

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PROJETO DE GRADUAÇÃO**

GABRIEL FLAUSINO DE SOUZA

**MONITORAMENTO *ONLINE* DO USO DE
EQUIPAMENTOS PESADOS**

VITÓRIA
2020

GABRIEL FLAUSINO DE SOUZA

**MONITORAMENTO *ONLINE* DO USO DE EQUIPAMENTOS
PESADOS**

Parte manuscrita do Projeto de Graduação do aluno **Gabriel Flausino de Souza**, apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Moises Renato Nunes Ribeiro

VITÓRIA
2020

GABRIEL FLAUSINO DE SOUZA

**MONITORAMENTO *ONLINE* DO USO DE EQUIPAMENTOS
PESADOS**

Parte manuscrita do Projeto de Graduação do aluno **Gabriel Flausino de Souza**, apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

COMISSÃO EXAMINADORA:



Prof. Dr. Moises Renato Nunes Ribeiro
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Dr. Camilo Arturo Rodriguez Diaz
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador



B. Sc. Eduardo Amorim Benincá
Centro de Pesquisa, Inovação e
Desenvolvimento Eliezer Batista da Silva
Examinador

VITÓRIA
2020

AGRADECIMENTOS

À minha família, que me forneceu suporte durante todo o período da minha graduação, principalmente nos últimos meses, me dando apoio em todas as dificuldades passadas.

Ao Sr. José Roberto, gerente de manutenção de uma empresa do setor de transporte e içamento de cargas, que permitiu que a proposta de sistema desse trabalho fosse testada mesmo em meio à pandemia que atinge o país.

Ao Sr. Ramon Bambini, engenheiro da computação, pela disponibilidade e disposição em compartilhar um pouco de seu tempo.

RESUMO

Esse trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de sistema para o monitoramento *online* de equipamentos pesados, tais como caminhões e guindastes, visando ao acompanhamento em tempo real do tempo de trabalho e distância percorrida. O sistema tem como ponto inicial um dispositivo cujo *software* é capaz de coletar os dados de horímetro e hodômetro de forma não invasiva e enviá-los à uma aplicação *web* através de uma transmissão de dados baseada na tecnologia de serviços gerais de pacotes por rádio (GPRS, do inglês *general packet radio services*). Para a aquisição dos valores de hodômetro, foi utilizada a tecnologia do sistema de posicionamento global (GPS, do inglês *global positioning system*). A aplicação *web* fornece aos usuários de interesse acesso aos dados em tempo real, bem como registros anteriores, que ficam armazenados em um banco de dados, em um formato de simples visualização. Esses dados coletados são de grande importância para o calendário de manutenções preventivas e verificação de médias de consumo de combustíveis. Ao se automatizar o processo de coleta desses dados é possível diminuir os erros de registro, melhorando a eficiência dos processos de manutenção e detecção de falhas de consumo de combustível, reduzindo custos. O sistema de monitoramento proposto busca permitir que a empresa obtenha um mínimo de automação em seus processos de manutenção, abrindo possibilidades para que todos os seus equipamentos possam ser monitorados, atingindo um novo patamar de competitividade em seu ramo comercial. O método de obtenção dos dados apresentou resultados satisfatórios, sendo possível inclusive observar toda a trajetória percorrida pelos equipamentos com precisão suficiente. Por outro lado, a transmissão dos dados gerou diversas falhas e, como consequência, o método escolhido se mostrou ineficiente e ineficaz. Apesar disso, percebe-se que é possível construir um sistema robusto e eficiente para a manutenção preventiva de equipamentos pesados e abre o caminho para o desenvolvimento de estudos de metodologias para alcançar a manutenção preditiva, alavancando o nível de competitividade de uma empresa.

Palavras-chave: Monitoramento de equipamentos pesados. Horímetro. Hodômetro. Aplicação *web*. Manutenção preventiva.

