locais com grande fluxo de veículos: A automação do controle de acesso proporciona maior segurança ao impedir acessos não autorizados. Através da implementação de tecnologias avançadas, como sistemas

de identificação veicular que utilizam RFID, é possível garantir que apenas veículos autorizados tenham acesso ao estacionamento, aumentando a proteção tanto para os usuários como para os ativos presentes no local.

2. Melhorar a eficiência do controle de acesso veicular, reduzindo filas e atrasos: A implementação de um sistema automatizado de controle de acesso veicular agiliza o processo de entrada e saída de veículos, reduzindo filas e atrasos. Com a utilização de tecnologias como leitores de RFID, etiquetas eletrônicas ou reconhecimento de placas, é possível realizar o acesso de forma rápida e eficiente, otimizando o fluxo de veículos e melhorando a experiência dos usuários.
3. Utilizar tecnologias mais modernas e eficientes para gerenciamento de acessos: A automação do controle de acesso permite a utilização de tecnologias mais modernas e eficientes, como sistemas baseados em nuvem, integração com aplicativos móveis e painéis de controle centralizados. Essas tecnologias oferecem recursos avançados, como monitoramento da ocupação das vagas, histórico de acessos e relatórios detalhados, facilitando a gestão e o monitoramento do estacionamento.

1.3. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo principal desenvolver um protótipo de um sistema para simular o controle de acesso veicular baseado em tecnologia de identificação RFID. Enquanto os objetivos específicos são:

1. Desenvolver uma estrutura de hardware que integre leitores RFID, microcontrolador, servomotor e display de forma apropriada a identificação dos veículos e funcionários autorizados a terem acesso, bem como o registro de entrada e saída dos veículos;
2. Apresentar em um display informações relevantes para entrada e saída de veículos na área de estacionamento;
3. Efetuar o controle de servomotores de forma apropriada, simulando o acionamento das cancelas/portões de forma segura e eficiente;
4. Desenvolver uma aplicação *web* responsiva e intuitiva que permita ao usuário com permissão apropriada, cadastrar novos veículos autorizados, além de consultar informações e registros de acesso através do sistema embarcado.

2. Fundamentação Teórica

O objetivo do presente trabalho é desenvolver um protótipo para automação de sistemas, que possibilita um monitoramento mais seguro e eficiente da entrada e saída de veículos em um estacionamento. Para realização do mesmo, serão apresentados nas próximas seções conceitos teóricos para que seja possível um maior embasamento em torno das teorias, componentes e conceitos que serão usados para realização do projeto.

2.1. Sistemas Eletrônicos

Sistemas eletrônicos são equipamentos formados por componentes elétricos e eletrônicos, com o objetivo principal de detectar, captar, processar, armazenar e transmitir dados e informações úteis para prática das atividades da segurança (Treinamento24, 2020-2023).

Os sistemas eletrônicos se dividem em duas vertentes, sendo essas o sistema analógico e o sistema digital.

Um sistema digital é uma combinação de dispositivos projetados para manipular informações lógicas ou quantidades físicas representadas no formato digital; ou seja, as quantidades podem assumir apenas valores discretos. Alguns dos sistemas digitais mais conhecidos são os computadores, as calculadoras, os equipamentos de áudio e vídeo e o sistema de telecomunicações (TOCCI, 2011).

Um sistema analógico contém dispositivos que manipulam quantidades físicas representadas na forma analógica. Em um sistema analógico, as quantidades físicas podem variar ao longo de uma faixa contínua de valores. Por exemplo, a amplitude do sinal de saída de um alto-falante em um receptor de rádio pode apresentar qualquer valor entre zero e o seu limite máximo (TOCCI, 2011).

2.1.1. Sistemas Eletrônicos Embarcados

São dispositivos com capacidade de processamento de dados e que estão inseridos em um determinado dispositivo ou produto, de forma a desempenhar uma função ou servir a uma aplicação específica (Treinamento24, 2020-2023).

Sistemas eletrônicos embarcados, ou sistema eletrônico embutido, tem como base um microprocessador, mas que diferentemente de um computador para uso genérico, possui um *software* completamente dedicado ao dispositivo ou sistema que ele controla. Assim sendo, ao contrário dos computadores de propósito geral, como o computador pessoal, um sistema embarcado realiza um conjunto de tarefas pré-definidas, geralmente com requisitos específicos (Saber Elétrica, 2023).

São exemplos de sistemas embarcados os seguintes equipamentos:

Telefones celulares e centrais telefônicas, equipamentos para montagem de redes de computadores, como roteadores, hubs, switches, firewalls e Access Point Wifi, equipamentos de geolocalização (GPS) e de rastreamento de veículos e cargas, calculadoras eletrônicas e agendas eletrônicas de bolso, controladores eletrônicos de eletrodomésticos, robôs industriais (Saber Elétrica, 2023).

2.2. Microcontroladores

Segundo Mello, microcontroladores se trata de um chip de circuito integrado único, com memória, núcleo de processador e periféricos de entrada e saída que têm o poder de serem programados. Assim, o seu uso costuma ser comum em sistemas embarcados, capazes de produzir uma sequência de tarefas pré-estabelecidas, todas controladas pelos dispositivos em questão (MELLO, 2022).

Uma das grandes características do microcontrolador é que seu custo baixo de projeto, consumo mínimo de energia e facilidade de programação o tornam ideal para construção e uso de circuitos eletrônicos (MELLO, 2022).

Microcontroladores são usados em produtos automatizados, como os sistemas de controle de automóvel, dispositivos médicos implantáveis, controles remotos, máquinas de escritório, eletrodomésticos, ferramentas elétricas, brinquedos e outros sistemas embarcados. Ao reduzir o tamanho e o custo em comparação a um projeto que usa um dispositivo microprocessado, microcontroladores tornam-se econômicos para controlar digitalmente dispositivos e processos (Wikipédia, 2021).

2.3. Plataforma Arduino

O Arduino é uma plataforma eletrônica de prototipagem de código aberto, projetada para facilitar a criação de projetos interativos. Consiste em uma placa de circuito integrado com um microcontrolador e uma série de pinos de entrada/saída que podem ser programados para realizar diferentes tarefas (ARDUINO, 2023).

Foi criado em 2005, como um dispositivo simples, barato e fácil de ser programado, que aceita uma grande quantidade de periféricos e sensores, viabilizando projetos dos seus usuários, dos mais diversos tipos. Isso porque o Arduino inaugurou o conceito de hardware livre e todos os seus projetos são de código aberto (GOGONI, 2019).

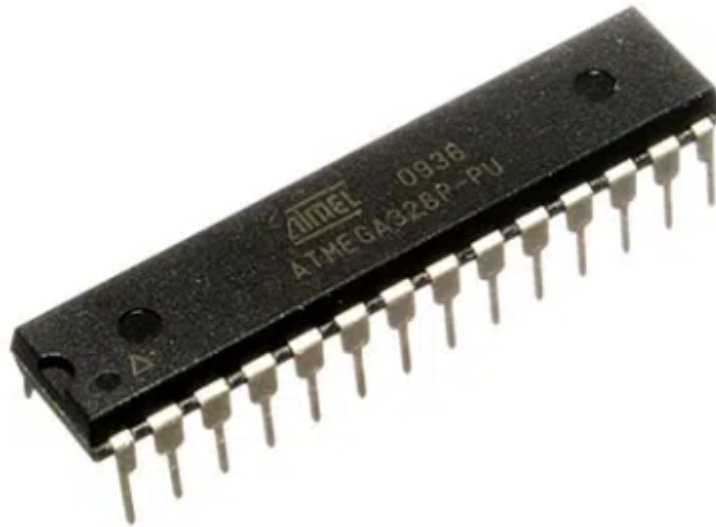
Segundo McRoberts a maior vantagem do Arduino em relação a outras plataformas de desenvolvimento de microcontroladores é a sua facilidade de utilização, o que permite que pessoas que não sejam de áreas técnicas possam aprender o básico e criar seus próprios projetos em um período relativamente curto (MCROVERTS, 2015).

2.3.1.Características

As entradas de um Arduino são capazes de ler dados digitais e analógicos, permitindo a conexão de muitos tipos diferentes de sensores. As saídas, por sua vez, também podem ser analógicas ou digitais, podendo ativar e desativar componentes acoplados e até mesmo controlar dispositivos como motores. Esses pinos também podem oferecer uma tensão de saída analógica, permitindo o controle de potência de saída de um pino, controlando de forma contínua os componentes ao invés de apenas ligá-los e desligá-los (MONK, 2013).

Os comandos recebidos pelos programas inseridos no Arduino, são feitos por um microcontrolador como na figura 1, que é o cérebro da placa, responsável por executar os programas e avaliar a qualidade das portas de entrada e saída, nomeadas de E/S ou I/O (*Input/Output*), são por esses canais que a placa se comunica com o mundo externo, enviando e recebendo informações de sensores, displays e módulos (THOMSEN, 2014).

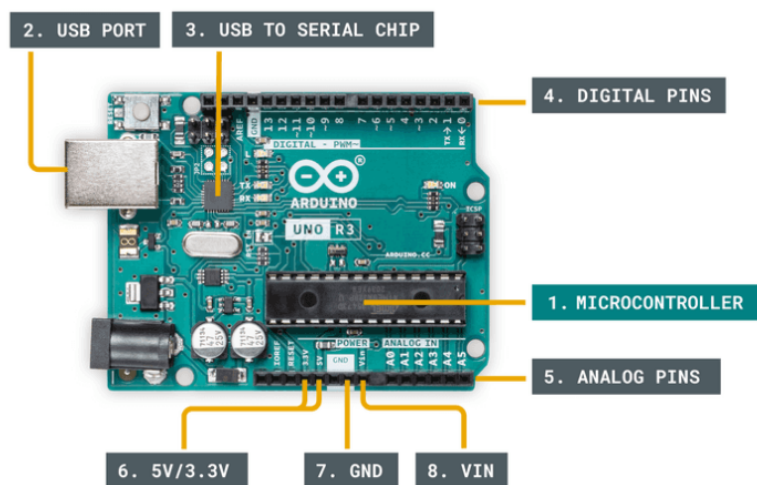
Figura 1 - Microcontrolador ATmega328 da placa Arduino UNO



Fonte: Adaptado de (THOMSEN, 2014)

Dependendo da placa Arduino, pode-se encontrar um microcontrolador como o ATmega328 (Arduino Uno), o ATmega2560 (Arduino Mega) e o ATmega32U4 (Arduino Leonardo e Arduino Micro). Ambos possuem uma frequência de trabalho chamada “*clock*”. No caso do Arduino Uno, por exemplo, o *clock* é de 16MHz. Então, quanto mais rápido o *clock*, também é maior o processo de leitura e execução das funções (Thomsen, 2014).

As placas Arduino possuem especificações que as diferenciam, mais apesar disso existem vários componentes-chave que podem ser encontrados em praticamente qualquer Arduino, conforme podemos ver na figura 2:

Figura 2 - Principais componentes de uma placa Arduino

Fonte: Adaptado de (Arduino, 2023)

Podemos acompanhar a descrição de cada item na tabela 1.

Tabela 1 - Principais componentes de uma placa Arduino

Identificador	Nome	Descrição
1	Microcontrolador	É o componente no qual carregamos os programas.
2	Porta USB (<i>Porta Universal</i>)	Usada para conectar a placa Arduino a um computador.
3	Chip USB para Serial	Traduz os dados que vêm, por exemplo, de um computador para o microcontrolador integrado.
4	Pinos digitais	Usam lógica digital (0,1 ou <i>low/high</i>). Comumente usado para interruptores e para ligar/desligar um <i>led</i> .
5	Pinos analógicos	Pinos que podem ler valores analógicos em uma resolução de 10 bits (0-1023).
6	Pinos de 5V / 3,3V	São usados para alimentar componentes

		externos.
7	GND	<i>Ground</i> , negative ou -, é usado para completar um circuito, onde o nível elétrico está em 0 volt.
8	VIN	<i>Voltage In</i> , onde é conectado às fontes de alimentação externas.

Fonte: Adaptado de (Arduino, 2023)

2.3.2. Modelos Existentes

Atualmente existe uma variedade de modelos de placas Arduino disponíveis no mercado, cada uma com especificações diferentes que podem ser usadas segundo a necessidade e interesse do projeto.

Das placas existentes no mercado, as mais conhecidas são: Arduino Uno, Nano, Micro, Leonardo, Mega e o Duo/Due. No site da empresa Arduino, é possível encontrar classificação para essas placas, como: placa de entrada, recursos aprimorados e internet das coisas (ARDUINO, 2021).

Os modelos citados na figura 3, são denominados placas de entrada. Essas placas e módulos são os melhores para começar a aprender e mexer com eletrônica e codificação.

Figura 3 - Placas e Módulos de Entrada Arduino.



Fonte: Adaptado de (ARDUINO, 2021)

Já os modelos apresentados na figura 4 são mais robustos e completos, sendo chamados de placas de recursos aprimorados. Ideal para projetos mais complexos, essas placas possuem funcionalidades avançadas e/ou desempenhos mais rápidos (ARDUINO, 2021).

Figura 4 - Placas Arduino de uso avançado.

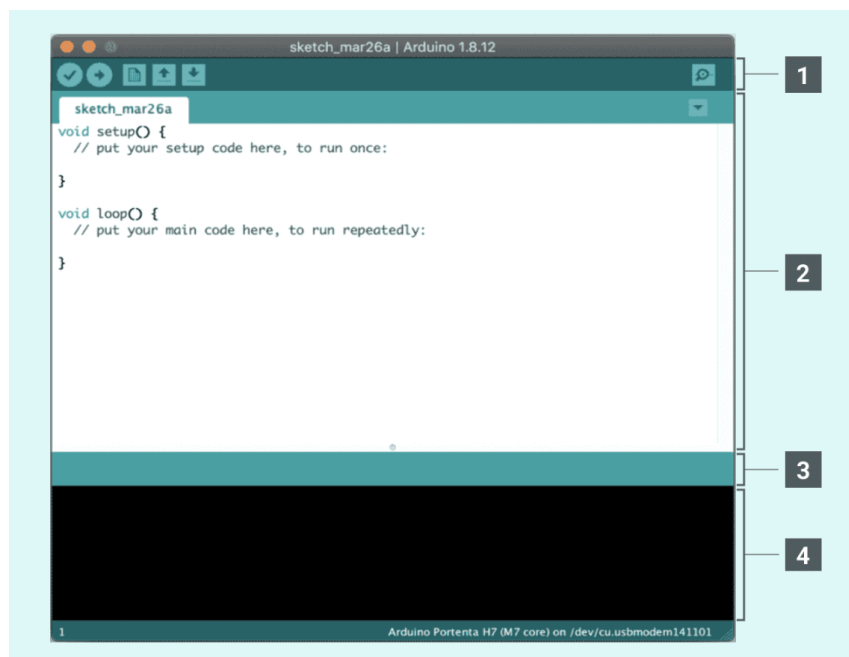


Fonte: Adaptado de (ARDUINO, 2021)

2.3.3. Ambiente de Desenvolvimento

O Arduino utiliza uma linguagem de programação própria que foi desenvolvida baseada na linguagem Wiring, um framework de programação open source para microcontroladores que teve origem nas linguagens C/C++. O Arduino também utiliza uma IDE (*Integrated development environment*) para escrever, compilar e transmitir o código para as placas Arduino (Thomsen, 2014).

A IDE utilizada e disponibilizada pelo Arduino apresenta uma interface bem simples e de fácil operabilidade, como pode-se ver na figura 5:

Figura 5 - O *software* Arduino IDE

Fonte: Adaptado de (ARDUINO, 2023)

Onde a área de número 1 é a barra de ferramentas com botões para funções comuns e uma série de menus. Os botões da barra de ferramentas permitem verificar e carregar programas, criar, abrir e salvar esboços e abrir o monitor serial. A área de número 2 é o editor de texto para escrever e editar o código, já a área de número 3 é a área de mensagem, onde é fornecido *feedback* ao salvar e exportar e também exibe erros. Por fim a área de número 4, representa o console, onde é exibido a saída de texto do *Software* Arduino (IDE), incluindo mensagens de erro completas e outras informações (ARDUINO, 2023).

Na área de Edição de texto (2), a IDE disponibiliza dois blocos básicos, *void setup()*, é nessa parte do programa que você configura as opções iniciais do programa, os valores iniciais de uma variável, se uma porta será utilizada como entrada ou saída, mensagens para o usuário, etc., quanto o *void loop()* é a parte do programa que repete uma estrutura de comandos de forma contínua ou até que algum comando de “parar” seja enviado ao Arduino.

2.4. Motores

De acordo com Melo, motor elétrico ou atuador elétrico, é um tipo de receptor elétrico capaz de transformar a energia elétrica, que recebe da fonte de alimentação, em energia

mecânica, para a realização de alguma atividade mecânica. O mesmo funciona por meio dos dois princípios fundamentais do eletromagnetismo: o princípio que expressa que os campos magnéticos que possuem mesma polaridade se repelem e o princípio que expressa que cargas elétricas em movimento (corrente elétrica) conseguem criar um campo magnético (Melo, 2023).

