UNIVERSIDADE SÃO JUDAS TADEU

Alexandre Maiolli de Oliveira
Evandro Consoli da Silva
Juan Vinicius de Campos Panighel
Victor Luiz dos Santos

DISPOSITIVO DE MONITORAMENTO PARA TRANSPORTE LOGÍSTICO TERRESTRE

Engenharia de Controle e Automação

Orientador: Dr. Carlos López Noriega

São Paulo
2022

RESUMO

Com a crescente demanda na área de *supply chain*, principalmente no cenário pandêmico da COVID-19, surge a necessidade da busca por melhorias nesse setor através da tecnologia (*IoT*, indústria 4.0). Quanto maior a demanda por produtos, mais cargas circulam para distribuição e os velhos problemas se agravam, problemas esses que são: furtos, acidentes e controle de carga. Com isso em mente, o objetivo geral do presente projeto é desenvolver um protótipo para monitorar um veículo de transporte de carga a partir de alguns parâmetros de controle (geolocalização do veículo de transporte, velocidade, controle de acesso ao veículo e o monitoramento de temperatura e umidade da carga) e exibi-los em um sistema web. Essas soluções só foram possíveis devido a implementação de sensores através de códigos de programação, atendendo a cada um desses requisitos. O monitoramento resulta em um meio mais seguro tanto para a carga a ser transportada, como para o motorista, ajudando a evitar imprevistos que possam comprometer todas as partes (carga, motorista, empresa prestadora do serviço e cliente) com atrasos decorrentes de eventos indesejáveis.

Palavras-chave: Logística; logística 4.0; Logística Inteligente.

ABSTRACT

With the growing demand in the supply chain area, especially in the pandemic scenario of COVID-19, the need arises to seek improvements in this area through technology (IoT, industry 4.0). The higher the demand for products, the more loads circulate for distribution and the old problems worsen, problems that are: thefts, accidents and cargo control. With this in mind, the overall objective of this project is to develop a prototype to monitor a cargo transport vehicle from some control parameters (transport vehicle geolocation, speed, vehicle access control and load temperature and humidity monitoring) and display them in a web system. These solutions were only possible due to the implementation of sensors through programming codes, meeting each of these requirements. Monitoring results in a safer means for both the cargo to be transported and the driver, helping to avoid unforeseen events that could compromise all parties (cargo, driver, service provider and customer) with delays arising from undesirable events.

Keywords: Logistics; 4.0 Logistics; Smart Logistic.

1. Introdução

Inserida efetivamente nas empresas após a segunda guerra mundial, a logística passou a ser denominada de Logística Empresarial, compreendendo as áreas operacionais - armazenamento, suprimento, produção e distribuição (NOGUEIRA, 2018). Conforme CAMPOS (2012) e NOVAES (2017), ao passo que a logística empresarial fornece dimensões de compras, gestão de estoques, armazenamentos, comunicação, informação e administração ao conceito de transporte, por volta de 1990 uma nova concepção, chamada de cadeia de suprimentos (*Supply Chain - SC*) surge na comunidade empresarial para enriquecer o ponto de vista logístico.

Atualmente, novas tecnologias e novos modelos de negócio e mercado conduzem a uma grande mudança no modelo da logística, levando as empresas a encararem novos riscos e oportunidade (ANDREW; KAUSCHKE, 2016). A expressão que tem conquistado destaque é "Logística 4.0", que refere-se a aplicação de novos recursos tecnológicos como Internet das coisas (IoT), Inteligência artificial (IA), computação em nuvem (*Cloud Computing*), *Big Data* - analise de grande volume de dados - e aprendizado de máquina (*Machine Learning*) em processos logísticos (EQUIPE TOTVS, 2021).

O mercado brasileiro opera quase que integralmente de forma analógica, com baixo ou nenhum uso de tecnologia, tendo o mercado de frete operando com menos de 5% de operações online e mais de 60% de índice de ociosidade de frota, enquanto que países como Estados Unidos e China apresentam 80% das operações online e menos de 10% de índice de ociosidade, afirma Federico Vega – CEO da Cargo X – em uma publicação da EQUIPE GS1, 2020.

Dentre as áreas operacionais, o transporte é a etapa que apresenta maior risco ao produto; "...o estoque corre mais risco em trânsito do que quando armazenado em uma instalação" (VITORINO, 2012). De acordo com (FIRJAN, 2017)), houve um aumento de 86% no roubo de cargas no Brasil entre 2011 e 2016, gerando uma perda superior a R$ 6,1 bilhões.

Em 2016 foram registradas 22.547 ocorrências, sendo um a cada 88 veículos, alvo desses roubos. O país registrou 14.000 ocorrências em 2020, uma queda de 23% em relação a 2019, mas apesar da queda, ainda é um registro preocupante visto que os prejuízos chegam a R$ 1,2 bilhão (AGENCIA CNT - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - TRANSPORTE ATUAL, 2021). Tratando-se de custo logístico, conforme afirma (BALLOU, 2006) estima-se que o transporte transite de um a dois terços dos custos totais.

De acordo com a análise de roubos e acidentes no transporte rodoviário de cargas, da plataforma de tecnologia para logística *nstech*, mais de 60% das cargas atacadas foram recuperadas e/ou evitou-se o roubo em 2021, justificando a queda constante no roubo de cargas no Brasil. A análise também aponta índices superiores a 90% na diminuição de prejuízos, levando em consideração as soluções de três empresas da plataforma (EQUIPE NSTECH, 2022). A Equipe *Nstech* é uma plataforma aberta de tecnologia para logística e mobilidade, possuindo diversas empresas que apresentam soluções de gestão e risco para diferentes setores do fluxo logístico. No Brasil empresas como a CargoX, Cobli, Routeasy e Rabbot utilizam seu próprio dispositivo de rastreamento integrado com um sistema de monitoramento para frotas de empresas que desejam otimizar seu sistema logístico. Levando em consideração as fontes citadas, é seguro dizer que a implementação de um dispositivo em conjunto ao sistema de monitoramento de cargas é válida, eficaz e traz grandes benefícios.

Pensando no recente cenário de pandemia, há também de se levar em conta o monitoramento da carga, onde a vacina deve ser distribuída de forma rápida econômica e segura – mantendo as condições ideais de temperatura para garantir sua qualidade (LAUREANO PAIVA; LACZYNSKI DE SOUZA MIGUEL, 2020).

Tendo em vista os casos expostos anteriormente, desenvolvemos um protótipo capaz de coletar informações de um transporte de carga terrestre para que seja possível monitorar sua velocidade, geolocalização, temperatura e umidade da carga e permissão de acesso ao veículo.

O desenvolvimento do protótipo só foi possível devido a utilização de algumas ferramentas de controle, entre elas, um módulo GSM/GPRS Sim808 para coletar as informações de geolocalização e velocidade, um sensor DHT11 para coletar as informações de temperatura e umidade e um módulo RFID para controle de acesso ao veículo.

1.1. Justificativa

O transporte de cargas rodoviárias possui importante função para suprimentos em geral, como prazos e acordos rígidos. Sendo assim, perdas ou atrasos ocasionam impactos financeiros significativos. Segundo (VALENTE *et al.*, 2017) uma empresa no ramo de transporte não basta ter somente uma boa gestão de frotas, o mercado de serviços de transporte exige uma constante modernização, a fim de conservar ou ampliar as suas fatias de mercado.