ABSTRACT

This project's goal is to present a system prototype to be used in heavy machines online monitoring, like trucks and tow-trucks, aiming a real-time-monitoring of the operation time and traveled distance. The proposed system is fundamentally composed of a device which the software is capable of providing and collecting data from an hour meter and a milometer in a non-invasive way and sends them to a web application using a data transmission solution based on the general packet radio services (GPRS). For the acquisition of the milometer values, the technology from global positioning system (GPS) was used. The web application allows users to access real-time data, as well as retrieve previous logs, which are stored in a database, in a user-friendly way with a simple "visualization" format. These collected data are of great importance for assisting the preventive maintenance calendar and also to verify the average fuel consumption. Through an automation data collection process, it is possible to reduce log errors, improve the maintenance efficiency processes, and detection of fuel consumption fraud. All these points can lead to a significant cost reduction. The proposed monitoring system can be a starting point for designing a maintenance automation system, and this system can open new possibilities for the monitoring of its equipment, making it possible for the company to rise to a new level of competitiveness in its commercial branch. The obtaining data method presented satisfactory results, including the possibility to observe all the equipment trajectory with sufficient precision. In another way, the data transmission presented several failures and, in consequence, the chosen method proved inefficient and ineffective. Despite that, it's noticeable the possibility to build a robust system for preventive maintenance of heavy equipment and open the way to develop other studies of methods to catch up the predictive maintenance, leveraging the competitiveness of a company.

Keywords: Online monitoring. Hour meter. Milometer. Web application. Preventive maintenance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Equipamentos cedidos: (a) guindauto Volvo e (b) Volkswagen Saveiro.....	21
Figura 2 – Arduino Uno.....	22
Figura 3 – Módulo GPS NEO-6M.....	23
Figura 4 – Esquema de ligação módulo GPS	23
Figura 5 – Módulo Shield GSM	24
Figura 6 – Conexão entre o <i>Shield</i> e o Arduino.....	25
Figura 7 – Protótipo do dispositivo	26
Figura 8 – Dados recebidos pelo módulo GPS NEO-6M.....	27
Figura 9 – Coordenadas obtidas	28
Figura 10 – Ambiente <i>phpMyAdmin</i>	29
Figura 11 – Estrutura do trabalho	30
Figura 12 – Trajeto percorrido.....	31
Figura 13 – Erro devido ao tempo de conexão do GPS.....	32
Figura 14 – Percurso Valparaíso/Jardim Camburi, Bairro de Fátima/ Valparaíso	33
Figura 15 – Regulador de tensão lm2596	35
Figura 16 – Ligação do dispositivo aos equipamentos.....	36
Figura 17 – Resultado teste Saveiro	37
Figura 18 – Página inicial da aplicação <i>web</i>	38
Figura 19 – Valores registrados no banco de dados do equipamento 1	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado dos testes de GPS	34
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo de soluções	13
Quadro 2 – Resultados do teste em campo	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APN	<i>Access point name</i>
GPRS	<i>General packet radio service</i>
GPS	<i>Global positioning system</i>
GSM	<i>Global system for mobile communications</i>
HTML	<i>Hypertext markup language</i>
HTTP	<i>Hypertext transfer protocol</i>
IDE	<i>Integrated development environment</i>
IoT	<i>Internet of things</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
PHP	<i>Hypertext preprocessor</i>
PIN	<i>Personal identification number</i>
PWM	<i>Pulse width modulation</i>
SIM	<i>Subscriber identity module</i>
SQL	<i>Structure query language</i>
TCP	<i>Transmission control protocol</i>
TBM	<i>Time-based maintenance</i>
UDP	<i>User datagram protocol</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	Motivação	13
1.2	Objetivos.....	14
1.2.1	Objetivo Geral	14
1.2.2	Objetivos Específicos	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Manutenção Baseado em Tempo.....	16
2.2	<i>Internet</i> das Coisas	16
2.3	Sistema de Posicionamento Global.....	17
2.4	Tecnologias de Transmissão de Dados.....	18
2.5	Aplicação <i>Web</i> com Banco de Dados.....	18
3	MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1	Objeto de Estudo.....	20
3.2	Sistema de Monitoramento	21
3.2.1	<i>Hardware</i>	21
3.2.2	<i>Software</i>	26
3.3	Estrutura do Sistema de Monitoramento	30
4	RESULTADOS	31
5	CONCLUSÃO.....	41
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento da tecnologia e mecanização das indústrias, veio a necessidade do desenvolvimento de métodos para a recuperação de equipamentos. Quando Henry Ford implementou a produção em série, surgiu uma problemática: não existiam pessoas com a função exclusiva de efetuar a manutenção dos equipamentos. As manutenções eram feitas pelo mesmo trabalhador que operava a máquina. Com a necessidade de produção rápida exigida por Ford, uma equipe especializada em manutenção foi criada, cujo objetivo era corrigir defeitos (LOURIVAL, 2005). Surgia assim a manutenção corretiva. Após o término da Segunda Guerra Mundial, apenas a manutenção corretiva não era suficiente para sustentar a velocidade de produção das indústrias. Assim, teve início um movimento para que fossem feitas manutenções a fim de evitar falhas. Nesse momento, surgia a manutenção preventiva (LOURIVAL, 2005). Existem ainda outros tipos de manutenção, como a preditiva e a produtiva total (TROJAN; MARÇAL; BARAN, 2013). A prevenção é uma parte fundamental para o bom funcionamento de uma empresa. Sem eficiência nesse quesito, a produção é menor e os gastos, maiores (ABRAHMAN, 1997).