O Arduino só pode fornecer 40mA a 5V em seus pinos digitais. A maioria dos motores requer mais corrente e/ou tensão para operar. Um transistor pode atuar como um interruptor digital, permitindo que o Arduino controle cargas com requisitos elétricos mais elevados (Arduino, 2023).

A classificação de tensão descreve a tensão operacional de pico para um motor, quando ele funciona com eficiência ideal. Ultrapassar ou diminuir a tensão nominal do motor, com o tempo, encurtará a vida útil do mesmo. Se for fornecido menos do que a tensão nominal, o motor girará mais lentamente. Normalmente, um motor precisa de cerca de $\frac{1}{2}$ de sua tensão nominal para funcionar. Se for fornecido menos do que isso ao inicializar, provavelmente não começará a se mover (Arduino, 2023).

O uso de motor elétrico no projeto está vinculado à abertura e fechamento do portão. Para portões do tipo deslizante, pode se utilizar motor de corrente contínua ou motor de passo, o motor de corrente contínua é mais simples de controlar, enquanto o motor de passo oferece maior precisão de posicionamento. Ambos podem ser controlados por meio de módulos de ponte H, que permitem controlar a direção e a velocidade do motor. Já para portões do tipo basculante ou articulado, é interessante utilizar um motor de corrente contínua com uma caixa de redução para fornecer torque suficiente. Além disso, pode ser necessário utilizar um sistema adicional, como uma alavanca ou uma corrente, para converter o movimento rotacional do motor em um movimento linear para abrir e fechar o portão.

2.5. Sensores

De acordo com Wendling, sensores são dispositivos sensíveis à alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza física que precisa ser mensurada (medida), como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc (Wendling, 2010).

O uso de sensores em sistemas automatizados são de fundamental importância para o desempenho e alta performance, bem como para a segurança. No que se trata o presente trabalho, o uso de sensores é ideal para monitoramento de um portão elétrico,

bem para captar informações de que o portão abriu ao seu máximo, como para obter informações de que possa ter algum veículo ou até mesmo pessoa na área de movimentação do portão.

Há dois modelos de sensores que são ideais para captar informações das movimentações de portão elétrico, são eles:

- Sensor de distância, que segundo Patsko, é um tipo de sensor que mede a distância entre um ponto de referência e um objeto desejado. Dentre suas aplicações nesses ambientes, destacam-se a medição das dimensões dos objetos, controle de posicionamento e verificação de danos e falhas dos produtos. Existem vários modelos de sensores de distância disponíveis no mercado, baseados em radar, ultra-som, laser ou infravermelho (Patsko, 2006).
- Sensor de fim de curso, de acordo com Andrade, os sensores de fim de curso ou “Micro-Switch”, são equipamentos eletromecânicos com função de indicar que um motor ou estrutura ligada ao eixo motor (Portão automático por exemplo), chegaram ao fim do campo de movimento, limitando assim o movimento da estrutura, são simples de serem utilizados, visto que eles funcionam como um interruptor elétrico comum (Andrade, 2017).

2.6. Tecnologia de Identificação por Radiofrequência (RFID)

A Identificação por Radiofrequência, ou RFID (*Radio-Frequency Identification*, na sigla em Inglês), é o método que utiliza ondas de rádio para registrar e coletar informações de etiquetas dedicadas. A tecnologia existe há décadas, mas ganhou novas aplicações e estudos mais aprofundados nos últimos anos, sendo atualmente cotada para substituir o código de barras, além de contar com algumas variações mais incorporadas já comuns no cotidiano (Dores, 2022).

A automação de processos tem se mostrado cada vez mais essencial para as empresas modernas, que buscam maximizar a eficiência e reduzir custos. Nesse cenário, a tecnologia RFID desponta como uma poderosa aliada. Com o RFID, é possível automatizar tarefas, rastrear objetos e obter informações em tempo real (Borges, 2023).

2.6.1.Características

Para funcionar, um sistema RFID precisa de um etiqueta, um leitor e um computador, que atuam em um procedimento simples: o leitor emite uma frequência de ondas de rádio

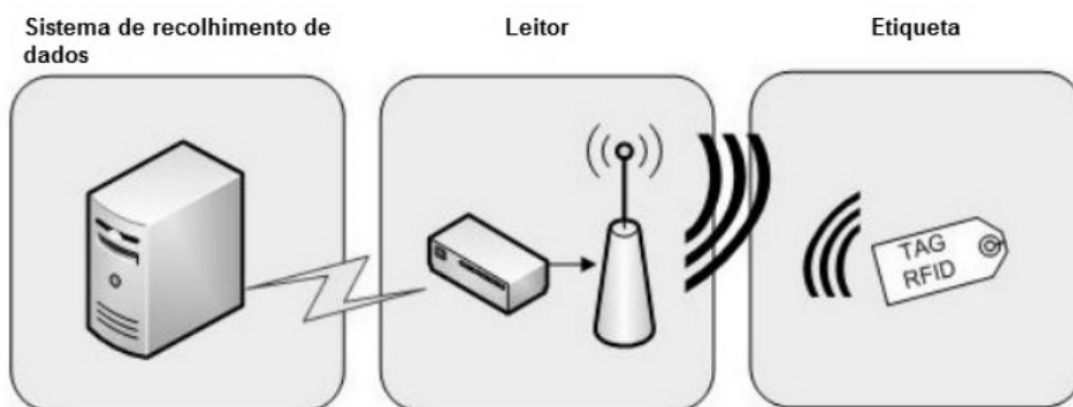
para ativar a etiqueta que, por sua vez, retorna o sinal com os dados solicitados. Essas informações são enviadas ao computador, que as armazena e avalia utilizando um *software* dedicado (Dores, 2022).

Segundo Pedro (2008), um sistema RFID é composto, basicamente, pelos seguintes componentes:

- Etiqueta - constituída por um pequeno microchip equipado com uma antena (*transponder - transmitter/responder*) e por um invólucro.
- Leitor - referenciado em algumas literaturas como interrogador ou *transceiver (transmitter/receiver)*, é constituído pelo próprio leitor e uma antena.
- Sistema de recolhimento de dados - para onde os dados são enviados e tratados.

Na figura 6 é apresentada a integração entre esses componentes.

Figura 6 - Componentes de Sistema RFID



Fonte: PEDRO, 2008, p.20

Há diversas formas de identificar objetos utilizando RFID, porém a mais comum é armazenar na memória interna da etiqueta um número serial que distingue o produto. Em um sistema RFID básico, o leitor irá emitir uma onda de rádio que será recebida por uma etiqueta compatível. Consequentemente, a etiqueta irá responder com outra onda de rádio que portará a sua identidade. Após obter a identificação, o leitor envia essa informação para o sistema de recolhimento de dados que é responsável por processá-la. O meio utilizado para transferência das informações entre o leitor e o sistema de recolhimento de dados depende da interface de comunicação do leitor (PEDRO, 2008).

2.6.2.Componentes Básicos

Nesta seção, são abordados mais detalhadamente dois principais dispositivos de sistemas RFID, as etiquetas e os leitores.

2.6.2.1. Etiqueta

As etiquetas ou identificadores, segundo Marques, é um microchip, com uma antena que contém um número de identificação, gravado previamente em memória ROM (Memória somente para leitura) e que em alguns casos possui também, informações gravadas pelo usuário. Geralmente, são fabricados, usando circuitos integrados de baixo consumo. Inúmeros tipos de identificadores estão sendo desenvolvidos, nos mais diversos tamanhos e formas, providos ou não de memória para escrita, frequência de funcionamento, velocidades e outras características. Existem identificadores ativos, passivos e semi passivos. Conforme o tipo de aplicação, pode-se optar pela utilização desde os mais simples e baratos até aqueles identificadores com maior sofisticação, também chamados de segunda geração. Na Tabela 2, é apresentada a classificação dos identificadores (Marques, 2009).

Tabela 2 - Classes de identificadores EPC Global

Tipo	Descrição
Classe 0	Passiva, apenas leitura
Classe 0+	Passiva, grava uma vez (mas usando protocolos da Classe 0)
Classe I	Passiva, grava uma vez
Classe II	Passiva, grava uma vez com extras (como criptografia)
Classe III	Regravável, semi-passiva (chip com bateria, comunicações com energia do leitor), sensores integrados
Classe IV	Regravável, ativa, identificadores “nos dois sentidos”, que podem conversar com outros identificadores, energizando suas próprias comunicações

Classe V	Podem energizar e ler identificadores das Classes I, II e III e ler identificadores das Classes IV e V
----------	--

Fonte: Adaptado de (Marques, 2009).

Na Tabela 3, são apresentadas as principais características dos identificadores.

Tabela 3 - Características dos identificadores

Classificação	Observações	Vantagens	Desvantagens
Passivos	Os mais empregados; Bandas LF (Frequência Baixa), HF (Frequência Alta) e UHF (Frequência Ultra-Alta).	Tempo de vida mais longo; Mecanicamente mais flexíveis; Baixo custo;	Distância limitada entre quatro e cinco metros; Controlados rigorosamente pelas regulamentações locais;
Semi Passivos	Usados, principalmente em sistemas de tempo real para rastrear materiais de alto valor; Etiquetas costumam ser UHF.	Grande distância de comunicação; Podem ser usados para controlar outros dispositivos, como sensores; Não entram nas rigorosas regulamentações de alimentação, a que são impostos os elementos passivos.	Preço de produção maior, devido à matéria e aos materiais em que são embalados; Confiabilidade na identificação do estado da bateria, especialmente se são submetidos a um ambiente com diversas tags; A rápida proliferação de dispositivos ativos representa um risco ambiental, devido aos produtos químicos
Ativos	Usados na logística para efetuar o rastreamento de containers em trens e caminhões.		

			utilizados nas baterias.
--	--	--	--------------------------

Fonte: Adaptado de (Marques, 2009).

2.6.2.2. Leitores

Os aparelhos leitores/gravadores RFID estão conectados às antenas de detecção, codificando e decodificando os dados existentes no circuito integrado das etiquetas RFID e gerenciando o fluxo de comunicação entre as etiquetas RFID e o computador principal (Vieira, 2007).

Os detectores RFID utilizam algoritmos de criptografia para garantir a segurança e integridade dos dados que são transmitidos entre as etiquetas RFID e o detector RFID. Esses detectores podem ser fixos, geralmente localizados nas entradas e nas saídas dos prédios, ou podem ser detectores RFID portáteis, que são utilizados para localizar itens específicos na prateleira ou para a realização de inventários (Vieira, 2007).

Segundo Vieira, os leitores RFID podem ser classificados das seguintes formas:

- Leitores RFID para etiquetas RFID passivas somente para leitura;
- Leitores RFID para etiquetas RFID com memória regravável e/ou capacidade sensora;
- Leitores RFID para etiquetas RFID ativas.

2.6.3.Frequência de Operação

A frequência operacional de trabalho é a frequência eletromagnética que o identificador usa para se comunicar ou para obter energia. O espectro eletromagnético na extensão na qual o identificador RFID opera, é normalmente dividido em frequência baixa (LF), alta (HF), ultra-alta (UHF) e micro-ondas. Devido ao fato dos sistemas RFID transmitirem ondas eletromagnéticas, são regulados como dispositivos de rádio. Por isso, não devem interferir em aplicações de serviços de emergência (frequência utilizada por polícia ou bombeiros) ou transmissões de TV (Marques, 2009).

O alcance de leitura varia conforme a frequência do identificador e, conseqüentemente, as aplicações são específicas, conforme mostrado pela Tabela 4. Em função das características de gravação, os identificadores possuem vantagens e desvantagens, conforme a aplicação (Marques, 2009).

Tabela 4 - Aplicação dos identificadores

Características	LF	HF	UHF	Microondas
Frequência	< 135 KHz	de 10 e 13,56 MHz	de 850 a 950 MHz	de 2,5 a 5,8 GHz
Alcance de leitura	~10 cm	~1 m	2 a 5 m	~ 15 m
Aplicação	<i>Smart Card</i> (Cartão inteligente), anti-furto, identificação de animais	Pequenos itens, gerenciamento, anti-furto, cadeia de fornecimento	Transporte, identificação veicular, controle de acesso e segurança, grandes itens, paletes, gerenciamento e cadeia de fornecimento.	

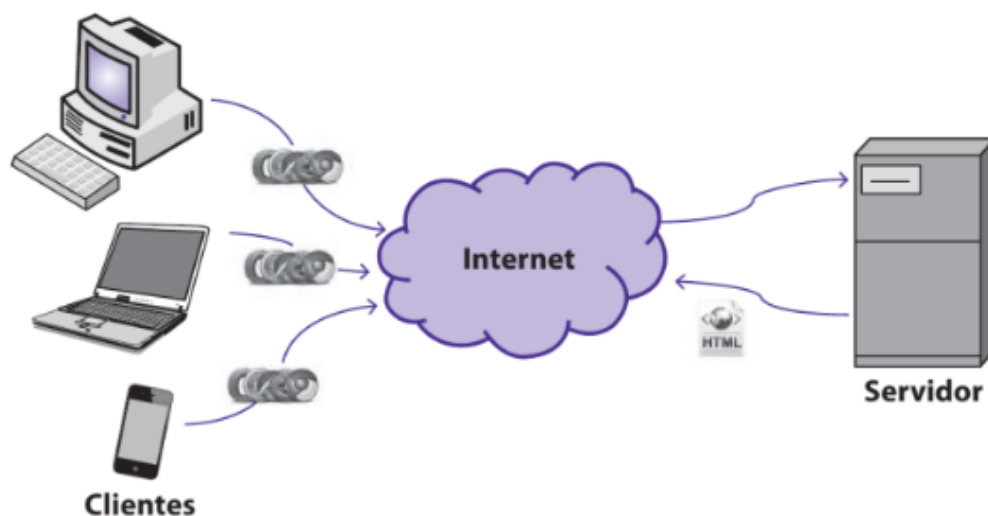
Fonte: Adaptado de (Marques, 2009).

2.7. Sistema Web

2.7.1. Definição

O desenvolvimento de um sistema computacional não é uma atividade trivial, pois envolve analisar e compreender determinado problema. Quando o software é desenvolvido para a plataforma *Web*, vários aspectos são incorporados de modo que ele possa ser acessado de forma remota e segura por meio de um navegador (Miletto, Bertagnolli, 2014).

Um sistema *web* pode ser centralizado, onde tudo é executado e processado em um único computador, e pode também ser distribuído, ou seja, parte do processamento ocorre em um computador e parte em outro, denominado servidor. Esse tipo de sistema é organizado como um sistema cliente-servidor, como apresentado na figura 7 (Miletto, Bertagnolli, 2014).

Figura 7 - Estrutura cliente-servidor

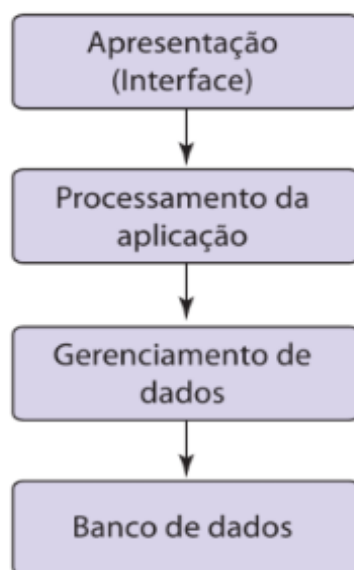
Fonte: Miletto, Bertagnolli, 2014, p.5.

De acordo com Miletto e Bertagnolli, em uma aplicação *web*, é necessário levar em conta vários aspectos para que se possa, de fato, utilizá-la. Esses aspectos incluem o conhecimento dos requisitos exigidos pela aplicação, como:

- Quais tecnologias podem ser utilizadas.
- Como é realizado o processamento do sistema.
- Quais são o perfil do usuário e suas tarefas na interface gráfica da aplicação.
- Como armazenar os dados.

Um sistema *web*, para ser considerado robusto e consistente, normalmente separa esses aspectos em quatro partes diferentes. Essa separação está relacionada com as boas práticas de desenvolvimento de *software*, em que um dos objetivos é permitir a implementação de alterações e atualizações em cada uma das partes sem prejudicar as demais. A figura 8 esquematiza um modelo com a separação dessas camadas (Miletto, Bertagnolli, 2014).

Figura 8 - Organização da aplicação em camadas



Fonte: Miletto, Bertagnolli, 2014, p.6.

2.7.2.Como funciona uma aplicação Web

Para que uma aplicação *web* funcione, ela depende de um servidor *web*, de solicitações realizadas pelos usuários, do uso de protocolos e métodos (normalmente o HTTPS (*Hypertext Transfer Protocol Secure*)) e da resposta do protocolo (Noleto, 2020).