O transporte modal representa 65% das cargas em geral (NOGUEIRA, 2021), como normalmente são meio de transporte e cargas valiosas, desperta-se maior cuidado para a

empresa do ramo em gerenciar estas cargas a fim de minimizar prejuízos derivados de acidente e roubos, através de controle em tempo real.

Foi pensando nisso que surgiu o interesse em desenvolver esse projeto, para antecipar possíveis imprevistos através de monitoramento em tempo real. Trata-se de um dispositivo com a capacidade de coletar informações de parâmetros de controle, sendo eles: a geolocalização e velocidade do veículo, monitoramento de temperatura e umidade da carga e controle de permissão de acesso ao veículo, para que apenas pessoas autorizadas possam guiá-lo.

1.2. Objetivos

O objetivo geral do presente trabalho é desenvolver um protótipo que permita o monitoramento terrestre de cargas. A fim de cumprir o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar os parâmetros que caracterizam o monitoramento do transporte terrestre de carga, baseados nas leituras de sensores e dispositivos capazes de coletar essas informações;
- Desenvolver um aplicativo nas linguagens *HTML*, *JavaScript* e *CSS* e, modela-lo de forma organizada e intuitiva, afim de dispor as informações de monitoramento coletadas pelos sensores;
- Estabelecer comunicação entre os dispositivos e o aplicativo mediante protocolos de rede e desenvolver códigos nas linguagens *Python*, *JavaScript* e C# que funcionarão em rotina para possibilitar a troca de dados, utilizando um ambiente de desenvolvimento integrado.

2. Revisão Bibliográfica

Trataremos neste capítulo todos os aspectos teóricos sobre logística e tecnologia aplicada a logística, que serviram de base para o estudo e desenvolvimento do protótipo.

2.1. Logística e Cenário pós pandemia

Atualmente o papel e importância da logística tem sido cada vez mais discutidos, no recente cenário pandêmico a logística atuou como ponto chave permitindo a manutenção de

condições mínimas e evitando a instalação de um ambiente caótico (LAUREANO PAIVA; LACZYNSKI DE SOUZA MIGUEL, 2020). Um estudo realizado pela GS1 Brasil sobre as últimas tendencias no setor da logística, sinaliza a automação como um dos pontos de tendencia diante do cenário de pandemia, dentro deste estudo a empresa Trackage aponta investimentos dentro da área de automação, sendo este na aquisição de dados (capturados por sensores), Mapeamento de Fluxo (monitoramento por câmeras e outros dispositivos em tempo real) e sistemas inteligentes.

Com o aumento do consumo por meios eletrônicos (e-commerce) no cenário da pandemia nota-se a necessidade de investimentos em tecnologias voltada a logística a fim de atender a elevada demanda e permitir que a empresa disponha de um melhor controle de seus processos e garanta melhor segurança a seus trabalhadores.

2.2. Logística 4.0 e Tecnologia aplicada a logística

Como detalhado por WANG (2016), a logística acompanhou a revolução industrial; Atualmente, e ainda em progresso, estamos na quarta inovação (logística 4.0), movida pelas aplicações de IoT (*Internet of Things* – "Internet das coisas") e *Big Data*, cujo objetivo principal é reduzir a mão de obra e padronizar o gerenciamento da cadeia de suprimento. Wang ainda descreve componentes técnicos presentes da logística 4.0, como: Identificação automática – Código de Barras, Identificação por rádio frequência (RFID), Sistemas de localização em tempo real, Sensores – Temperatura, Umidade, etc., Conectividade e integração – como IoT - e Processamento e análise de dados.

A aplicação destes componentes na logística tem como objetivo um melhor rastreio dos componentes envolvidos no processo (mercadoria, veículos e pessoas), melhoria na qualidade de gestão e otimização de planejamento, geração de conhecimento, aplicação de gestão inteligente e permitir novos serviços de negócios. De acordo com RADIVOJEVIĆ, GORDANA, MILOSAVLJEVIĆ (2019), as vantagens são: completa integração entre meio físico e virtual, comunicação em tempo real, melhoria de todo o processo da cadeia de suprimento reduzindo riscos estruturais ou operacionais.

3. Materiais e Métodos

A Tabela 1 apresenta todos os materiais utilizados para a montagem do protótipo;

Tabela 1 - Lista de Componentes

Componente	Valor (R$)	Quantidade
Caixa de passagem Steck	89,00	1
Conversor USB/RS232	13,00	1
Madeira MDF	6,00	1
Modulo Gsm Gprs Sim808 Com Antena	160,00	1
Módulo RFID	26,00	1
Power Bank 5V/1A	50,00	1
Power Bank 5V/2A	140,00	1
Raspberry Pi 4	540,00	1
Sensor DHT11	30,00	1
Caixa de passagem Steck	89,00	1

Fonte: elaborado pelo autor

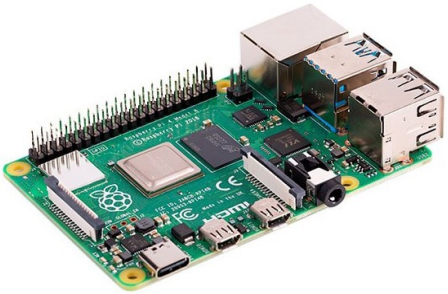
Para atingir os objetivos planejados, o protótipo foi construído na oficina da Universidade São Judas Tadeu, pois dispõe de ferramentas e equipamentos adequados, juntamente a computadores com os softwares de desenvolvimento já instalados, que ajudaram nas soluções previamente citadas.

Todas as informações e dados dos dispositivos/sensores foram coletados, armazenados, enviados para um servidor e organizados em um aplicativo para fácil compreensão e manuseio do usuário.

3.1. Microcontrolador

O microcontrolador utilizado foi o Raspberry PI 4 Model B. Sua imagem e especificações estão indicadas abaixo na Figura 1 e Tabela 2, respectivamente:

Figura 1 - Raspberry Pi 4 Modelo B



Fonte: Raspberry Pi 4 Model B Anatel (FILIPEFLOP)

Tabela 2 - Características Raspberry Pi 4 B

Características	Descrição
Processador	Broadcom BCM2711, quad-core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC
Clock	1,5 GHz
Memória RAM	4GB
Conectividade	Wifi 2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11b/g/n/ac wireless LAN integrado; Bluetooth 5.0 BLE integrado; Gigabit Ethernet (PoE)
USB	2 portas USB 3.0 e 2 Portas USB 2.0
GPIO	40 pinos
Saída de Vídeo	2 portas Micro HDMI suporte a vídeos 4k e 60p
Periféricos	Conectores MIPI CSI (Câmera) e DSI (Display)
Saída P2	4 polos para áudio estéreo e saída de vídeo
Alimentação	5,1 V / 3A
Slot MicroSD	Armazenamento e carregamento do sistema operacional

Fonte: Raspberry Pi 4 Model B Anatel (FILIPEFLOP)

Responsável por realizar a telemetria e formatação dos dados, o Raspberry funciona juntamente ao sistema operacional (OS, do inglês, Operational System) Raspbian (Raspberry + Debian), onde será executada a rotina de códigos desenvolvidos para o projeto.