A aplicação deve permitir que as pessoas usuárias consigam fazer uma solicitação e receber algo em resposta. Ou seja, elas precisam medir essa interação de forma natural, devolvendo o que a pessoa deseja como resultado. Nesse sentido, o servidor tem por função receber a solicitação de público e devolver uma resposta para a aplicação. A resposta pode ser a abertura de uma nova página, imagens, documentos, entre outros (Noleto, 2020).

Segundo Noleto, 2020, outro componente da aplicação *web* é o protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*). Ele é como uma espécie de “linguagem” que determina o padrão pelo qual a solicitação realizada se comunica com o servidor. Outros protocolos envolvidos em aplicações *web* podem ser:

- FTP (*File Transfer Protocol*) - transmissão de arquivos
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) - envio de mensagens para um servidor de e-mail

- POP (*Post Office Protocol*) e IMAP (*Internet Message Access Protocol*) - acesso a mensagens de e-mail eletrônico

2.7.2.1. Protocolo HTTP

O HTTP - Protocolo de Transferência de Hipertexto (*HyperText Transfer Protocol*), o protocolo de camada de aplicação da *Web*, é executado em dois programas: um cliente e outro servidor. Os dois, executados em sistemas finais diferentes, conversam entre si por meio da troca de mensagens HTTP. O HTTP define a estrutura dessas mensagens e o modo como o cliente e o servidor as trocam (Kurose; Ross; 2013).

O HTTP usa o TCP como seu protocolo de transporte subjacente. O cliente HTTP primeiro inicia uma conexão TCP com o servidor. Uma vez estabelecida, os processos do navegador e do servidor acessam o TCP por meio de suas interfaces de *socket*. No lado cliente a interface *socket* é a porta entre o processo cliente e a conexão TCP; no lado servidor, ela é a porta entre o processo servidor e a conexão TCP. O cliente envia mensagens de requisição HTTP para sua interface *socket* e recebe mensagens de resposta HTTP de sua interface *socket*. De maneira semelhante, o servidor HTTP recebe mensagens de requisição de sua interface *socket* e envia mensagens de resposta para sua interface *socket* (Kurose; Ross; 2013).

O TCP oferece ao HTTP um serviço confiável de transferência de dados, o que implica que toda mensagem de requisição HTTP emitida por um processo cliente chegará intacta ao servidor. De maneira semelhante, toda mensagem de resposta HTTP emitida pelo processo servidor chegará intacta ao cliente. O que implica em uma das grandes vantagens de uma arquitetura de camadas — o HTTP não precisa se preocupar com dados perdidos ou com detalhes de como o TCP se recupera da perda de dados ou os reordena dentro da rede. Essa é a tarefa do TCP e dos protocolos das camadas mais inferiores da pilha de protocolos (Kurose; Ross; 2013).

O protocolo HTTP define oito métodos (GET, HEAD, POST, PUT, DELETE, TRACE, OPTIONS e CONNECT) que indicam a ação a ser realizada no recurso especificado. O método determina o que o servidor deve fazer com o URL fornecido no momento da requisição de um recurso. Um servidor HTTP deve implementar ao menos os métodos GET e HEAD. Os métodos GET e POST são os que aparecem mais comumente durante o desenvolvimento *web* (Wikipédia, 2023).

Uma solicitação HTTP, ou HTTP Request é uma maneira do navegador mostrar uma página da internet utilizando um dos oito métodos de solicitação do protocolo HTTP. Além de solicitar um determinado arquivo, envia várias informações para o servidor, sendo

elas: o seu IP, a versão do navegador que está usando, que página utilizou para pedir a HTTP Request e o idioma que você usa, entre outros (Wikipédia, 2023).

Os mais usados em aplicações *web* são definidos segundo Mozilla, como:

- GET - O método GET solicita a representação de um recurso específico. Requisições utilizando o método GET devem retornar apenas dados.
- POST - O método POST é utilizado para submeter uma entidade a um recurso específico, frequentemente causando uma mudança no estado do recurso ou efeitos colaterais no servidor.
- PUT - O método PUT substitui todas as atuais representações do recurso de destino pela carga de dados da requisição.
- DELETE - O método DELETE remove um recurso específico.

3.Trabalhos Relacionados

Nessa seção serão apresentados trabalhos encontrados durante a etapa de levantamento bibliográfico que auxiliaram na produção deste trabalho.

1. **Sistema de controle de acesso veicular utilizando tecnologia RFID:** O trabalho de Garcia, (GARCIA, 2013), consistiu em desenvolver e avaliar um sistema de controle de acesso veicular baseado em tecnologia RFID.

O modelo desenvolvido considerou cenários com duas cancelas, uma de entrada e outra de saída. O modelo se divide em dois módulos: aplicação *web* e sistema microcontrolado, sendo esse constituído por microcontrolador, display, conector ethernet e servomotores que simulam cancelas, como apresentado na figura 9.

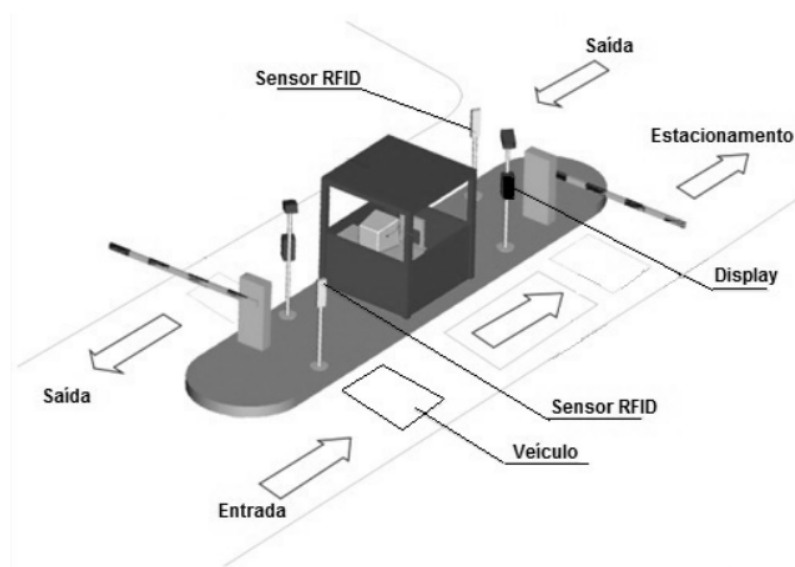


Figura 9 - Estacionamento com controle de acesso

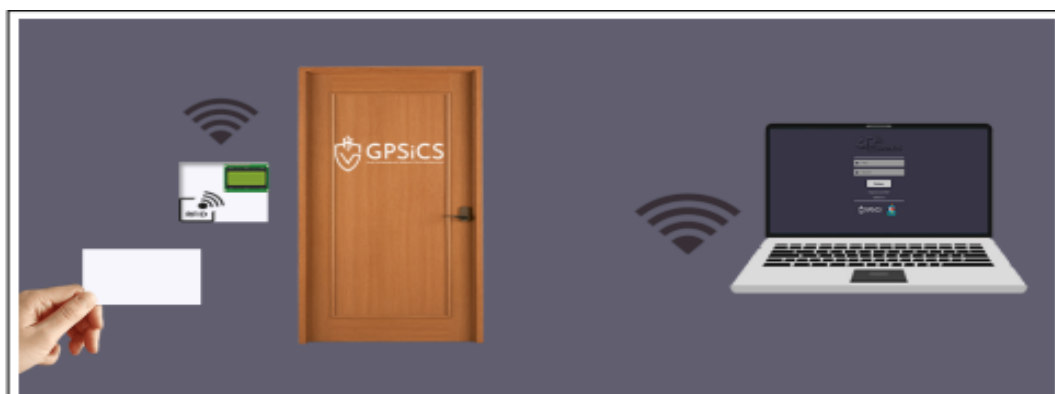
Fonte: (Garcia, 2013)

O trabalho de Garcia apresenta uma forte base teórica a qual foi possível relacionar com o presente trabalho, principalmente no cenário proposto que fez uso de microcontrolador, módulo RFID e uma aplicação *web*.

2. **Sistema de controle de acesso utilizando tecnologia RFID - GPACCESS:** O trabalho de Moraes, (Moraes, 2020), buscou trazer o uso de um sistema de controle de acesso em ambientes públicos tais como sala de aulas, laboratórios, refeitórios,

dentre outros, utilizando tecnologia RFID. O sistema foi desenvolvido para solucionar a problemática da ausência de registro e de controle de acesso ao laboratório do Grupo de Pesquisa em Sistemas em Sistemas Críticos de Segurança (GPSiCS), para um controle seguro e viável do ambiente e dos usuários, a ideia é restringir o acesso ao laboratório, e o acesso se dá por meio de identificação RFID, como ilustrado na figura 10.

Figura 10 - Visão Geral do Sistema de Controle de Acesso GPACCESS



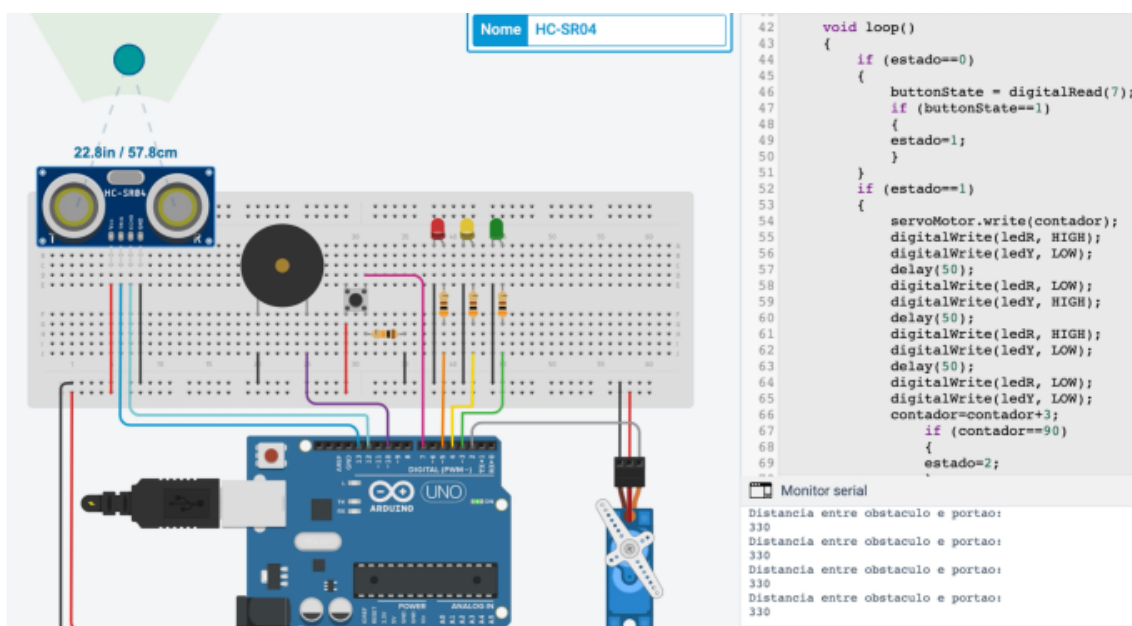
Fonte: (Morais, 2020)

O trabalho de Moraes abordou de forma bem detalhada a funcionalidade do sistema *web*, bem como buscou trazer os requisitos funcionais dos diversos tipos de usuários do sistema.

3. **Automação Residencial Inteligente via Arduino:** O trabalho de Silva, (2019), abordou o desenvolvimento de um sistema de automação residencial inteligente, utilizando o plataforma Arduino, buscando alcançar soluções tecnológicas para facilitar o cotidiano das pessoas e aumentar o conforto e a segurança em residências. Silva, abordou várias funcionalidades e conceitos envolvendo o Arduino, pois foi por meio desta plataforma que ele integrou as diversas estruturas de uma residência, bem como controle do ar, umidade, luz e portas, tudo isso com o uso de um aplicativo chamado Blynk, que permite controlar de forma personalizada o hardware arduino de qualquer lugar remoto, assim como ter acesso as dados capturados pelos sensores e compilados pelo arduino.
4. **Desenvolvimento de um protótipo de um portão inteligente via simulação:** Cruz, (2021), buscou trazer uma melhoria para o sistema de portões automáticos na atualidade, onde o mesmo tem diversos problemas no que diz respeito ao

controle de abertura e fechamento do portão, desta forma Cruz fez uso da plataforma arduino e devidos sensores para poder trazer uma melhoria no sistema de controle de portões automáticos. Cruz apresentou bem detalhadas simulações do sistema pretendido usando software próprio para programas e usar o arduino, como segue um exemplo ilustrado na figura 11.

Figura 11 - Estado 1



Fonte: Adaptado de (Cruz, 2021)

4. Procedimentos Metodológicos

Segundo (GERHARDT;SILVEIRA, 2009, p.31–42), a presente pesquisa é exploratória quanto ao objetivo, caracterizada pelo levantamento bibliográfico e pela análise de exemplos que estimulem a compreensão do objeto de estudo em questão; aplicada quanto à natureza por gerar conhecimentos para aplicação prática, visando a prototipação de um sistema integrado para controle de acesso de veículos; experimental quanto aos procedimentos técnicos, seguindo um planejamento e delimitando as variáveis atuantes sobre o protótipo.

O protótipo desenvolvido neste trabalho é um sistema modular, composto da seguinte forma:

- a. Módulo *web*: referente ao gerenciamento do ambiente cadastrado, conforme o serviço, como por exemplo, o gerenciamento do acesso de usuários;
- b. Módulo de Sensoriamento: no qual ocorre o monitoramento do ambiente por meio dos dispositivos, com a identificação por radiofrequência (RFID);
- c. Módulo de Atuação: composto pelos equipamentos de atuação, como, por exemplo, sensor infravermelho, portão/catraca (simulado por uma porta impressa em impressora 3d), servomotor, bem como os próprios microcontroladores utilizados.

De uma maneira geral, o sistema desenvolvido neste trabalho pode ser dividido no sistema *web*, que é responsável por disponibilizar toda a interface máquina-usuário para gerenciamento e manutenção dos dados, e o sistema embarcado, que implementa os módulos de sensoriamento e atuação. Nas seções a seguir são apresentados os passos principais para desenvolvimento de ambos sistemas.

4.1. Métodos e Materiais

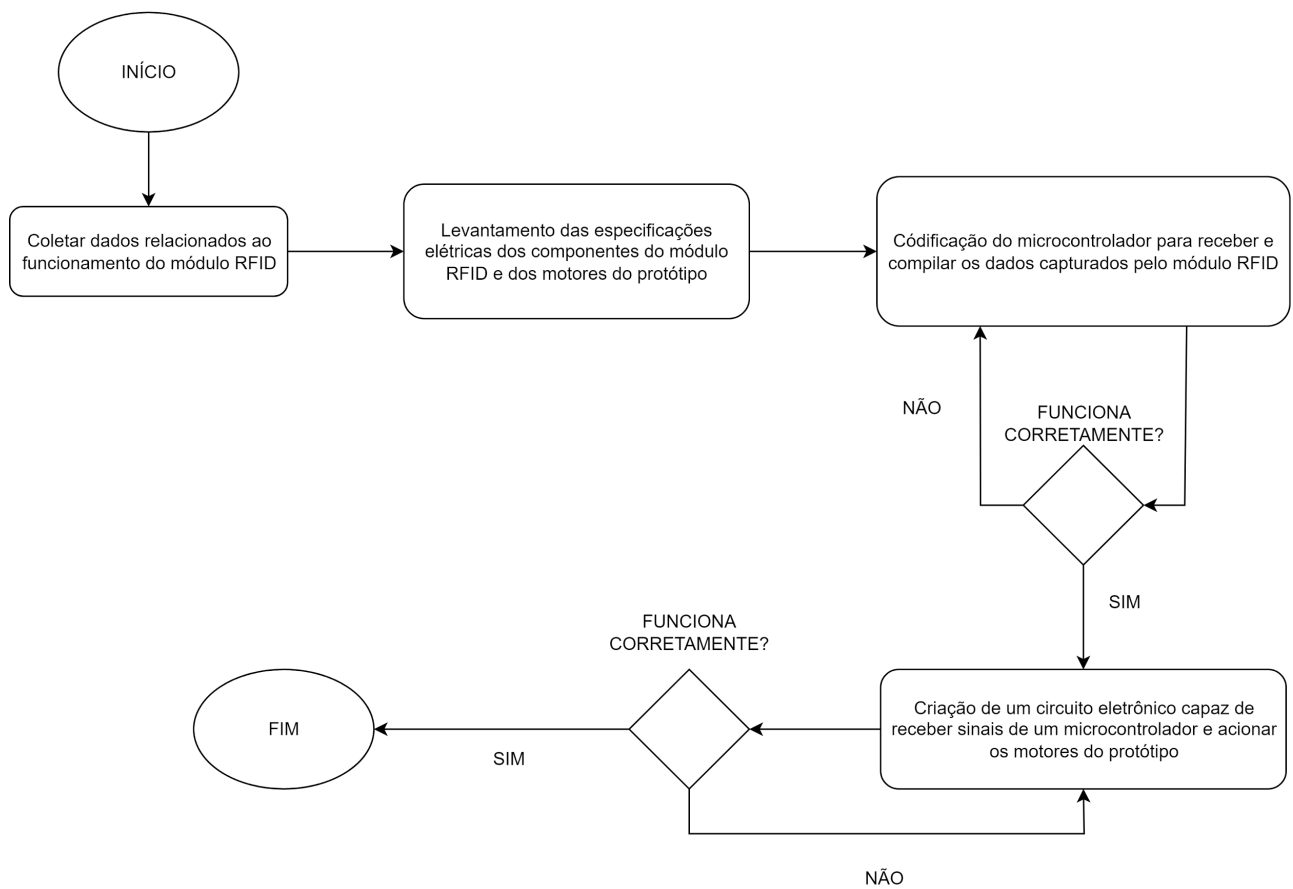
Os métodos foram organizados da seguinte maneira:

1. Realizar estudos sobre o funcionamento e programação da plataforma Arduino;
2. Realizar estudos e simulações via *software* para programação da plataforma embarcada para a implementação da tecnologia de controle veicular (exemplo: RFID);
3. Realizar estudos sobre desenvolvimento *web*, frontend, backend e banco de dados;

4. Implementar *frontend* e *backend* do sistema *web*, usando respectivamente os framework Angular e Spring Boot;
5. Criar, configurar e povoar o banco de dados não relacional MongoDB;
6. Integrar as partes do sistema *web*;
7. Levantar as especificações elétricas dos componentes do módulo RFID e motores do protótipo;
8. Codificar módulo RFID para realizar leitura das tags (*Transponder Address Generator*);
9. Codificar um módulo eletrônico (exemplo: plataforma arduino) para receber e compilar dados capturados pelo módulo RFID;
10. Criar um circuito eletrônico capaz de receber sinais de um microcontrolador e acionar os motores do protótipo;
11. Integrar e testar o sistema *web* com o sistema embarcado;
12. Disponibilizar relação dos dados, como o fluxo de veículo.

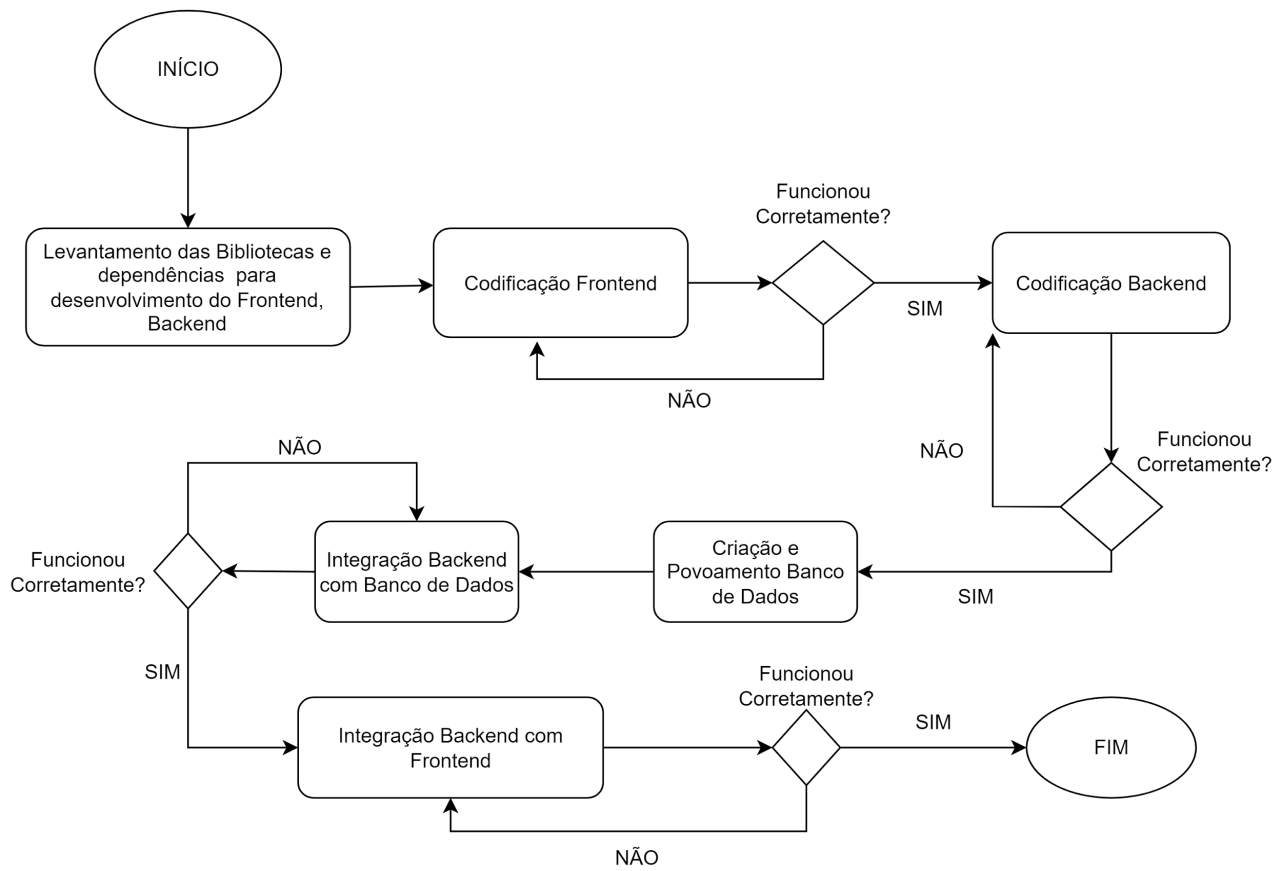
A seguir são disponibilizados três diagramas com o intuito de deixar mais intuitivo e didático a sequência de procedimentos e métodos apresentados.

Na figura 12 é disponibilizado o fluxograma metodológico no que se diz respeito a codificação e programação da plataforma Arduino, presente no sistema embarcado, quanto que na figura 13 é apresentado o fluxograma metodológico para o desenvolvimento do sistema *web*, já na figura 14 o fluxograma apresentado tem como finalidade demonstrar os procedimentos metodológicos para integração dos sistemas embarcado e *web*.

Figura 12 - Fluxograma metodológico empregado para codificação do arduino

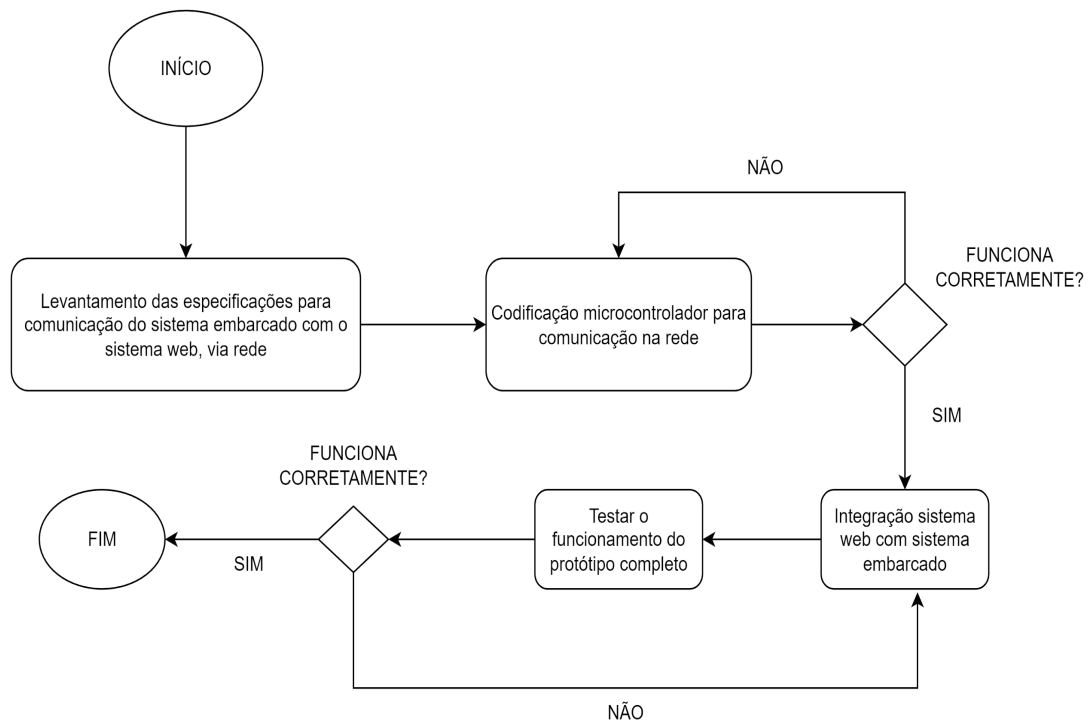
Fonte: (Autor Próprio, 2023)

Figura 13 - Fluxograma metodológico empregado para a codificação do sistema *web*



Fonte: (Autor Próprio, 2023)

Figura 14 - Fluxograma metodológico empregado para o desenvolvimento do projeto



Fonte: (Autor Próprio, 2023)

5. Construção do protótipo para controle de acesso veicular

O desenvolvimento deste trabalho consiste em criar um protótipo de um sistema de controle de acesso veicular utilizando da tecnologia RFID, capaz de identificar e gerenciar os usuários, e com base nisso poder acionar a abertura e fechamento de um portão.

Neste capítulo serão apresentados os passos para o desenvolvimento do trabalho, desde a estrutura física, de hardware e software que foi necessária para atingir o objetivo proposto pelo trabalho.

5.1. Sistemas Web para controle de acesso veicular

O sistema *web* inicialmente dividido em três módulos, sendo eles, *frontend*, *backend*, e banco de dados, foi executado localmente na máquina pessoal do estudante, apenas o banco de dados que foi hospedado na plataforma MongoDB Atlas, uma plataforma que possibilitou ter os dados armazenados em um cluster, na nuvem, permitindo maior acessibilidade e segurança aos dados. Apesar do sistema como um todo ter sido executado localmente, ele foi capaz de atender os requisitos necessários levantados para desenvolvimento do projeto.

O *backend* e *frontend* estão disponíveis no GitHub, uma plataforma de hospedagem de código fonte, com o adicional de controle de versão. Os códigos deste trabalho estão disponíveis nos seguintes endereços:

- a. backend: <https://github.com/arthur-mp/Controle-Acesso/tree/main/backend>
- b. frontend: <https://github.com/arthur-mp/Controle-Acesso/tree/main/frontend>

Se viu necessário o levantamento de requisitos, considerando o ponto de partida de qualquer projeto de *software*. Dentre os resultados obtidos nesta etapa, foi possível mapear as funcionalidades e características necessárias para desenvolvimento do projeto. Neste processo de compreensão e identificação das necessidades do usuário, definiu-se todos os requisitos pertinentes ao *software*.

Os requisitos de um sistema podem ser subdivididos em requisitos funcionais e requisitos não funcionais. Os requisitos funcionais são as funcionalidades necessárias

para o sistema, como, por exemplo: cadastrar, consultar e excluir os dados referentes a uma determinada entidade representada no sistema. Já os requisitos não funcionais se referem a recursos que são considerados características do sistema, como por exemplo: restrições, segurança e confiabilidade. A etapa de levantamento de requisitos do sistema de acesso desenvolvido foi realizada por meio de análise e estudos de sistemas de identificação de acesso já em uso na atualidade, de forma relacional com os conteúdos esporádicos vistos e abordados em sala de aula. A seguir são detalhados todos os requisitos funcionais e não funcionais mapeados para o desenvolvimento e usabilidade do sistema.

Os requisitos funcionais são referentes às funcionalidades que o *software* deve atender em relação às necessidades do usuário, para o atual projeto foram mapeados os seguintes requisitos descritos na Tabela 5. O requisito de autenticar no sistema buscou ser mais trivial, criando de início um acesso padrão com os dados previamente cadastrados no banco de dados, além de não ter sido levantado o requisito para recuperação de senha, ou cadastramento de novo usuário via tela de login para esta versão.

Tabela 5 - Requisitos Funcionais do Administrador

Código	Descrição
RF01	O sistema deve permitir que o administrador possa realizar autenticação no sistema.
RF02	O sistema deve permitir que o administrador possa deslogar do sistema.
RF03	O sistema deve permitir que o administrador associe tags aos usuários.
RF04	O sistema deve permitir que o administrador possa remover o usuário.
RF05	O sistema deve permitir que o administrador possa remover os veículos.
RF06	O sistema deve permitir que o administrador possa listar os acessos.
RF07	O sistema deve permitir que o administrador possa listar os usuários.
RF08	O sistema deve permitir que o administrador possa criar os usuários.

RF09	O sistema deve permitir que o administrador possa listar os veículos.
RF10	O sistema deve permitir que o administrador possa criar os veículos.

Fonte: (Autor Próprio, 2023)

Quanto aos requisitos não funcionais do sistema pode se observar na Tabela 6.

Tabela 6 - Requisitos Não-Funcionais

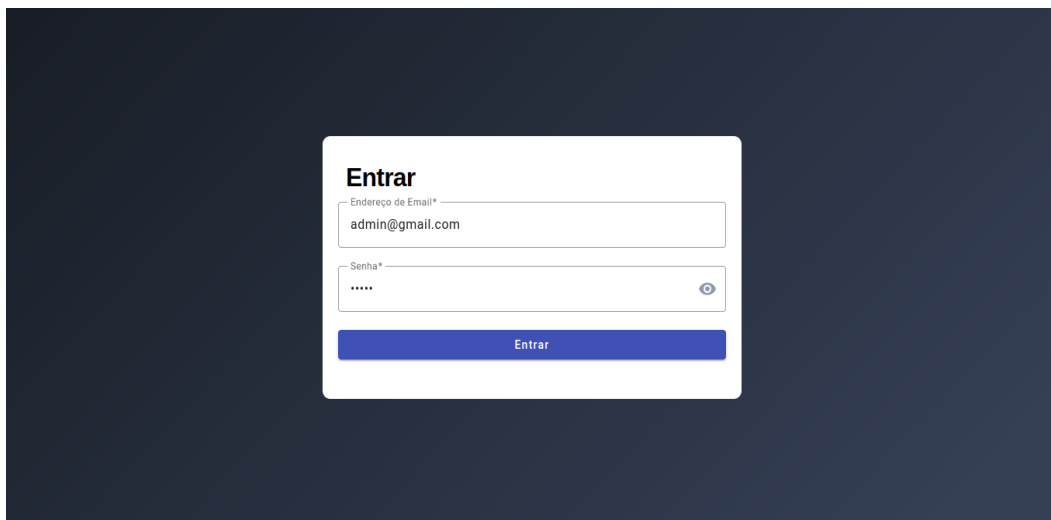
Código	Descrição
RNF01	O sistema deve ser desenvolvido usando a linguagem de programação Java e o framework Spring Boot para o backend.
RNF02	O sistema deve ser desenvolvido usando a linguagem de programação TypeScript e o framework Angular para o frontend.
RNF03	O sistema deve utilizar o MongoDB, como sistema de Gerenciamento de Banco de Dados.
RNF04	O sistema deve ser utilizado em plataforma <i>web</i> .

Fonte: (Autor Próprio, 2023)

5.1.1 Prototipação de telas

Nesta seção são ilustradas as telas que foram desenvolvidas para uso do sistema *web*.

Na figura 15 é ilustrada a tela inicial do sistema *web*. Os dados escolhidos para acesso ao sistema foram e-mail e senha. O acesso ao sistema se dá para usuário único, neste caso o administrador, com dados de login previamente cadastrados no banco de dados.

Figura 15 - Tela de Login

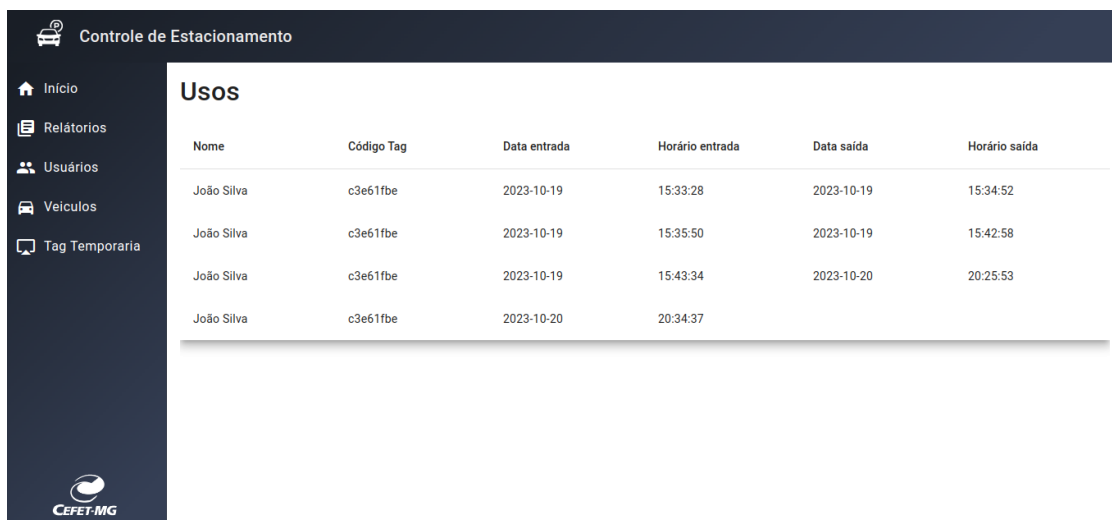
Fonte: (Autor Próprio, 2023)

Na figura 16 é ilustrado a tela inicial do sistema, onde é apresentado uma breve saudação de acesso ao sistema, podendo ser utilizado para disponibilizar informações prévias sobre o sistema.