Figura 2– Logo Raspbian

Fonte: Raspbian (THOMPSON; GREEN, 2012)

3.2. Sensores

Os sensores/dispositivos foram utilizados para atender às características de monitoramento do projeto, sendo elas:

- Geolocalização do veículo
- Velocidade em tempo real
- Controle de acesso ao veículo
- Monitoramento de umidade e temperatura

3.3. Sensor geolocalizador

Para aquisição de informações sobre a localização e velocidade do veículo em tempo real , bem como a rota feita pelo motorista, foi utilizado um Arduino Shield com módulo Sim808 GSM/GPRS (Sistema Global para Comunicações Móveis / Serviços Gerais de Pacote por Rádio), responsável por transmitir todas as informações de geolocalização (latitude e longitude) recebidas por satélite através de comandos AT (attention, em português atenção), linguagem essa utilizada para realizar operações de conexão de modems. Esse dispositivo permite a integração com a rede mundial de computadores através da comunicação GPRS, recebendo informações do satélite com o auxílio de um cartão SIM (chip de celular) e enviando para o microcontrolador com o auxílio de um conversor USB/RS232 (protocolos para troca de dados) - Figura 3.

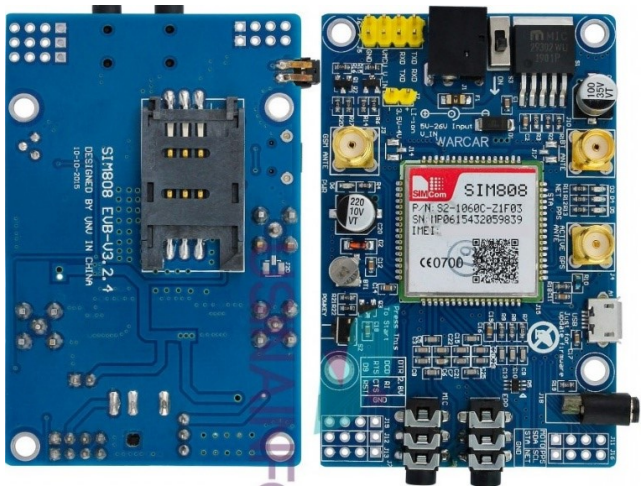
Figura 3 - Conversor USB/RS232

Fonte: Conversor USB para Serial TTL RS232 (BAÚ DA ELETRÔNICA)

Também é possível extrair do módulo informação sobre data e hora atual de monitoramento.

Suas especificações técnicas estão listadas na Tabela 3 e o módulo apresentado na Figura 4 abaixo:

Figura 4 - Módulo GSM/GPRS SIM808



Fonte: SIM808 Módulo GSM, GPS e Bluetooth (USINAINFO)

Tabela 3 - Características Módulo GSM/GPRS

Característica	Descrição
Módulo	SIM808 da empresa SIMCom
Tensão de operação	3,3V/5V
Quad-Band	850 / 900/ 1800 / 1900 MHz
Protocolo TCP/IP	Embutido
Temperatura de funcionamento	-40°C até 85°C
Ganho da antena	3dB
Corrente de trabalho	2A
GPIOs	12
PWMs	2

Fonte: SIM808 Módulo GSM, GPS e Bluetooth (USINAINFO)

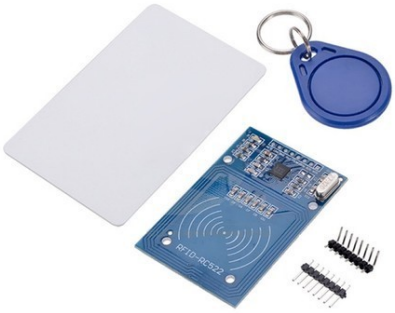
3.4. Sensor controlador de acesso

O controle de liberação do veículo foi desenvolvido a partir de um módulo RFID, que dispõe de um chip chamado MFRC522, para identificação do motorista que irá transportar a carga. Através de um cartão de presença contendo informações do motorista, é verificado a permissão de saída da carga, alertando o sistema caso seja negada.

No kit do módulo, inclui chaveiros e cartões que podem conter diversos dados sobre o proprietário do cartão, como nome, registro, endereço, telefone etc.

O módulo está representado na figura 5 e suas especificações técnicas listadas na tabela 4 abaixo:

Figura 5- Módulo de identificação por rádio frequência (RFID)



Fonte: Kit Módulo Leitor Rfid Mfrc522 Mifare (FILIPEFLOP)

Tabela 4 - Características do modulo RFID

Característica	Descrição
Corrente de trabalho	13-26mA
Tensão de trabalho	3,3V
Frequência de operação	13,56MHz
Tipos de cartões compatíveis	mifare1 S50 mifare1 S70 mifare UltraLight mifare Pro mifare Desfire
Temperatura de operação	-20°C até 80°C
Taxa de transferência	10Mbits/s

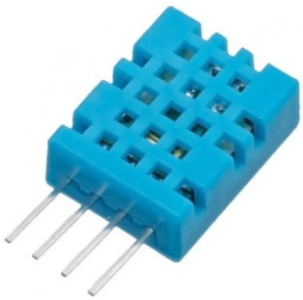
Fonte: Kit Módulo Leitor Rfid Mfrc522 Mifare (FILIPEFLOP)

3.5. Sensor de temperatura e umidade

Foi utilizado o sensor DHT11, responsável pelo monitoramento da temperatura e umidade da carga. Ele foi programado para enviar informações dessas variáveis em um laço infinito, configurado com um temporizador (timer) para coletar dados num espaço de tempo suficiente para se observar alguma alteração, afim de não acumular dados em excesso.

Através dos comandos “umid” e “temp”, fornecidos pela biblioteca “Adafruit_DHT”, as variáveis de controle são requisitadas e posteriormente registradas no banco de dados. O sensor está representado abaixo na Figura 6, seguido de suas especificações técnicas (Tabela 5).

Figura 6 - Sensor de temperatura e umidade (DHT11)



Fonte: Sensor de Umidade e Temperatura DHT11 (BAÚ DA ELETRÔNICA)

Tabela 5 - Características do DHT11

Característica	Descrição
Corrente de trabalho	200uA-500mA
Tensão de trabalho	3-5V
Faixa de medição de umidade	20-90%UR
Precisão de medição de umidade	±5%UR
Faixa de medição de temperatura	0°C até 50°C
Precisão de medição de temperatura	± 2ºC

Fonte: Sensor de Umidade e Temperatura DHT11 (BAÚ DA ELETRÔNICA)

Todos os sensores foram implementados com a linguagem de programação Python, inclusive o módulo SIM808 que foi desenvolvida uma biblioteca para adaptar os comandos de AT para Python.

4. Ferramentas não físicas de implementação

As ferramentas que integram todos esses dispositivos, responsáveis pelo armazenamento, envio, recebimento e tratamento de dados estão divididas em:

- Banco de dados

- API
- Servidor em nuvem
- Sistema WEB (aplicativo)

4.1. Banco de Dados

Foi utilizado um sistema de gerenciamento de banco de dados chamado MySQL, para armazenamento de informações, por ser de natureza gratuita e por questão de afinidade do grupo com a ferramenta. Algumas vantagens desse gerenciador são: suporte de até 16 índices por tabela, capacidade para manipular bancos com até 50 milhões de registros, funções implementadas por bibliotecas de classes altamente otimizadas, testado com uma ampla faixa de compiladores, API's para C#, C++ e Python (linguagens de alto nível que os integrantes do grupo têm mais conhecimento), confiável e fácil de usar.

4.2. API (*Application Programming Interface*)

O banco de dados está interligado com uma interface de programação de aplicações (API), sendo o ponto integrador entre o MySQL, o microprocessador e o aplicativo (*front-end*/linguagem de programação de baixo nível). A API é responsável por ler, escrever, atualizar e deletar informações do banco de dados e controlar quem o acessa. Desenvolvida na linguagem C# juntamente ao ambiente de execução .NET 5.0, conta com o protocolo HTTPs (base para comunicação de dados na WEB) para acessa-la e com o protocolo TCP/IP (conjunto de protocolos de comunicação entre computadores) para a consultar o banco de dados – um diagrama da comunicação da API com o banco de dados é ilustrado na figura 7;

Figura 7 - Comunicação API e Banco de Dados

Fonte: Adaptado de: Se conectando a um Banco de Dados Remoto (MACORATTI)

4.3. Servidor na nuvem

Utilizamos o Azure (plataforma da Microsoft destinada à execução de aplicativos) como serviço de hospedagem em nuvem. Formada por uma série de ferramentas, permite o desenvolvimento de aplicações para o processamento e armazenamento de dados, seguindo a lógica programada para a API, o banco de dados e o front-end.

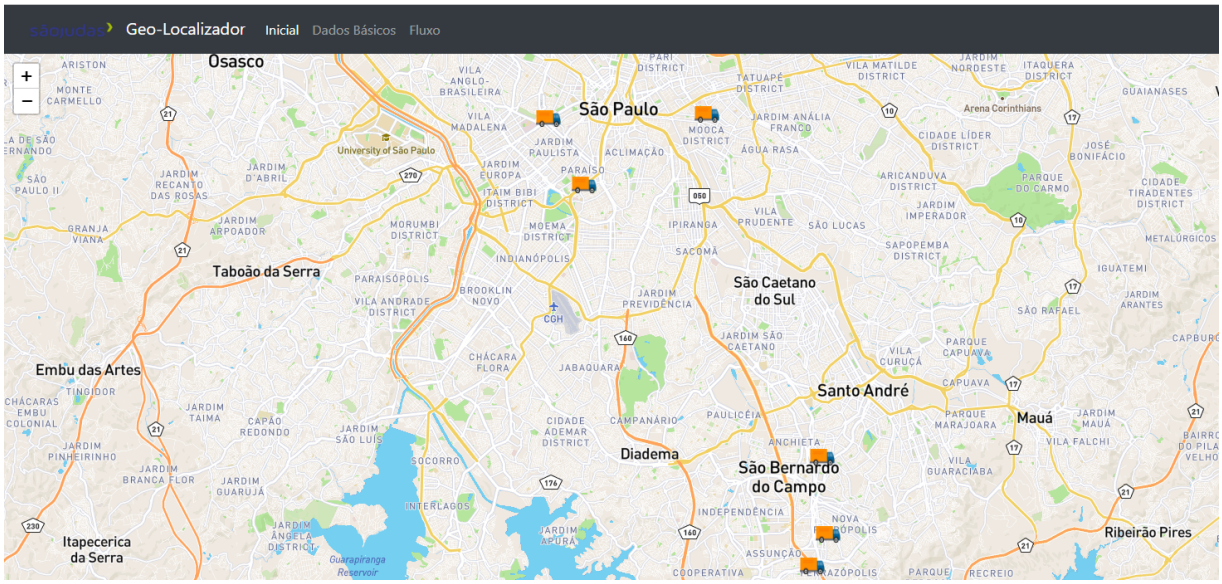
Escolhemos essa plataforma pois trata-se de um produto aberto a todos, com planos gratuitos, oferecendo serviços populares sem custo por um período de 750 horas, para aplicações práticas e didáticas. Outros motivos que nos levaram a escolhe-la são: sua flexibilidade, permitindo acesso a aplicações independentes do sistema operacional ou equipamento utilizado e sua confiabilidade, fator importante do serviço, possuindo uma sólida rede de servidores consistentes e seguros.

4.4. Aplicativo WEB

A ferramenta de interação do usuário (sistema web) foi desenvolvido em HTML (Linguagem de Marcação de Hipertexto), JavaScript (linguagem de programação de alto nível) e CSS (Folha de Estilo em Cascata, código usado para dar estilo a página WEB). Esse aplicativo é acessado pelo usuário e tem a função de exibir todas as informações adquiridas pelo sensoriamento.

Para a exibição do mapa-múndi no sistema WEB, foi utilizado uma biblioteca do JavaScript chamada Leaflet, que dispõe de mapas interativos conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Imagem do aplicativo



Fonte: Elaborado pelo autor

Essa biblioteca é “open source” (código aberto) ou seja, de distribuição gratuita, bastando apenas realizar um cadastro na plataforma que a gerencia e, para estilizar toda a página (front-end), foi utilizado o Bootstrap, ferramenta de estilização igualmente gratuita para desenvolvimento HTML, CSS e JavaScript.

4.5. Cálculo da corrente, tensão e potência do circuito

As informações de tensão e corrente de cada componente estão descritas na tabela, sendo possível calcular a potência do sistema inteiro;

Tabela 6 - Cálculo do consumo total de todos os componentes

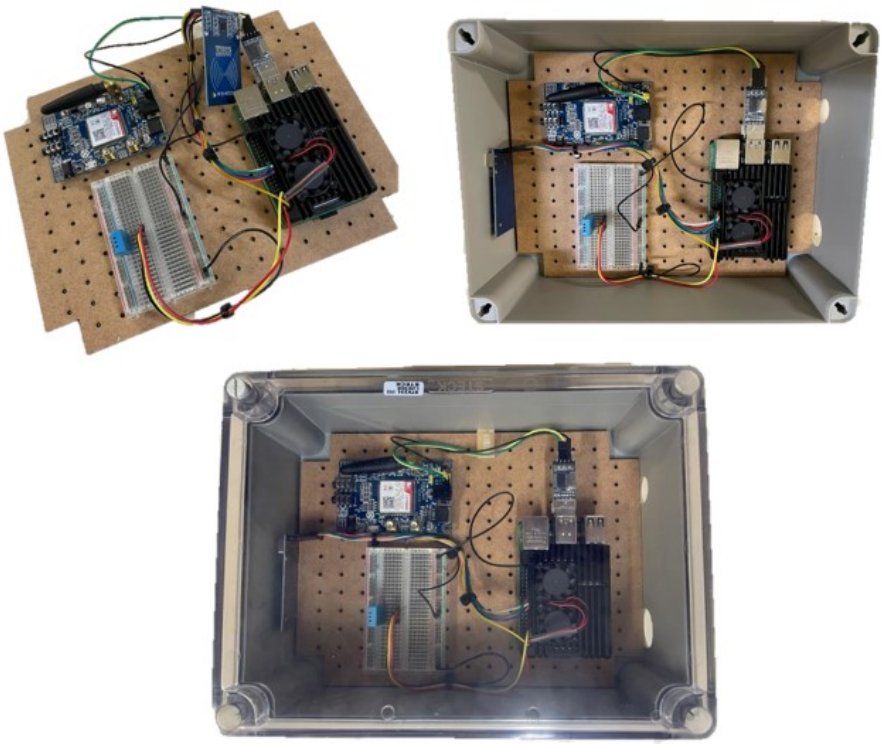
Posição	Componente	Quantidade Utilizada	Tensão (V)	Corrente (A)	Potência (W)
1	Raspberry Pi 4 Model B	1	5	~2	15
2	Módulo GPS SIM 808	1	5	~1	10
3	Módulo RFID MFRC522	1	3,3	0,023	0,0759
4	Sensor de temperatura e umidade DHT11	1	3,3	0,5	1,65