Figura 16 - Tela de início

Fonte: (Autor Próprio, 2023)

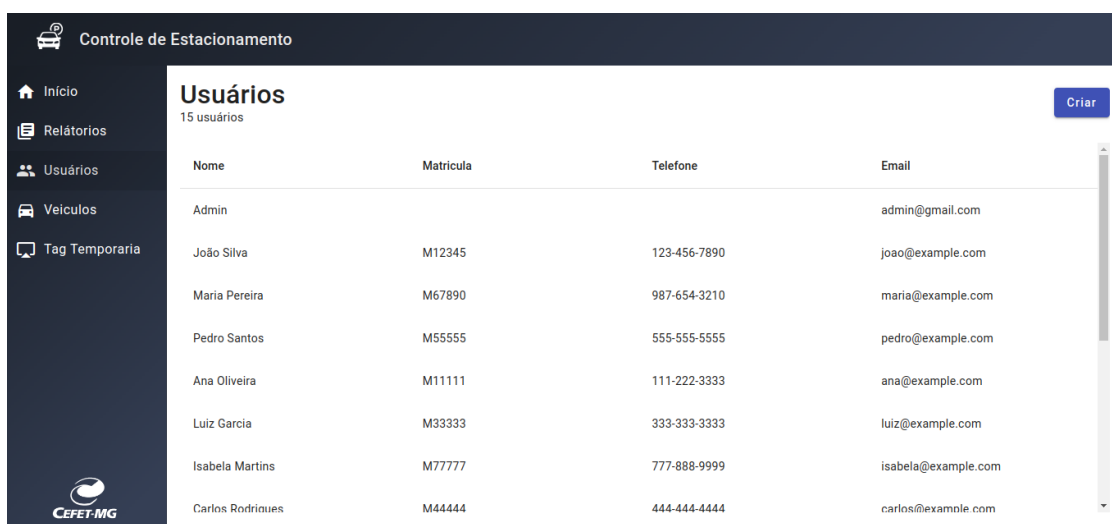
Na figura 17 é ilustrado a listagem de usos/acessos dos usuários, é apresentado informações úteis como data e horário de entrada e saída, para controle e gerenciamento de dados de acesso.

Figura 17 - Tela de Usos/Acessos


Nome	Código Tag	Data entrada	Horário entrada	Data saída	Horário saída
João Silva	c3e61fbe	2023-10-19	15:33:28	2023-10-19	15:34:52
João Silva	c3e61fbe	2023-10-19	15:35:50	2023-10-19	15:42:58
João Silva	c3e61fbe	2023-10-19	15:43:34	2023-10-20	20:25:53
João Silva	c3e61fbe	2023-10-20	20:34:37		

Fonte: (Autor Próprio, 2023)

Na figura 18 é ilustrado a listagem dos usuários, disponibilizando algumas informações básicas, como, nome, matrícula, telefone e email. A partir desta tela é possível criar, clicando no botão “Criar”, e editar/visualizar usuários, clicando em qualquer um dos usuários listados.

Figura 18 - Tela de Listagem de Usuários


Nome	Matrícula	Telefone	Email
Admin			admin@gmail.com
João Silva	M12345	123-456-7890	joao@example.com
Maria Pereira	M67890	987-654-3210	maria@example.com
Pedro Santos	M55555	555-555-5555	pedro@example.com
Ana Oliveira	M11111	111-222-3333	ana@example.com
Luiz Garcia	M33333	333-333-3333	luiz@example.com
Isabela Martins	M77777	777-888-9999	isabela@example.com
Carlos Rodrigues	M44444	444-444-4444	carlos@example.com

Fonte: (Autor Próprio, 2023)

Na figura 19 é ilustrada a tela de cadastro para novo usuário, bem como o cadastro de novo veículo, este já associado ao novo usuário cadastrado, ou seja,

para cada veículo adicionado neste formulário de cadastro, ambos serão relacionados a este novo usuário.

Figura 19 - Tela de Cadastro de Novo Usuário

Controle de Estacionamento

Cadastro novo usuário

Nome* Sobrenome Matricula

Email* Telefone* Codigo Tag

Cadastro veículo

Modelo* Marca* Placa* Cor*

Adicionar veículo

Salvar

Fonte: (Autor Próprio, 2023)

Na figura 20 é ilustrada a tela de edição de um usuário já existente, é disponibilizado previamente suas informações e dados, bem como os veículos associados, podendo assim atualizar os dados do usuário, veículos a ele listado, bem como deletá-los.

Figura 20 - Tela de Edição de Usuário

Controle de Estacionamento

Cadastro novo usuário

Nome* Arthur Sobrenome Moraes Pimentel Matricula 123456

Email* arthur@gmail.com Telefone* (31)9 8588-4466 Codigo Tag 260720

Cadastro veículo

Modelo* Palio Marca* Fiat Placa* ABC-2546 Cor* Prata

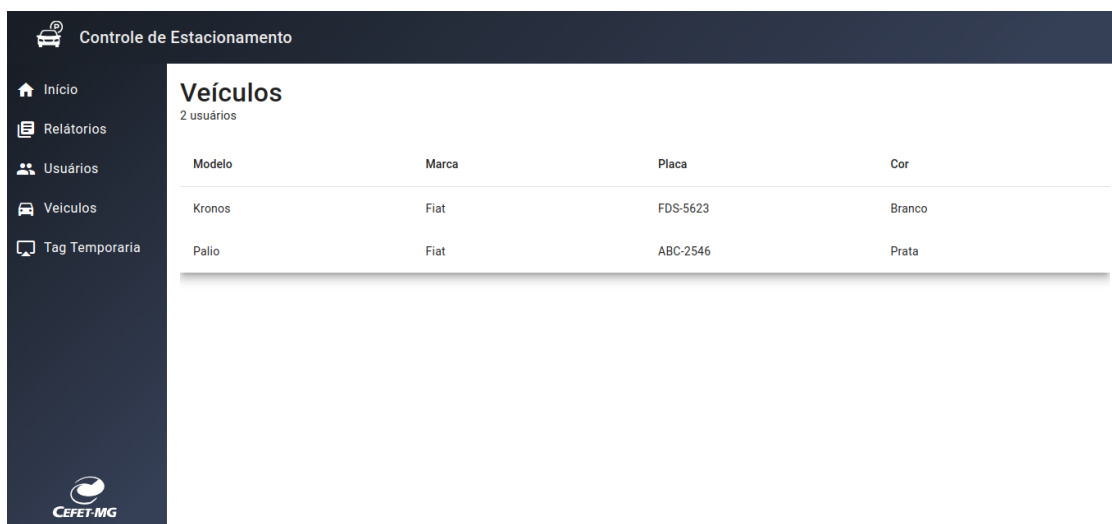
Adicionar veículo

Salvar Deletar

Fonte: (Autor Próprio, 2023)

Na figura 21 é ilustrado a listagem de veículos, ao selecionar qualquer um dos veículos, clicando-o, a página será direcionada para tela de edição do usuário associado, podendo assim editar os dados do veículo selecionado.

Figura 21 - Tela de Listagem de Veículos



The screenshot shows a web application interface for parking management. On the left is a dark sidebar with navigation links: 'Início', 'Relatórios', 'Usuários', 'Veículos', and 'Tag Temporária'. The main content area is titled 'Veículos' and shows a table with two rows of vehicle data. The table has four columns: 'Modelo', 'Marca', 'Placa', and 'Cor'. The first row lists 'Kronos' by 'Fiat' with license plate 'FDS-5623' and color 'Branco'. The second row lists 'Palio' by 'Fiat' with license plate 'ABC-2546' and color 'Prata'. The CEFET-MG logo is visible in the bottom left corner of the sidebar.

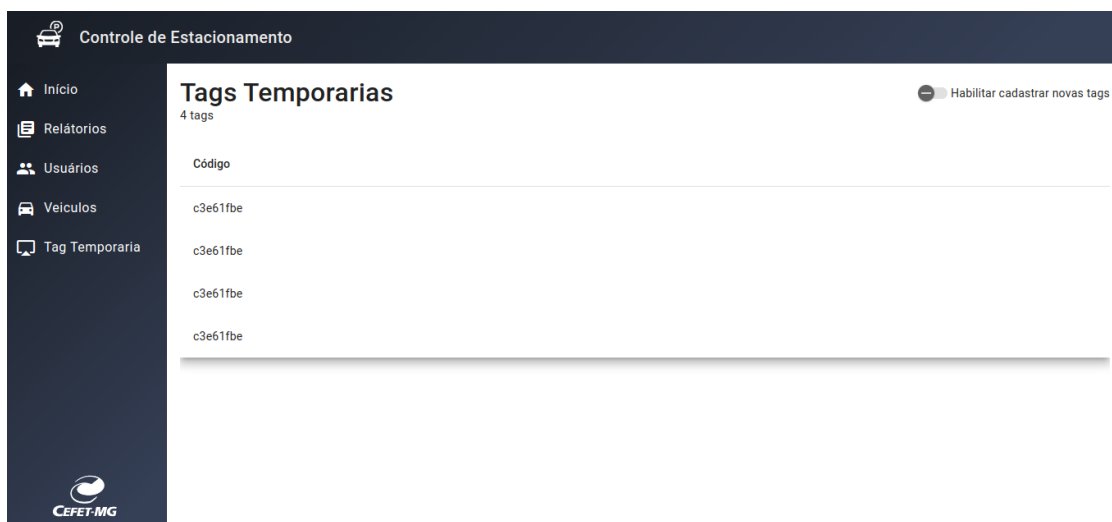
Modelo	Marca	Placa	Cor
Kronos	Fiat	FDS-5623	Branco
Palio	Fiat	ABC-2546	Prata

Fonte: (Autor Próprio, 2023)

Na figura 22 é ilustrado a tela de *tags* temporárias, assim como o botão de controle para cadastro de novas tags.

O botão de controle é um parâmetro de configuração desenvolvido no sistema para controle de cadastro de *tags* ou leitura e identificação das mesmas, uma vez ativado o sistema *web* fica aberto a cadastrar novas tags, recebidas do sistema embarcado, e assim disponibilizá-las nesta listagem.

Ao ser selecionada uma das tags listadas, o usuário poderá escolher o usuário respectivo a receber esta nova *tag*, associando-a assim a este usuário, caso o mesmo já possui uma tag cadastrada, prevalecerá a mais recente.

Figura 22 - Tela de Tags Temporária

Fonte: (Autor Próprio, 2023)

5.1.2 Modelagem e ferramenta de gerenciamento do banco de dados

O uso de banco de dados se faz necessário para o armazenamento de dados importantes de um sistema. Para criação e gerenciamento do banco de dados foi utilizado o MongoDB, que é um software de banco de dados orientado a documentos livre, de código aberto e multiplataforma, classificado como um programa de banco de dados NoSQL (*Not Only Structured Query Language*), o MongoDB usa documentos semelhantes a JSON (*JavaScript Object Notation*) com esquemas.

O banco foi hospedado online pelo próprio serviço de clusters oferecidos pelo MongoDB Atlas, visando assim melhor integração e disponibilidade dos dados com o servidor *web*. O banco de dados é de fundamental importância para manter os dados, como para consultas, dentre estas, a autenticação no sistema e a listagem de dados do uso e acesso dos usuários.

A visualização do funcionamento do banco de dados se dá pelo mapeamento ilustrado na figura 23, que é disposto no modelo lógico, explanado a seguir:

- a) **users**: é a tabela de dados dos usuários, na qual seus campos de informação são:
- **id** que identifica cada usuário do sistema;
 - **nome** é o nome do usuário;
 - **sobrenome** é o sobrenome do usuário;

- **telefone** é o telefone do usuário;
- **matrícula** é o número de matrícula do usuário;
- **email** é o email do usuário;
- **codigoTag** é o número de identificação do cartão ou chaveiro;
- **senha** é a senha de acesso ao sistema do usuário;
- **veiculosId** é a listagem de identificação dos veículos associados ao usuário;
- **usagesId** é a listagem de identificação dos acessos do usuário;

b) **veículo**: é a tabela de dados dos veículos, na qual seus campos de informação são:

- **id** que identifica cada usuário do sistema;
- **modelo** é o modelo do veículo;
- **marca** é a marca do veículo;
- **placa** é a placa do veículo;
- **cor** é a cor do veículo;
- **usuarioid** é a identificação do usuário proprietário por este veículo;

c) **usages**: é a tabela de dados de acesso, na qual seus campos de informação são:

- **id** que identifica cada usuário do sistema;
- **dateUsageInput** é a data de entrada do usuário identificada pelo do cartão;
- **timeUsageInput** é as horas de entrada do usuário identificada pelo do cartão;
- **dateUsageOutput** é a data de saída do usuário identificada pelo do cartão;
- **timeUsageOutput** é as horas de saída do usuário identificada pelo do cartão;
- **idUser** é a identificação do usuário;
- **tagUser** é a tag de identificação do usuário;

d) **tagsTemporary**: é a tabela de tags temporárias, utilizadas no cadastro de tags para novos usuários, após serem relacionados a um usuário a mesma deixa de existir como essa entidade e passa a ser uma propriedade de entidade usuário:

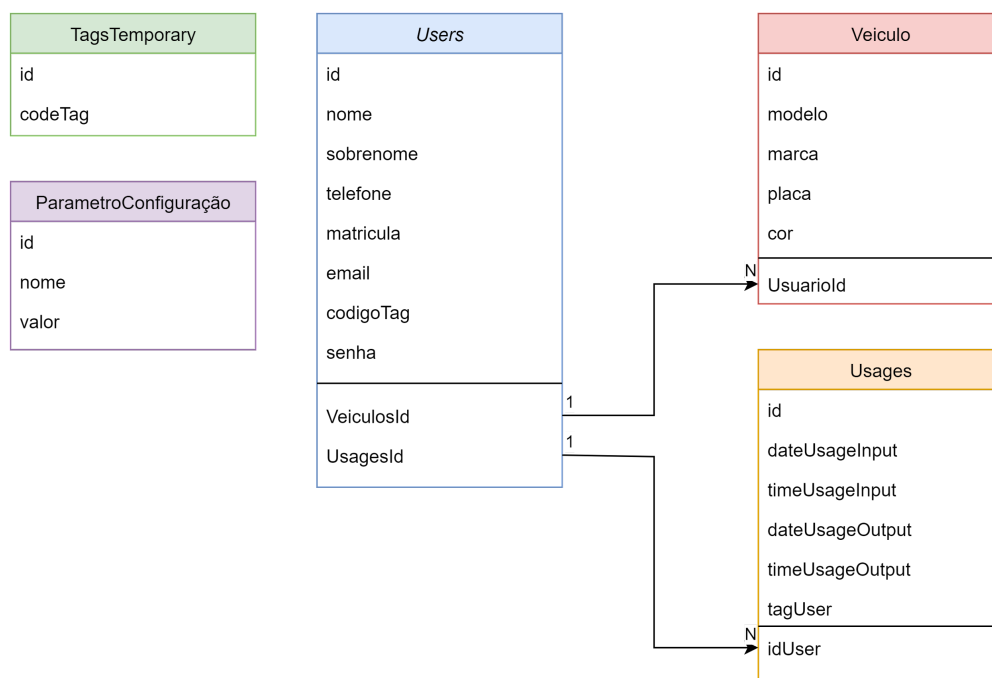
- **id** que identifica unicamente uma tag a ser atribuída a um novo usuário;
- **codeTag** é a tag temporária;

e) parametroConfiguracao: é a tabela de parâmetros de configuração, para controle de funcionalidades do sistema:

- **id** que identifica unicamente o parâmetro de configuração;
- **nome** é nome do parâmetro;
- **valor** é o valor referente ao parâmetro;

A cardinalidade das tabelas vem do nível de relacionamento das tabelas apresentadas na Figura 23 que é ilustrado pelas setas entre elas, no qual o mesmo funciona da seguinte forma: o usuário pode ter vários veículos, ou seja, N, e a tabela de veículos pode ter um único usuário. Em relação aos acessos, um usuário pode possuir vários acessos, N, e um acesso pode estar associado a apenas um único usuário.