Fonte: Elaborado pelo autor

5. Resultados e discussões

5.1. Projeto desenvolvido

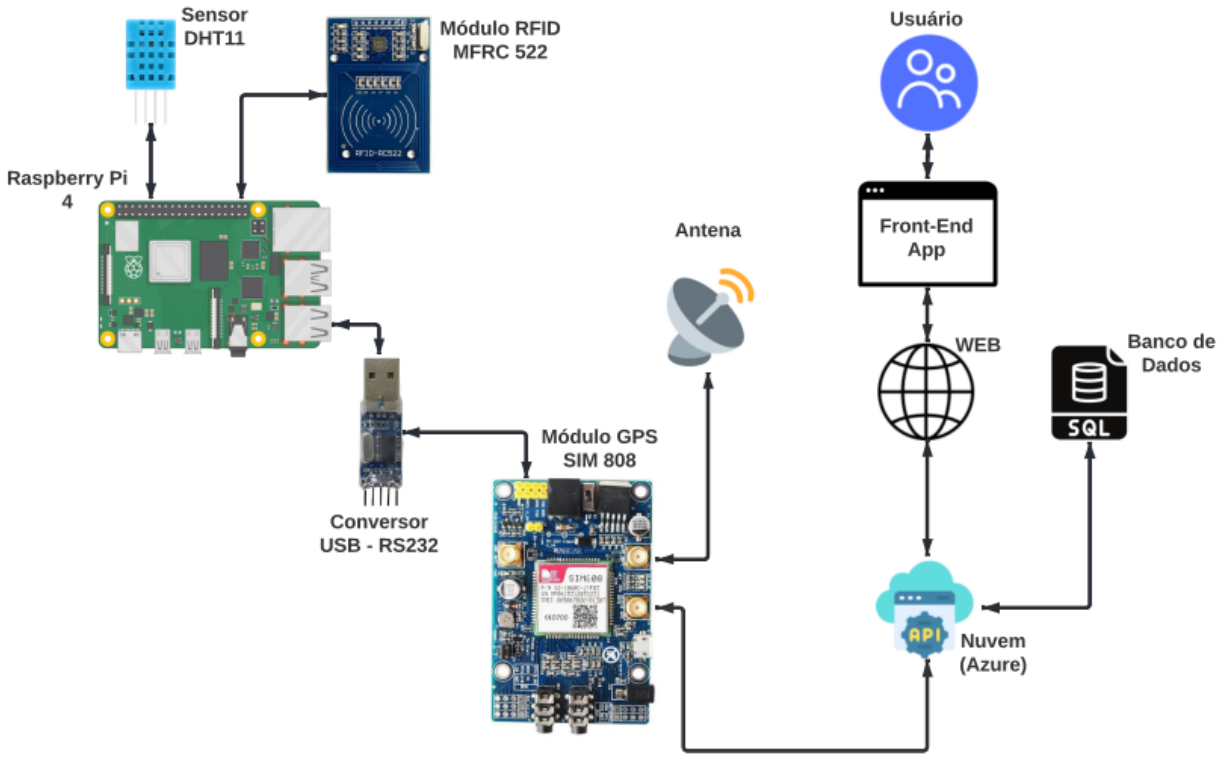
Figura 9 – Estrutura física do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor

A comunicação entre os dispositivos e as demais ferramentas não físicas, funciona como mostrado no diagrama (Figura 10), seguido do fluxograma da lógica de funcionamento do sistema (Figura 11):

Figura 10 – Diagrama de comunicação do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor

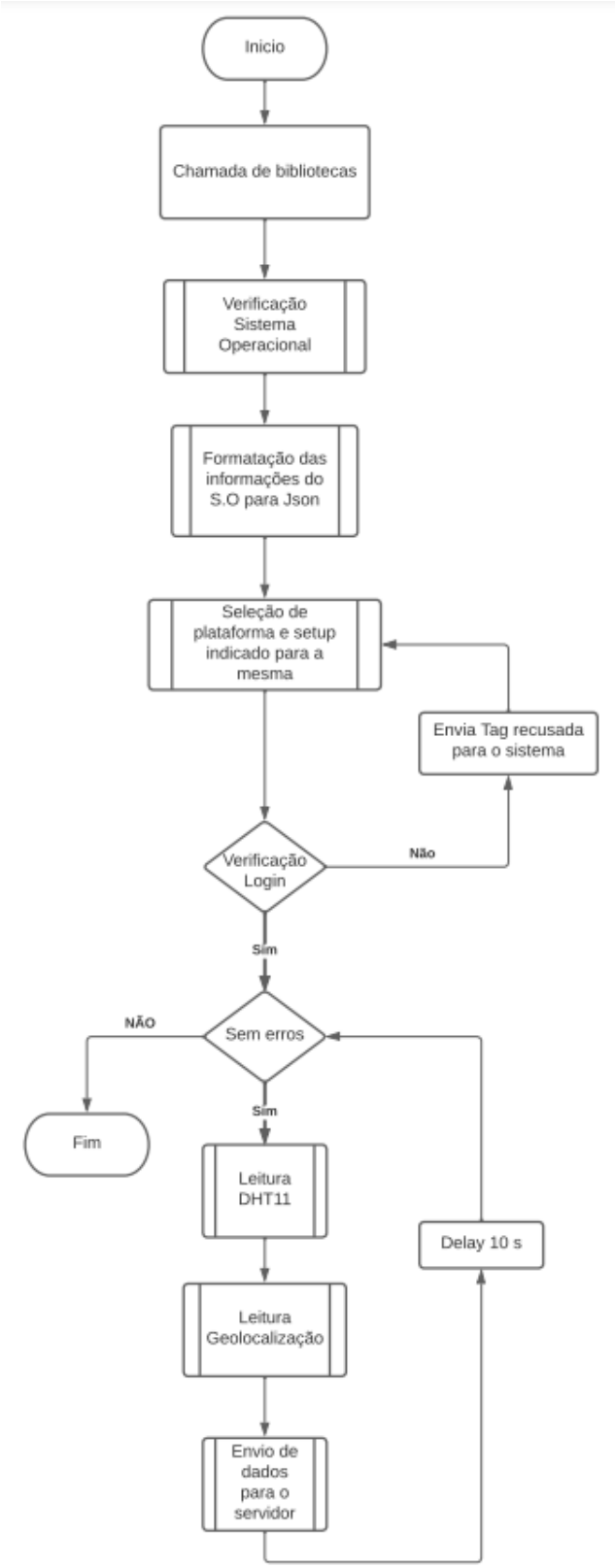
O *Raspberry Pi* inicia o fluxo de configuração do módulo GSM/GPRS por meio de envio de comandos AT's utilizando a comunicação serial para enviar os comandos. Após a configuração do módulo GSM/GPRS é iniciado a configuração do módulo RFID que se comunica através do protocolo SPI (*Serial Peripheral Interface)* e do DHT11 que envia as informações para uma porta analógica.

Após a finalização da configuração dos sensores o sistema inicia rotina de validação da credencial do motorista e, caso o acesso seja permitido, o *Raspberry* inicia a leitura dos sensores. Com o sistema iniciado por completo as informações dos sensores são requisitadas pelo microprocessador, onde os dados são tratados, formatados no formato JSON (*JavaScript Object Notation*) e enviados para a API via protocolo HTTP/s (Hyper Text Transfer Protocol Secure).