Figura 23 - Modelagem Banco de Dados



Fonte: (Autor Próprio, 2023)

5.2. Sistema Embarcado para controle de acesso veicular

Para o desenvolvimento do sistema embarcado, responsável pela identificação via RFID dos usuários e liberação do acesso, se fez necessário o uso dos seguintes componentes:

- a) Placa de Arduino UNO R3;
- b) Display LCD;
- c) Módulo I2C;
- d) Protoboard;
- e) Leitor RFID;
- f) Módulo Wi-fi NodeMCU ESP8266;
- g) Micro Servo 9g SG90;
- h) Sensor óptico tcr5000.

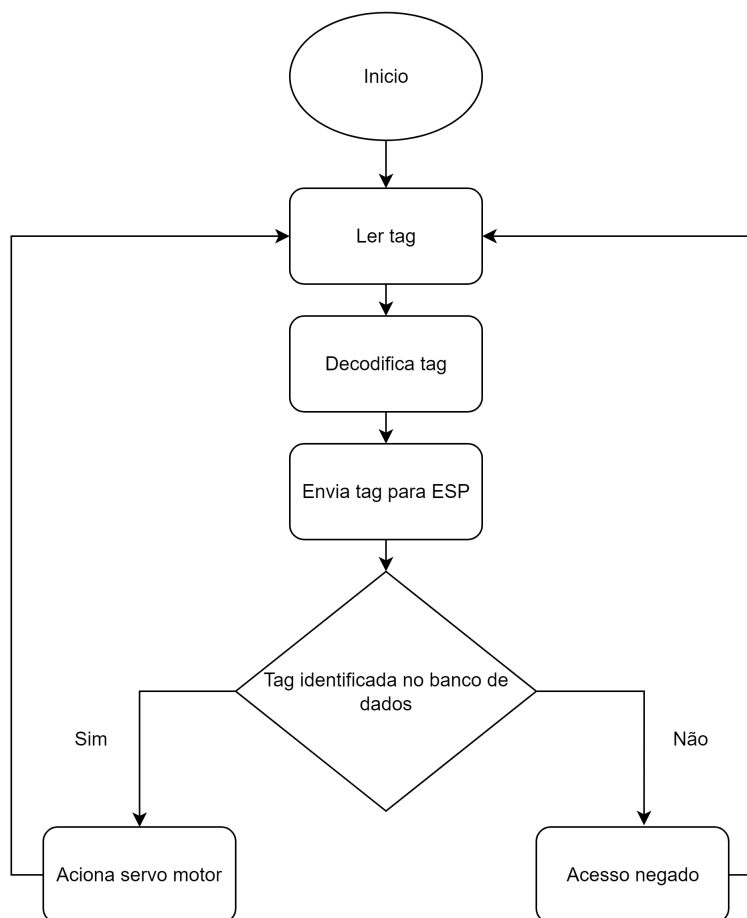
Os códigos da aplicação embarcada estão disponíveis no GitHub, no seguinte endereço:

- a) Aplicação Embarcada:

<https://github.com/arthur-mp/Controle-Acesso/tree/main/arduino>

5.2.1. Funcionamento do arduino

A plataforma Arduino funciona, neste projeto, como o sistema principal de processamento e comunicação de hardware, fornecendo informações aos dispositivos que estão conectados a ele. Portanto, seu funcionamento acontece conforme fluxograma apresentado na Figura 24, na qual ao iniciar a aplicação embarcada é ativado o RFID e espera por uma tag, assim que a antena detecta a tag, a aplicação embarcada a decodifica e envia para o ESP8266, que é responsável pela comunicação com a api desenvolvida no sistema web, caso o sistema web esteja configurado para identificação da tag, o servo motor é acionado abrindo assim o portão/porta, para o caso da verificação ser positiva. Além disso, o arduino é o módulo responsável pelo gerenciamento e funcionalidade dos demais componentes, como o servo motor, o sensor óptico e o display.

Figura 24 - Funcionamento do Arduino

Fonte: (Autor Próprio, 2023)

5.2.2. Funcionamento do ESP8266

O NodeMCU ESP8266, além de ser um módulo Wi-Fi, também é um microcontrolador. O ESP8266 se comunica com o Arduino por meio da comunicação serial, na qual a conexão é feita por jumpers. Portanto, o seu funcionamento se dá como ilustra o fluxograma na Figura 25. Ao iniciar a aplicação, é recebido os dados da rede Wi-Fi no modo cliente, ou seja, ele envia dados pela rede, o módulo começa a ler dados pela porta serial conectada ao Arduino e verifica se a rede Wi-Fi está conectada, caso esteja, o módulo realiza comunicação com a api através de uma biblioteca chamada ESP8266HTTPClient, o retorno da api pode desencadear até 4 reações no sistema.

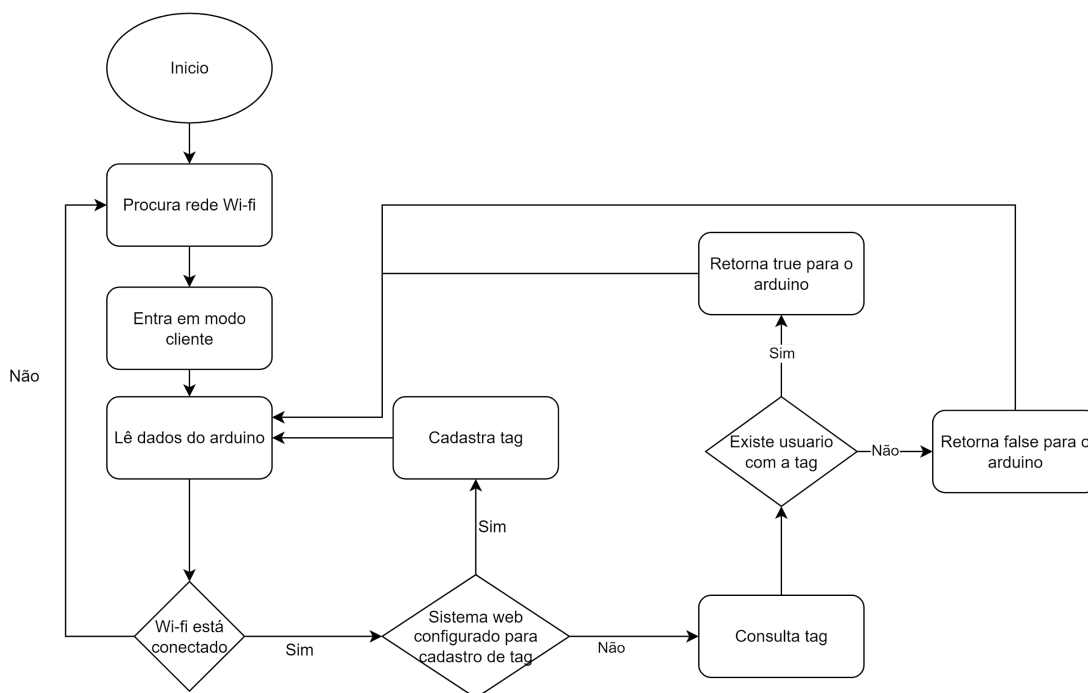
Para o sistema *web* configurado para cadastro de tag, o ESP8266 pode receber o código http 201, significando que a tag foi cadastrada, sendo então retornado para o arduino o código 15 (escolhido de forma arbitrária), o arduino por

sua vez disponibiliza a seguinte informação no display: “Cadastrou nova tag”. Ainda para a funcionalidade de cadastrar tag, se o ESP8266 receber o código http 400, indica que não foi possível cadastrar a nova tag no sistema *web* por algum erro de ethernet, protocolo, e ou acesso negado, desta forma o ESP retorna o código 10 (escolhido de forma arbitrária) para o arduino, que o identifica e disponibiliza no display como: “Falha para cadastrar nova tag”.

Para o sistema *web* não configurado para cadastro de tag, o ESP8266 pode receber o código http 201, significando que foi encontrado um usuário para aquela tag, nisto é retornado para o arduino o número 16 (escolhido de forma arbitrária), desse modo o arduino acionar o servo motor que libera o acesso pelo portão/porta e disponibiliza no display a seguinte informação: “Acesso liberado”. Para o caso de o servidor *web* retornar o código http 400, indicando que não foi encontrado nenhum usuário para aquela tag, o ESP retorna para o arduino o código 11 (escolhido de forma arbitrária), que o arduino foi programado para interpretar como acesso negado, disponibilizando assim no display a seguinte mensagem: “Acesso negado”.

Em ambos os casos, após percorrerem e receberem suas respostas, a aplicação volta para a leitura de dados do Arduino.

Figura 25 - Fluxograma do funcionamento do ESP8266



Fonte: (Autor Próprio, 2023)

5.2.3. Captação e Processamento do sinal pelo sensor óptico

O sistema embarcado conta com um sensor óptico reflexivo, como demonstrado na Figura 26, para captação de objetos na área de abertura e fechamento do portão. Para o caso da identificação do usuário ao sistema seja positiva, e com isso o portão seja aberto, é necessário um meio de verificação de presença, para que não ocorra o incidente do portão fechar mesmo com algum objeto na sua área de fechamento, com isso o sensor óptico foi capaz de reduzir significativamente esse incidente, uma vez que o mesmo capta pela aproximação de algum objeto e processa essa informação, fornecendo-a ao arduino que por sua vez só envia comando de fechamento ao servo motor quando o resultado do sensor for de que não há nenhum objeto obstruindo o fechamento do portão.

Figura 26 - Sensor óptico reflexivo Tcrt5000



Fonte: (Eletrogate, 2023)

O sensor óptico utilizado foi eficaz para o protótipo desenvolvido no trabalho, uma vez que a área de detecção dele é de 25mm. Para aplicar a um sistema real, é necessário a substituição do mesmo por um que abrange uma área de detecção maior.

5.2.4. Servo motor

Para o desenvolvimento deste projeto, foi escolhido um servo motor com ângulo de rotação de 180 graus, que pode ser observado na Figura 27.

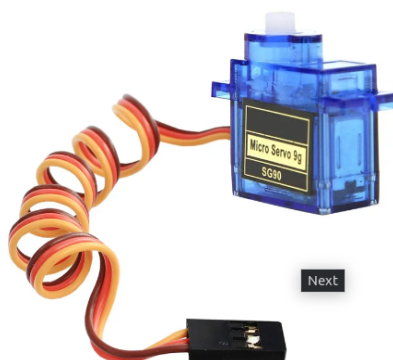


Figura 27 - Micro Servo 9g SG90

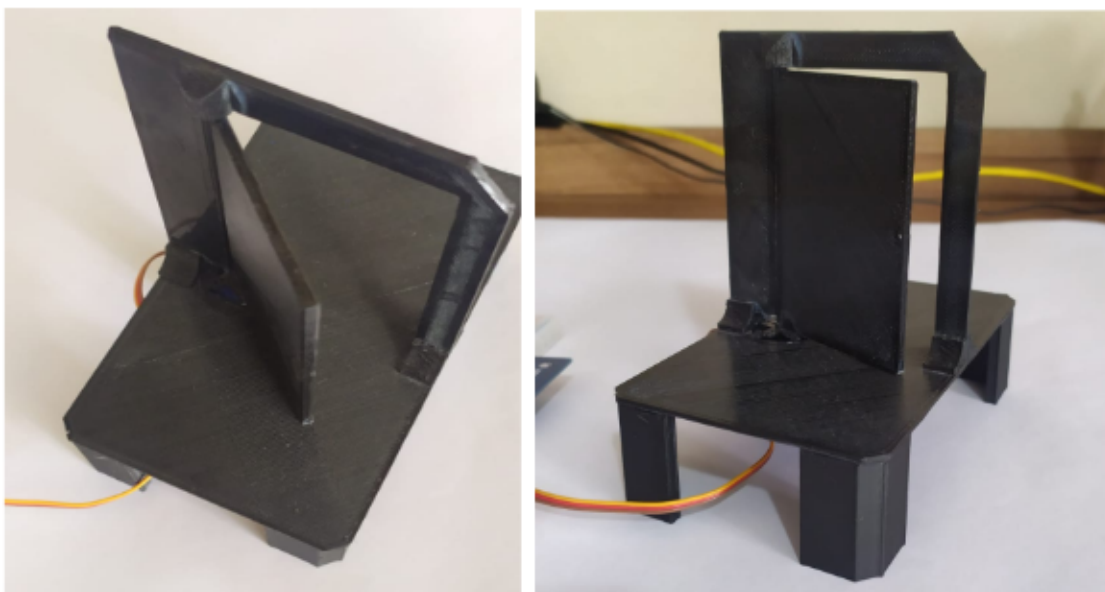
Fonte: (Eletrogate, 2023)

Ele possui tensão de operação entre 3 e 7,2 V. Esse modelo de motor possui três terminais referentes a alimentação/controle, aplicando-se uma tensão em um dos terminais o motor gira em determinado sentido, invertendo a polaridade o motor gira no sentido inverso. É importante lembrar que o mesmo pode ser substituído por um motor maior para uma aplicação real, no projeto que foi um modelo menor ele atendeu as expectativas.

5.2.5. Portão

Como o projeto se tratou de um protótipo, ou seja, uma representação do que seria um projeto real, a representação de um portão, ou catraca, foi uma porta que pode ser observada na Figura 28, a mesma foi impressa em uma impressora 3d, para desenvolvimento do presente trabalho.

Figura 28 - Representação portão



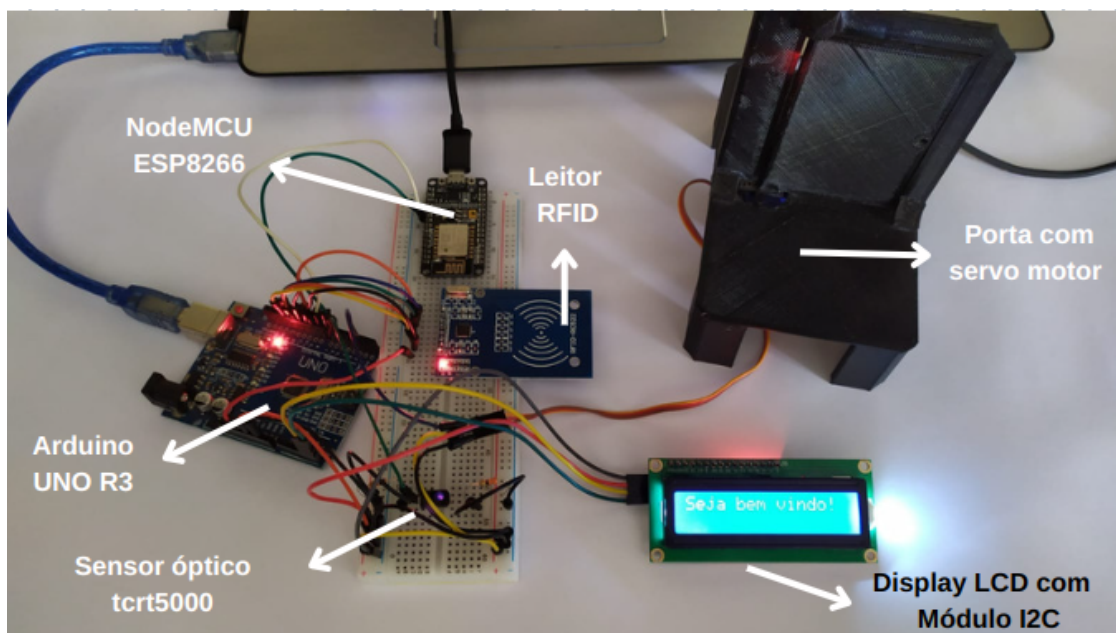
Fonte: (Autor Próprio, 2023)

O servo motor é responsável por realizar as movimentações da porta, representando a abertura e fechamento de um portão real. Foi optado por representar um portão por uma porta pela simplicidade de construção e área ocupada.

5.2.6. Montagem final

O protótipo experimental do sistema embarcado é apresentado na Figura 29, que ilustra a montagem real. O protótipo funcionou de acordo com os fluxogramas apresentados, já com todos os componentes que compõem o sistema embarcado interconectados entre si, via protoboard e o uso dos jumps. Pela Figura 29 é possível identificar cada componente que foi utilizado para desenvolvimento do presente trabalho. Além da porta que neste modelo simula um portão ou cancela, o display LCD precisou ser soldado com o módulo I2C, para redução das conexões com o arduino.

Figura 29 - Montagem final sistema embarcado



Fonte: (Autor Próprio, 2023)

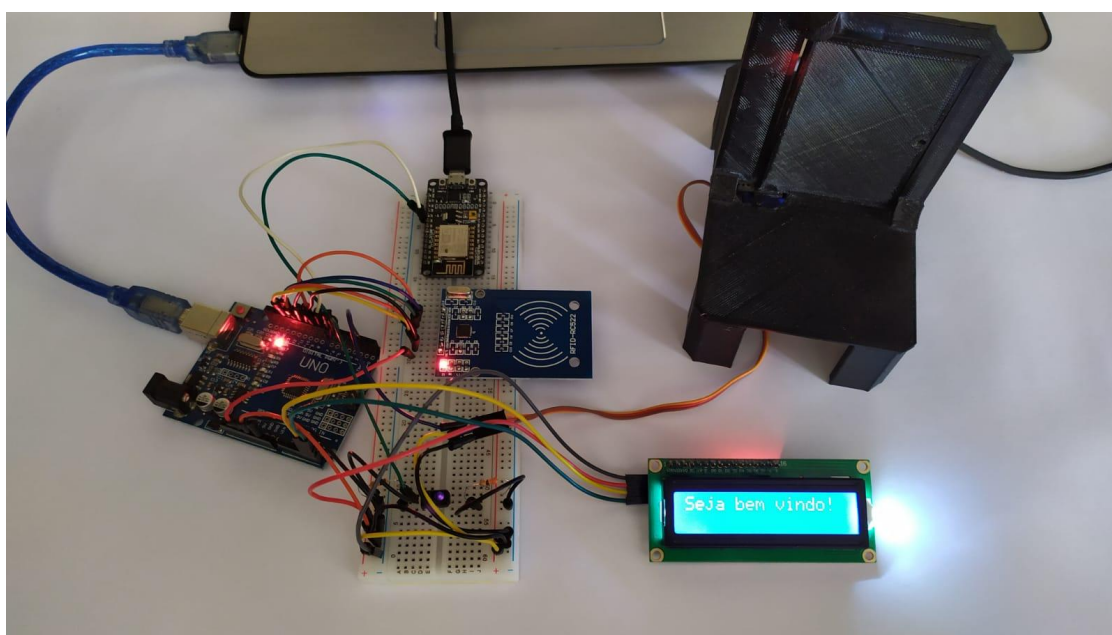
6. Testes e resultados

Este capítulo apresenta os testes realizados e os resultados obtidos através do protótipo *web* e embarcado já funcional e conectados.

Para realizar os testes e validar os resultados de acordo com as funcionalidades mapeadas do sistema como um todo, foram realizados alguns testes que buscou explorar as devidas possibilidades que abrangem o propósito do projeto.

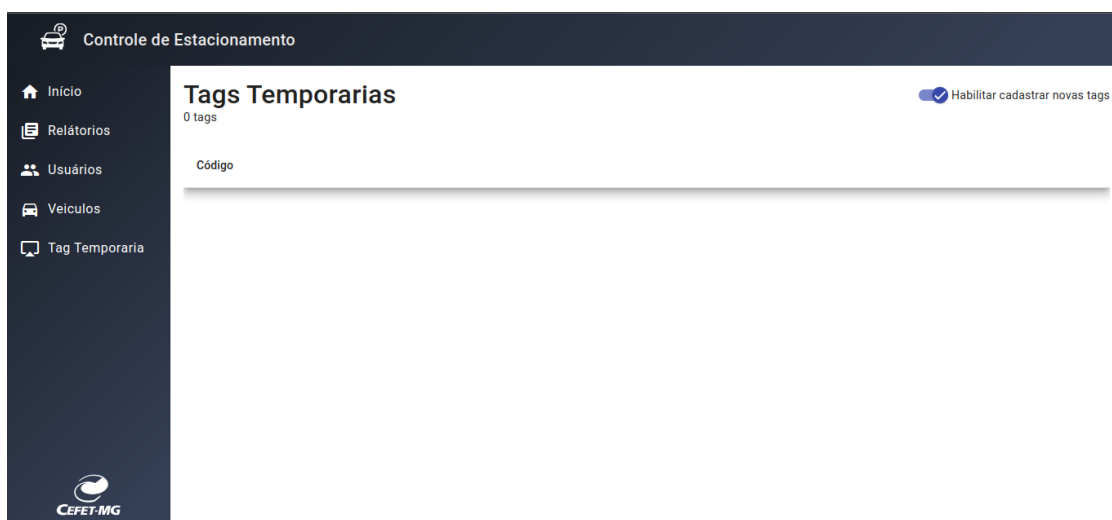
Com o sistema *web* sendo executado na máquina local e o sistema embarcado devidamente conectado e ativo, foi realizado o primeiro teste que consiste no cadastro das tags, no primeiro momento o sistema embarcado se comporta apresentando uma saudação de boas vindas apresentada no display LCD, como podemos visualizar na Figura 30, e o leitor RFID fica em aguardo de uma aproximação de tag, para poder realizar a leitura e encaminhar ao arduino.

Figura 30 - Protótipo sistema embarcado



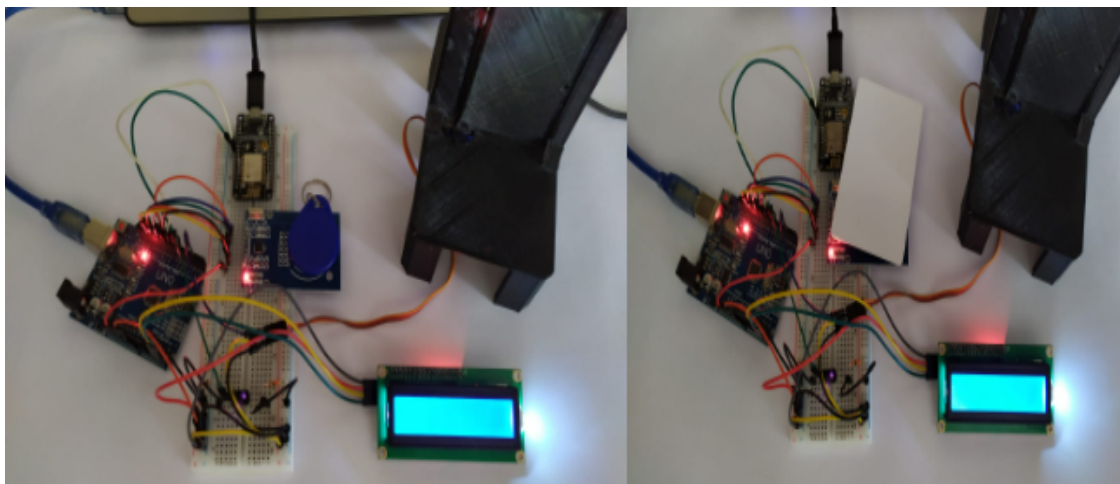
Fonte: (Autor Próprio, 2023)

Enquanto o leitor RFID fica em estado de leitura, aguardando uma tag, o sistema *web* na tela de tags temporárias (Figura 31) apresenta a listagem de tags vazia pois ainda não foi feito nenhum cadastro, e o botão (Habilitar cadastrar novas tags) foi habilitado para assim o sistema como um todo reconhecer que as identificações posteriores são para cadastro de novas tags.

Figura 31 - Tela tags temporárias modo cadastro tag

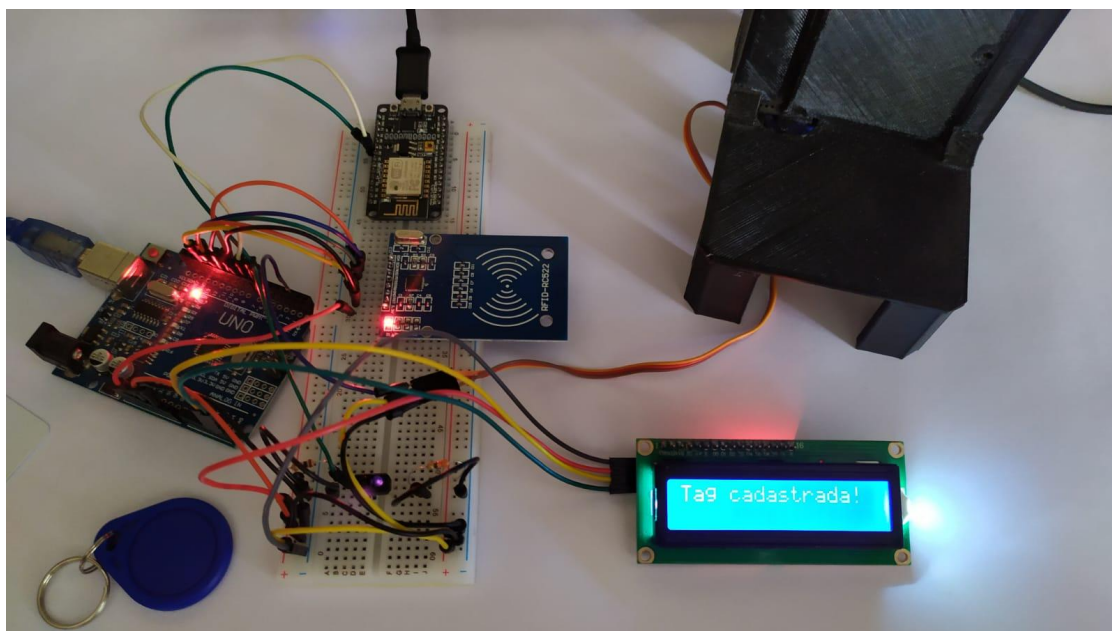
Fonte: (Autor Próprio, 2023)

Na figura 32 é apresentado o processo de leitura e identificação das tags, posto sobre o leitor de forma bem próxima devido o campo de alcance ser bem pequeno, as tags de identificação.

Figura 32 - Leitura tags pelo sistema embarcado

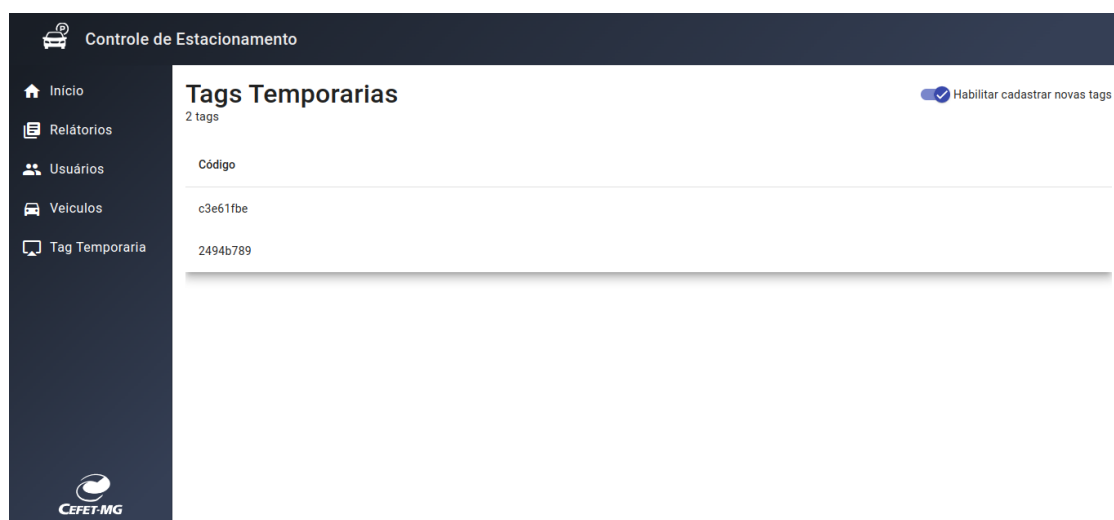
Fonte: (Autor Próprio, 2023)

Para cada uma das tags cadastradas no sistema é disponibilizado no display um aviso de tag cadastrada, ilustrado na figura 33.

Figura 33 - Tag cadastrada

Fonte: (Autor Próprio, 2023)

Ao ser realizado o cadastro a tela de tags temporárias atualiza a listagem com as novas tags cadastradas no banco de dados, como pode ser visto na figura 34.

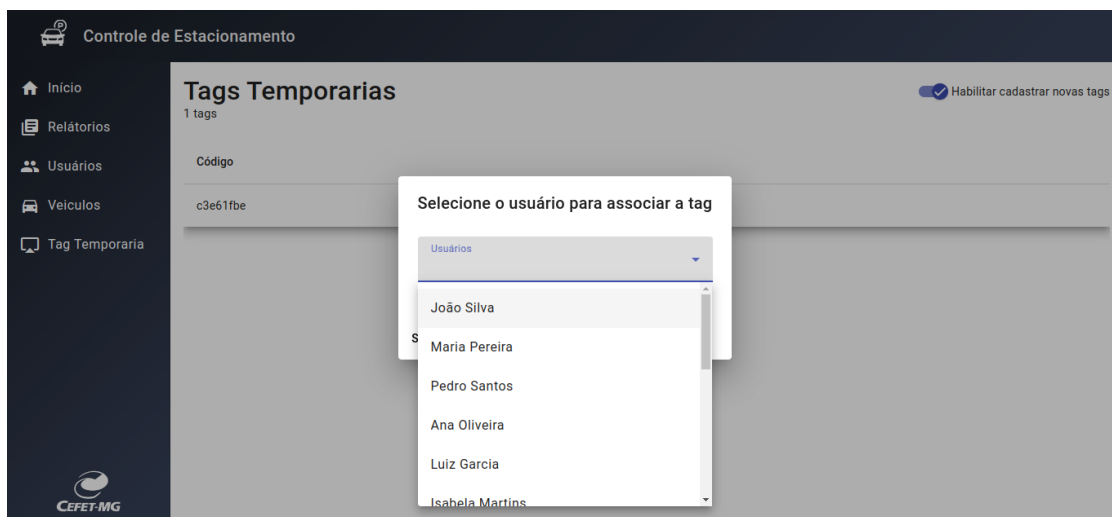
Figura 34 - Listagem de tags cadastradas

Fonte: (Autor Próprio, 2023)

Feito a etapa de cadastro das tags chegou a hora de associá-las a cada usuário, na figura 35 podemos ver que ao clicar sobre uma tag na listagem de tags temporária conseguimos selecionar um usuário para receber aquela tag. Ao ser

selecionado o usuário essa tag é removida da listagem e passa a ser visível na tela de detalhes daquele usuário, reduzindo assim a listagem.

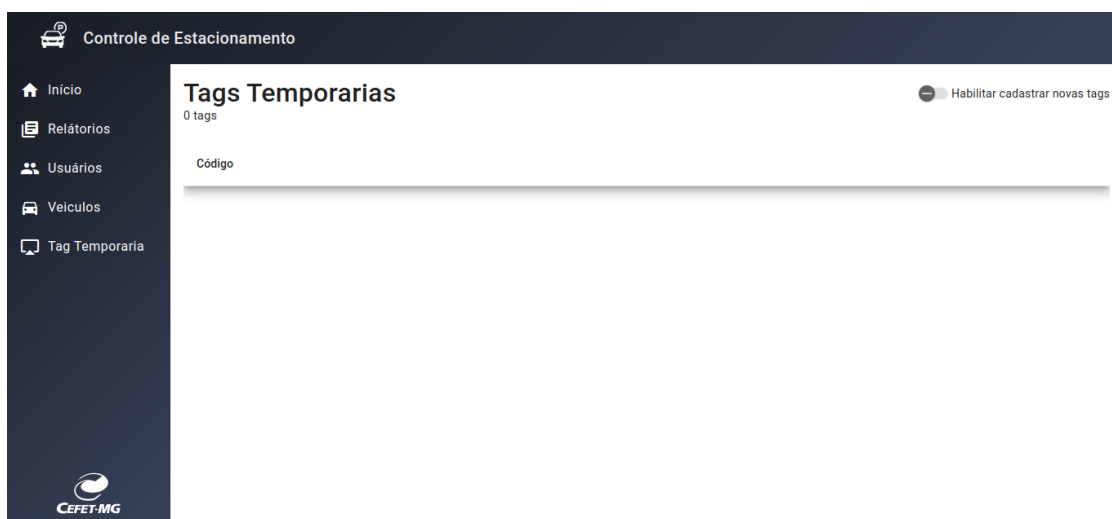
Figura 35 - Seleção de usuário para tag



Fonte: (Autor Próprio, 2023)

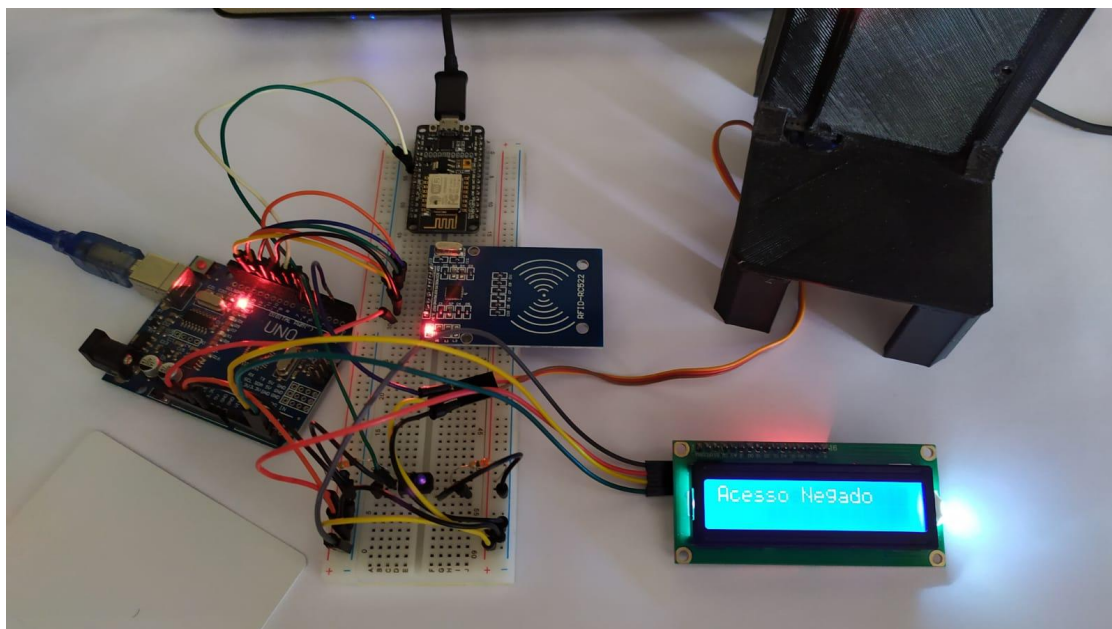
Como descrito nos processos acima, as funcionalidades de cadastro de tags, leitura, identificação, comunicação entre os sistemas web e embarcado, associação da tag a um usuário, foram satisfeitas com sucesso, o protótipo apresentou resultados positivos para os testes de cadastro de tags.