Na nuvem está hospedado a API, o banco de dados e a interface de usuário. A API insere os dados no banco de dados via TCP/IP, disponibilizando a informação para interface de usuário que requisita os dados via protocolo HTTP/s. A forma de comunicação do sistema foi decidida pelo grupo através da familiaridade das partes envolvidas com o tema.

A Figura 11 representa de forma detalhada a ordem da lógica aplicada no sistema.

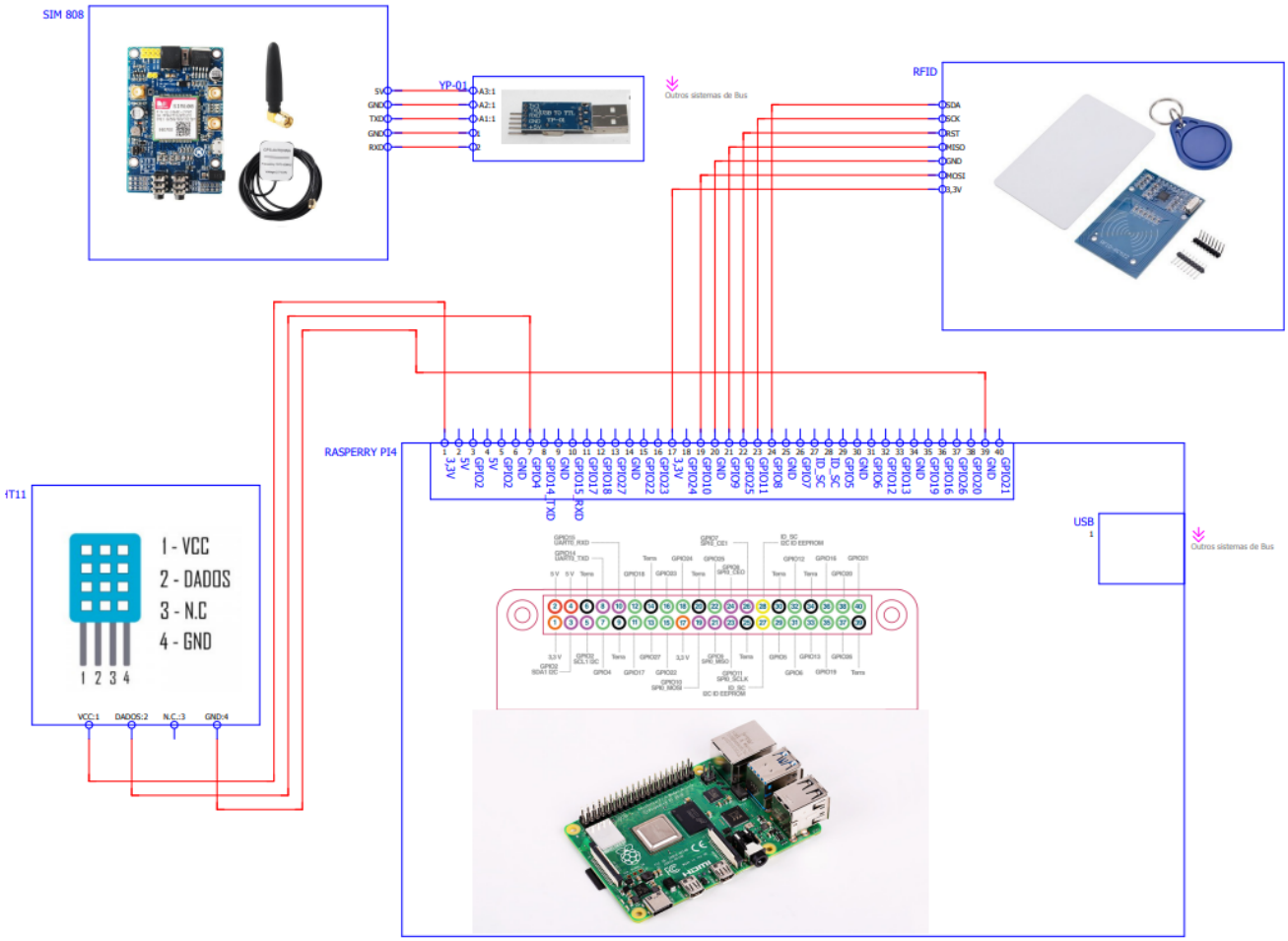
Figura 11 - Fluxograma da lógica do sistema



Fonte: Elaborado pelo autor

O esquema elétrico do projeto está representado a seguir na Figura 12:

Figura 12 - Diagrama elétrico



Fonte: Elaborado pelo autor

5.2. Envio e recebimento de informações do módulo SIM808

O envio e recebimento dos dados do GPRS foi feito através de comandos AT. Conforme mostrado na Figura 13, as informações de latitude, longitude, data e hora e velocidade são requisitadas através do comando “AT+CGNSINF” (comando que realiza a leitura do módulo).

Figura 13 - Retorno de dados do comando AT

Fonte: Elaborado pelo autor

Esses parâmetros de monitoramento são apresentados como dado não formatado, divididos por vírgula e podem ser identificados de através do manual do chip SIM800 (Figura 14).

Figura 14 - Comando AT+CGNSINF

AT+CGNSINF GNSS navigation information parsed from NMEA sentences	
Execution Command **AT+CGNSINF**	Response **+CGNSINF: <GNSS run status>,<Fix status>, <UTC date & Time>,<Latitude>,<Longitude>,**
	<MSL Altitude>,<Speed Over Ground>, <Course Over Ground>, <Fix Mode>,<Reserved1>,<HDOP>,<PDOP>, <VDOP>,<Reserved2>,<GNSS Satellites in View>, <GNSS Satellites Used>,<GLONASS Satellites Used>,<Reserved3>,<C/N0 max>,<HPA>,<VPA> OK

Fonte: Manual SIM800 Series - GNSS Application Note (SIMCOM, 2015)

Assim, através desses parâmetros, foi possível indicar a localização, velocidade e altitude atual do veículo, registrado juntamente a data e a hora.

Figura 15 - Coordenadas indicadas no aplicativo

Dados do Destino

Nome	Endereço	Latitude	Longitude
Porto de Santos	Av. Conselheiro Rodrigues Alves, Porto Macuco, 0, São Paulo, Brasil, 11015-900	-23.96583490317573	-46.30190078704658

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 16 - Velocidade e altitude indicadas no aplicativo

Sinais dos Sensores

Temperatura	Umidade	Velocidade	Altitude
24.6°C	64.0%	0.76Km/h	827.500m

Fonte: Elaborado pelo autor

5.3. Reconhecimento de Informações RFID

O reconhecimento das informações foi feito diretamente pelo código desenvolvido para o RFID, em rotina no microcontrolador, onde é verificado se uma identidade pré-cadastrada está refletindo no banco de dados ao passar o cartão no sensor, permitindo ou não a saída do motorista. A Figura 17 ilustra a informação apresentada no terminal ao realizar a leitura de um cartão com ID previamente cadastrado no banco de Dados;

Figura 17 - Retorno de validação de registro

```
Aproxime o cartao da leitora rfid...
ID do cartao:  345847071554
Tag RFID valida!
```

Fonte: Elaborado pelo autor

Todo acesso é historizado e armazenado no banco de dados como um reforço de segurança, indicando quando a saída do motorista foi permitida (Figura 18).