Partindo do ponto que o cadastro foi efetuado com sucesso, e a listagem de tags temporárias já está vazia, ou seja, cada tag foi associada a um usuário, o primeiro passo a ser feito é desabilitar o botão (Habilitar cadastrar novas tags), ficando como ilustrado na figura 36, feito isso o sistema não realizará mais o cadastro de tags após ser feita uma identificação, mas o mesmo passa a se comportar como identificador de usuário e permissão de acesso.

Figura 36 - Modo cadastro de tags desabilitado

Fonte: (Autor Próprio, 2023)

Uma vez feito a leitura de uma tag e a mesma não sendo encontrada no banco de dados, o sistema nega o acesso do usuário que apresentou esta tag e não libera acesso, fornecendo um aviso no display como apresentado na figura 37.

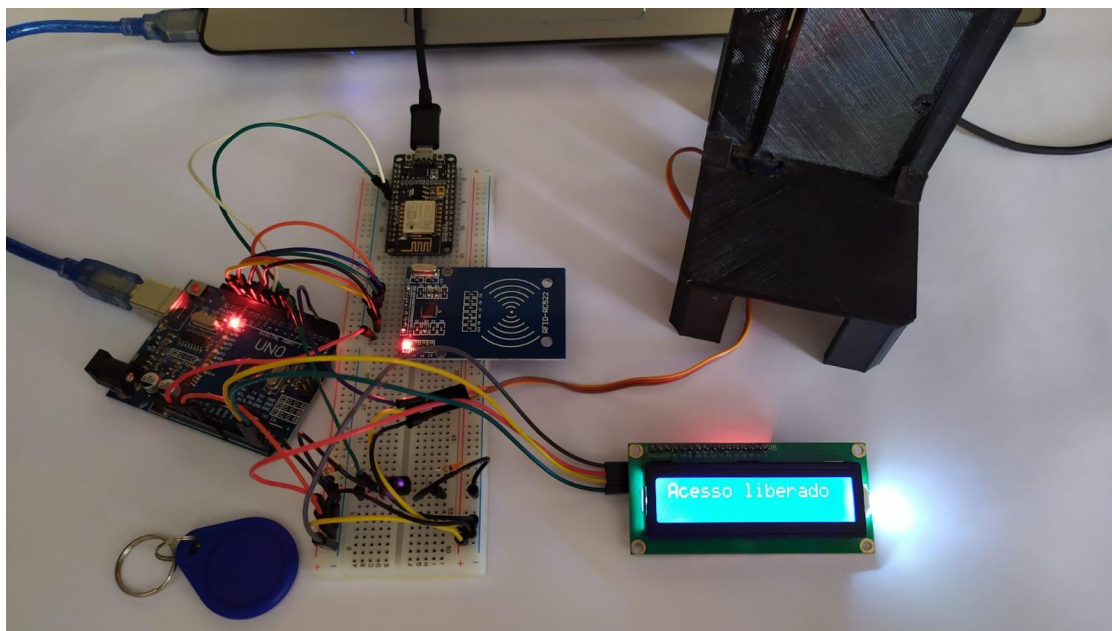
Figura 37 - Acesso negado

Fonte: (Autor Próprio, 2023)

No caso de o usuário apresentar a tag cuja identificação seja validada e seu código esteja presente no banco de dados, é realizado a abertura do portão (sendo representada por uma porta), o mesmo ficará aberto por certo intervalo de tempo,

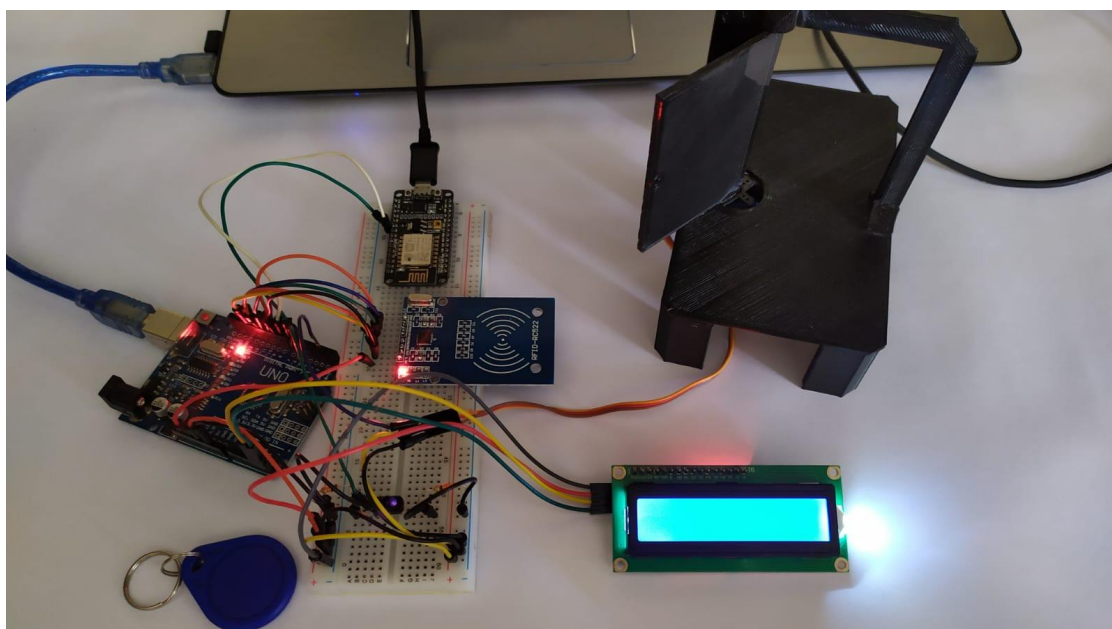
que pode ser configurado na programação do arduino, e é apresentado no display uma informação de acesso liberado. Pode ser visto nas figuras 38 a ilustração da notificação pelo display e na figura 39 a abertura da porta.

Figura 38 - Acesso liberado



Fonte: (Autor Próprio, 2023)

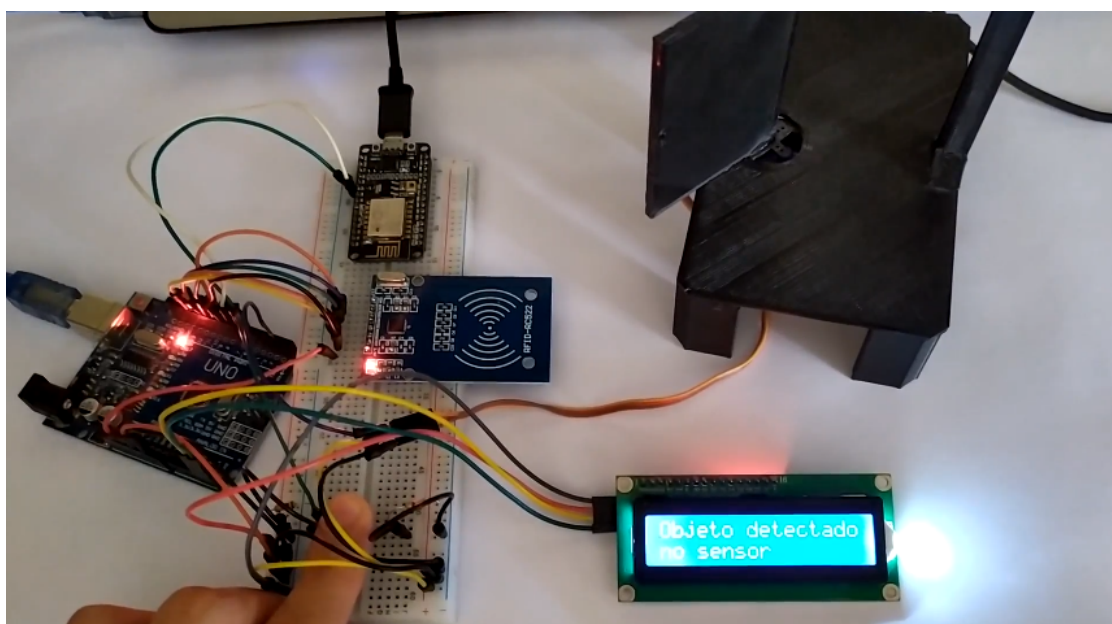
Figura 39 - Abertura da porta



Fonte: (Autor Próprio, 2023)

Com a identificação do usuário pela tag apresentada ao leitor RFID e validada pelo sistema web, há a atuação do sensor óptico com a abertura da porta, caso tenha algum objeto na área de alcance de leitura do sensor, o mesmo notifica ao sistema embarcado que atua impedindo a porta fechar até que o sensor óptico notifique que não foi identificado nenhum objeto. Na figura 40 é ilustrado o teste de um objeto (representado por um dedo) sob a área de alcance do sensor, com isso o sistema embarcado impede que a porta feche e apresenta no display um aviso de objeto detectado no sensor.

Figura 40 - Identificação pelo sensor óptico



Fonte: (Autor Próprio, 2023)

Com os testes e resultados obtidos foi possível cumprir os requisitos mapeados e levantados para desenvolvimento deste trabalho. Está disponível em <https://youtu.be/4AYEt1tyFTw>, um vídeo com os testes sendo executados manualmente.

7. Considerações Finais

O presente trabalho alcançou os objetivos propostos de criar um protótipo de um sistema integrado composto por um sistema web para gerenciamento dos dados e um sistema embarcado para captura, monitoramento e tratamento dos dados, com a finalidade de oferecer um controle de acesso seguro e eficiente. Apesar de se tratar um protótipo o mesmo pode ser readequado para um sistema real, substituindo os componentes por modelos adequados ao contexto, como cenários de estacionamentos com cancelas ou portões elétricos.

Baseado nos testes feitos, pode-se concluir que o projeto correspondeu às expectativas de funcionamento e foi capaz de suprir os requisitos levantados para propósito do trabalho.

7.1 Trabalhos Futuros

Os resultados deste trabalho sugerem algumas direções promissoras de trabalho futuro:

- Uso da tecnologia Qr Code ou código de barras para sistema de identificação no lugar do RFID;
- Simulações e testes para quantidades maiores de acessos;
- Levantamento estatísticos e análises dos dados gerados com os acessos, permitindo a construção de um possível dashboard;
- Levantamento de especificações e desenvolvimento de um projeto real.

8. Referências

Andrade, C. O que é chave fim de curso e onde usar? Sala da Elétrica, 2017. Disponível em: <<https://www.saladaeletrica.com.br/chave-fim-de-curso/>>. Acesso em: 26 de maio de 2023.

Arduino, 2018. O que é Arduino?. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction/>>. Acesso em: 24 de maio de 2023.

Arduino, 2023. Controle do motor do transistor. Disponível em: <<https://docs.arduino.cc/learn/electronics/transistor-motor-control/>>. Acesso em: 26 de maio de 2023.

Arduino, 2023. Introdução ao Arduino. Disponível em: <<https://docs.arduino.cc/learn/starting-guide/getting-started-arduino/>>. Acesso em: 25 de maio de 2023.

Arduino, 2023. Usando o Software Arduino (IDE). Disponível em: <<https://docs.arduino.cc/learn/starting-guide/the-arduino-software-ide/>>. Acesso em: 25 de maio de 2023.

Borges, Vinicius, 2023. “Como o RFID pode ajudar na automação de processos”; CPCON. Disponível em: <<https://www.grupocpcon.com/rfid-na-automacao-de-processos/>>. Acesso em: 27 de maio de 2023.

Dores, Renan da Silva, 2022. “O que é RFID”; Canaltech. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/hardware/o-que-e-rfid-947/>>. Acesso em: 27 de maio de 2023.

GAO RFID Inc. RFID Solutions for ID Badges and Access Control. Disponível em: <http://accesscontrol.gaorfid.com/>. Acesso em: 17 maio. 2023.

KIM, H. et al. (2016). Auto-ID technology and its applications. International Journal of Control and Automation, v. 9, n. 5, citado nas páginas 115-126.

Kurose; Ross. Redes de computadores e a internet uma abordagem top-down. Pearson, 2013. Citado nas páginas 72 e 73.

Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2016). Sistemas de Informação Gerenciais. Pearson Education do Brasil. Citado na página 22.

Marques, Carlos Alberto. A tecnologia de identificadores de rádio frequência (RFID) na logística interna industrial: pesquisa exploratória numa empresa de usinados para o setor aeroespacial. UNITAU, 2009. Disponível em: <<https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/download/750/229/>>. Acesso em: 28 de maio de 2023.

McRoberts, 2015. Arduino Básico, 2ª Edição Revisada e ampliada. Novatec.

Mello, 2022. O que é um Microcontrolador, para que serve e principais usos. Disponível em: <<https://victorvision.com.br/blog/o-que-e-um-microcontrolador/>>. Acesso em: 20 de maio de 2023.

MELO, Pâmella Raphaella. "Motor elétrico"; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/eletricidade-acionamento-motores-eletricos.htm/>> Acesso em 25 de maio de 2023.

Miletto, Evando Manara; Bertagnolli, Silva De Castro. Desenvolvimento de Software II - Introdução ao Desenvolvimento Web com HTML, CSS, JAVASCRIPT e PHP. Instituto Federal De Educação, Ciência e Tecnologia, 2014. Citado nas páginas 3, 4, 5 e 6.

MONK, S. Programação com Arduino: começando com Sketches. [S.l.]: Bookman Editora, 2013. Citado na página 16.

Mozilla, 2022. Métodos de requisição HTTP. Disponível em: <<https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/HTTP/Methods/>>. Acesso em: 03 de junho de 2023.

Noletto, Cairo, 2020. Aplicações web: entenda o que são e como funcionam. Disponível em: <<https://blog.betrybe.com/desenvolvimento-web/aplicacoes-web/>>. Acesso em: 03 de junho de 2023.

Patsko, Luís Fernando. Tutorial Aplicações, Funcionamento e Utilização de Sensores. Maxwell Bohr, 2006. Citado na página 39.

Pedro, Luís Manuel Dias. Plataforma de Comunicações sem Fios para Zigbee e RFID. Instituto Superior Técnico Universidade Técnica de Lisboa, 2008. Citado na página 20.

Ronald J. Tocci. (2011) Sistemas Digitais princípios e aplicações. 11º Edição. Pearson. Citado na página 6.

Saber Elétrica. Eletrônica embarcada: Principais Aplicações. Disponível em: <<https://www.sabereletrica.com.br/sistemas-eletronica-embarcada//>>. Acesso em: 20 de maio de 2023.

Tecnoblog, 2019. O que é Arduino?[um guia básico de como começar]. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-arduino//>>. Acesso em: 24 de maio de 2023.

Thomsen, 2014, Maker Hero. O que é Arduino, para que serve e primeiros passos [2023]. Disponível em: <<https://www.makerhero.com/blog/o-que-e-arduino//>>. Acesso em: 25 de maio de 2023.

Treinamento24. O que é sistemas eletrônicos?. Disponível em: <<https://treinamento24.com/library/lecture/read/729633-o-que-e-sistemas-eletronicos/>>. Acesso em: 19 de maio de 2023.

Vieira, Angel Freddy Godoy, 2007. Tecnologia De Identificação Por Radiofrequência: fundamentos e aplicações em automação de bibliotecas. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/1518-2924.2007v12n24p182/>>. Acesso em: 29 de maio de 2023.

Wendling, Marcelo, 2010; UNESP; Sensores. Disponível em: <<https://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf/>>. Acesso em: 26 de maio de 2023.

Wikipédia, 2021. Microcontrolador. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador/>>. Acesso em: 22 de maio de 2023.

Wikipédia, 2023. Hypertext Transfer Protocol. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Hypertext_Transfer_Protocol/>. Acesso em: 03 de junho de 2023.