Figura 18 - Tela de log com histórico de acesso

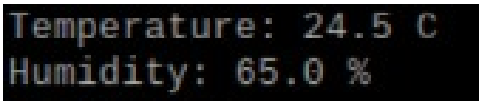

```
[{"id":9,"idNumber":"484569676868","text":"Recusado","recordDateTime":"2022-05-01T22:45:49.62737"},
{"id":11,"idNumber":"345847071554","text":"Aprovado","recordDateTime":"2022-05-01T22:46:21.6878457"
{"id":13,"idNumber":"345847071554","text":"Aprovado","recordDateTime":"2022-05-01T23:20:57.7102759"
{"id":15,"idNumber":"345847071554","text":"Aprovado","recordDateTime":"2022-05-01T23:48:45.5693184"
{"id":17,"idNumber":"484569676868","text":"Recusado","recordDateTime":"2022-05-03T01:04:26.9083422"
{"id":19,"idNumber":"484569676868","text":"Recusado","recordDateTime":"2022-05-03T01:06:13.7606063"
```


Fonte: Elaborado pelo autor

5.4. Envio de informações do sensor de temperatura e umidade DHT11

Através dos comandos fornecidos por uma da biblioteca pré-desenvolvida para este sensor (descrita em materiais e métodos), os parâmetros de umidade e temperatura foram requisitados e registrados com sucesso, conforme Figura 19;

Figura 19 - Retorno dos parâmetros de temperatura e umidade



Fonte: Elaborado pelo autor

Essas informações são adquiridas em tempo real para o monitoramento do ambiente onde os produtos são dispostos, apresentadas no aplicativo de acordo com a Figura 20:

Figura 20 - Temperatura e Umidade indicadas no aplicativo

Sinais dos Sensores

Temperatura	Umidade	Velocidade	Altitude
24.6°C	64.0%	0.76Km/h	827.500m

Fonte: Elaborado pelo autor

5.5. Aplicativo WEB – Interface Final

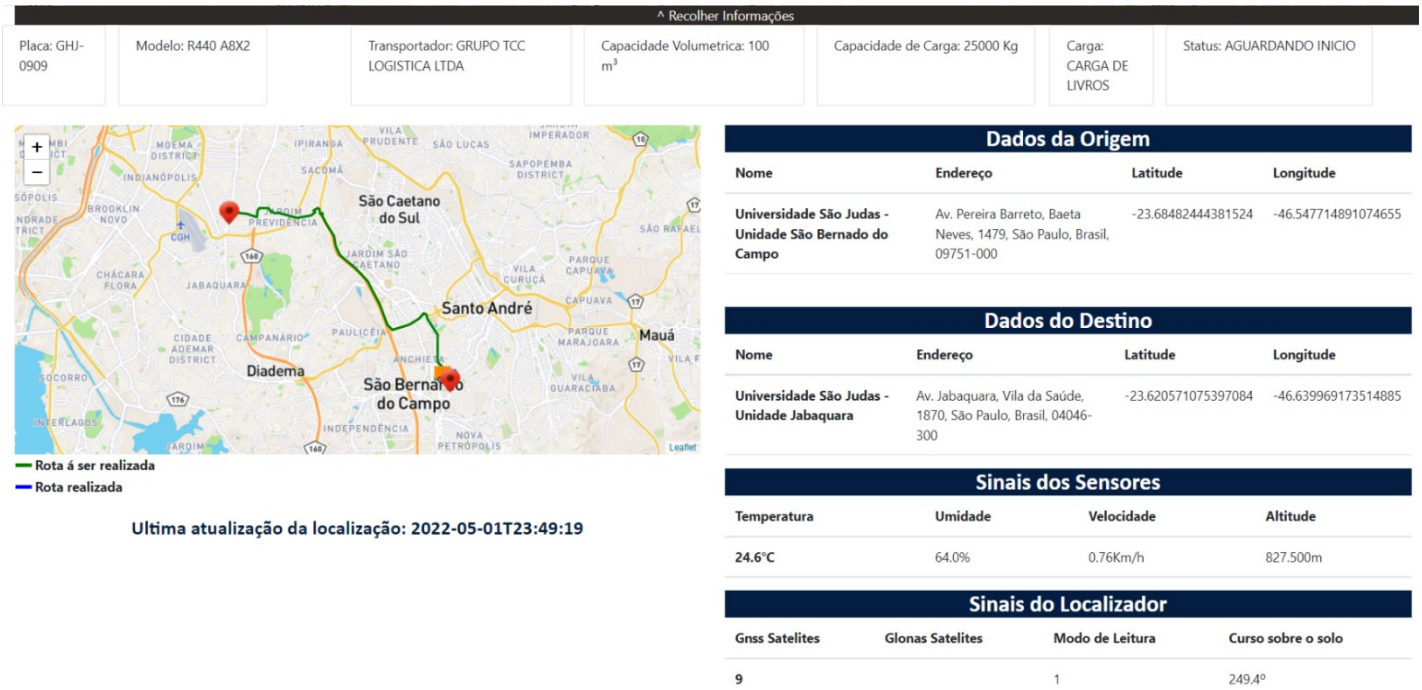
No aplicativo, ao clicar em algum caminhão em sua rota de entrega, é possível visualizar as informações de entrada como sua origem, seu destino e o *status* da entrega (Figura 21).

Figura 21 - Janela de informação da rota

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em mais informações se encontram os dados detalhados do transporte, da rota e da carga (Figura 22).

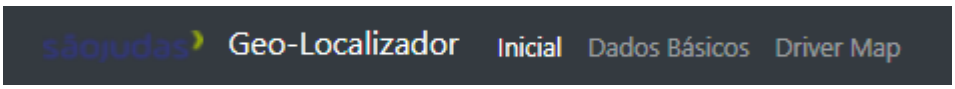
Figura 22 - Informações detalhadas do transporte



Fonte: Elaborado pelo autor.

O menu do aplicativo (Figura 23) mostra outras seções disponíveis para realizar algumas tarefas.

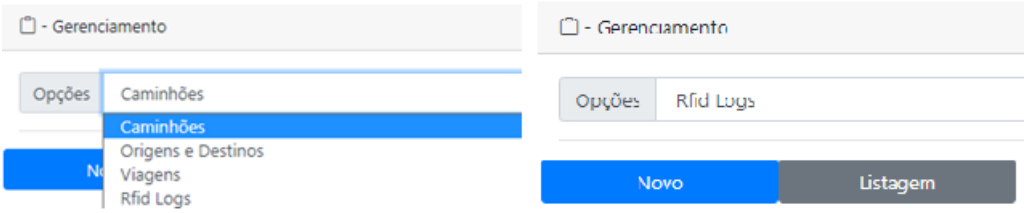
Figura 23 - Menu do aplicativo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em dados básicos se encontram as opções de gerenciamento, onde é possível listar as informações de todos veículos ativos, suas origens e destinos, *status* de viagens e *logs* de permissão de saída. Nessa seção os veículos também podem ser cadastrados (Figura 24).

Figura 24 - Listagem e cadastro de informações



Fonte: Elaborado pelo autor.

6. Considerações finais

A partir de estudos, pesquisas de mercado e conhecimento prévio foi possível identificar quais sensores e dispositivos melhor se adequariam para fazer a coleta, armazenamento e tratamento dos dados previstos para realizar o monitoramento de um transporte terrestre de carga. Através da lógica e do desenvolvimento dos códigos de programação, os sensores e dispositivos foram implementados com o auxílio de protocolos de rede para realizar comunicação entre eles, juntamente ao aplicativo, que foi fundamental para expor as informações coletas.

O protótipo foi capaz de colher uma ampla diversidade de dados através do de forma trazer, em tempo real, a geolocalização, velocidade, temperatura e umidade da carga e controlar quem tem acesso ao veículo.

Quanto ao aplicativo, todas as informações tratadas foram exibidas nele, de maneira simples e intuitiva para o fácil entendimento e manuseio do usuário. Através da longitude e latitude é possível visualizar o veículo no mapa e as demais informações foram dispostas de maneira estratégica para fácil identificação.

7. Referências

AGENCIA CNT - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - TRANSPORTE ATUAL. **País registrou 14 mil ocorrências de roubos de cargas em 2020**. Disponível em: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/brasil-registrou-14-mil-ocorrencias-de-roubos-de-cargas-em-2020>. Acesso em: 21 set. 2021.

ANDREW, T.; KAUSCHKE, P. **The future of the logistics industry. PwC's future in sight series**, p. 20, 2016. Disponível em: <https://www.pwc.com/gx/en/transportation-logistics/pdf/the-future-of-the-logistics-industry.pdf>. Acesso em: 30 out. 2021.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman/Pearson Education, 2006.

BAÚ DA ELETRÔNICA. **Conversor USB para Serial TTL RS232 - Baú da Eletrônica**. Disponível em: <https://www.baudaeletronica.com.br/conversor-usb-para-serial-ttl-rs232-pl2303.html>. Acesso em: 18 out. 2021a.

BAÚ DA ELETRÔNICA. **Sensor de Umidade e Temperatura DHT11 - Baú da Eletrônica**. Disponível em: <https://www.baudaeletronica.com.br/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11.html?gclid=Cj0KCQjwspKUBhCvARIsAB2IYutUl2Jmlaj8hz6cjDU7I3cn4_kVCqYzcjWw7YIWltbfl9esnQm_8nUaAkdbEALw_wcB>. Acesso em: 19 maio. 2022b.

CAMPOS, L. F. R. **Supply Chain - uma visão gerencial**. 1ª ed. Curitiba: Intersaberes, 2012.

COBLI. **Cobli: Plataforma de gestão para uma frota mais eficiente!** Disponível em: <https://www.cobli.co/>. Acesso em: 20 maio. 2022.

EQUIPE CARGO X. **Cargo X - Tecnologia para Transportes Cargo X – Tecnologia para Transportes**. Disponível em: <https://cargox.com.br/>. Acesso em: 20 maio. 2022.

EQUIPE NSTECH. **Roubo de cargas e acidentes nas rodovias: como melhorar a segurança nas operações de transporte**. Disponível em: <https://www.nstech.com.br/post/roubo-de-cargas-e-acidentes-nas-rodovias-como-melhorar-a-segurança-nas-operações-de-transporte>. Acesso em: 29 abr. 2022.

EQUIPE TOTVS. **O que é logística 4.0 e qual seu impacto? - TOTVS**. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-logistica/logistica-4-0/>. Acesso em: 30 out. 2021.

FILIPEFLOP. **Kit Módulo Leitor Rfid Mfrc522 Mifare - FilipeFlop**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/kit-modulo-leitor-rfid-mfrc522-mifare/?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=shopping&utm_content=surfaces_across_google&gclid=Cj0KCQjwspKUBhCvARIsAB2IYuvEuSdZDacEXxJYlpNzBSDMimc6c4YtR3mH06YaJog35GumVOOdCsEaA>. Acesso em: 18 out. 2021.

FILIPEFLOP. **Raspberry Pi 4 Model B Anatel (4GB)**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/raspberry-pi-4-model-b-anatel-4gb/?gclid=Cj0KCQjwpfHzBRCiARIsAHHzyZqks6K8dNG5Me1eBBjunZKUTRayFKseUFE3PKuVWGxY6L0gYEU3jNcaAgf3EALw_wcB#tab-description>. Acesso em: 18 out. 2021.

FIRJAN. **O impacto econômico do roubo de cargas no Brasil**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/o-impacto-economico-do-roubo-de-cargas-no-brasil.htm>. Acesso em: 21 set. 2021.

GS1 BRASIL. **Logística 4.0: tendências e desafios para melhorar a eficiência**. Disponível em: <https://noticias.gs1br.org/logistica-4-0-tendencias-e-desafios-para-melhorar-a-eficiencia/>. Acesso em: 16 nov. 2021.

LAUREANO PAIVA, E.; LACZYNSKI DE SOUZA MIGUEL, P. **COVID-19: A importância da atividade de logística em crise extrema**. Disponível em: <https://eaesp.fgv.br/noticias/covid-19-importancia-atividade-logistica-situacoes-crise-extrema>. Acesso em: 23 nov. 2021.

MACORATTI. **Se conectando a um banco de dados remoto**. Disponível em: <https://www.macoratti.net/18/05/xf_conrbd1.htm>. Acesso em: 19 out. 2021.

NOGUEIRA, A. D. S. **Logística Empresarial - um guia prático de operações logística**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2018.

NOGUEIRA, J. **A importância do gerenciamento de riscos no transporte rodoviário. Jornal Empresas & Negócios**, 14 jun. 2021. Disponível em: <https://jornalempresasenegocios.com.br/artigos/a-importancia-do-gerenciamento-de-riscos-no-transporte-rodoviario/>. Acesso em: 24 set. 2021.

NOVAES, A. G. **Gerenciamento de transporte e frotas**. 3ª ed. São Paulo: CENGAGE Learning, 2017.

RADIVOJEVIĆ, G.; MILOSAVLJEVIĆ, L. **The Concept of Logistics 4.0**. **4th Logistics International Conference**, p. 283–293, 2019. Disponível em: <https://logic.sf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/LOGIC_2019_ID_32.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2021.

RABBOT. **Logística 4.0: o que é e como está transformando os negócios?** Disponível em: <https://rabbot.co/blog/logistica-4-0/>. Acesso em: 20 maio. 2022

SIMCOM. **Datasheet - SIM800 Series_GNSS_Application Note**. [s.l: s.n.].

THOMPSON, M.; GREEN, P. **FrontPage - Raspbian**. Disponível em: <http://www.raspbian.org/>. Acesso em: 13 out. 2021.

USINAINFO. **SIM808 Módulo GSM, GPS e Bluetooth Arduino Quad-band - UsinaInfo**. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/gsm-arduino/sim808-modulo-gsm-gps-e-bluetooth-arduino-quad-band-com-slot-para-sim-antenas-5603.html?gclid=Cj0KCQjw06OTBhC_ARIsAAU1yOVshbcX597z9eOPRvhzw5-muT1K9yZD99_H4mhUJE4CFx6VHGC8xpcaAsnFEALw_wcB>. Acesso em: 18 out. 2021.

VITORINO, C. M. **Logística**. 1ª ed. São Paulo: Pearson, 2012.

WANG, K. **Logistics 4.0 Solution-New Challenges and Opportunities**. p. 68–74, 1 nov. 2016. Disponível em: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/iwama-16/25862222>. Acesso em: 17 mar. 2022.