“Com o constante crescimento da indústria nacional, cresce também a demanda pelo desenvolvimento de ferramentas eficientes de inspeção e monitoramento da integridade estrutural de equipamentos e estruturas.” (SOUZA et al., 2009). Os equipamentos em foco neste estudo, quais sejam, guindastes, pás-carregadeiras, escavadeiras ou caminhões tem seu monitoramento de uso feito a partir do horímetro e/ou do hodômetro. Como exemplos, pode-se citar a manutenção preventiva das pás-carregadeiras, que é feita a partir dos dados do horímetro (SOTREQ CARTERPILLAR, [2010-2019]), e o planejamento para carros e caminhões, os quais são concebidos por meio dos dados do hodômetro (HONDA, [201-]).

Cada vez mais, indústrias procuram tecnologias com o objetivo de diminuir custos e melhorar seu lucro. Dito isso, o monitoramento de equipamentos é um campo em plena expansão, principalmente com o advento das técnicas com base em *internet* das coisas (IoT, do inglês *internet of things*). Estudos para monitoramento de equipamentos com base em ultrassom (SOUZA et al., 2009) e dispositivos como *Raspberry Pi* têm sido desenvolvidos e apresentam resultados convincentes.

Diante desse cenário, torna-se evidente a importância da supervisão em tempo real dos equipamentos para garantir que as manutenções preventivas sejam feitas regularmente e no momento correto. Isso pode ser feito através de sensores, para medir grandezas relacionadas ao seu funcionamento ótimo, como sensores de fluxo magnético, para o caso de transformadores ou através de softwares, como por exemplo, o uso do sistema de posicionamento global (GPS, do inglês *global positioning system*) para acompanhamento da localização do equipamento (GOYAL, 2015).

Atualmente, produtos comerciais para o monitoramento de equipamentos pesados podem ser encontrados no mercado e diversas empresas apresentam serviços de monitoramento *online*, 24 horas (GPSSAT, [200--]). Esses serviços possuem um custo mensal para as empresas, variando de acordo com a quantidade de equipamentos e o local. Um dos produtos comerciais que podem ser encontrados são horímetros digitais que possuem tecnologia *wi-fi*, tornando possível o acesso remoto aos dados coletados por meio de um celular (REDE INDUSTRIAL, 2019). Porém, as duas soluções citadas têm em comum o uso de tecnologias de transmissão de baixo alcance. A GPSSAT produz um sistema de monitoramento baseado em um local fixo de trabalho, com uma quantidade pré-definida de equipamentos, enquanto o dispositivo da rede industrial depende de conexão *wi-fi* para que a transmissão dos dados seja feita. Apesar desse dispositivo fazer a coleta do horímetro mesmo *off-line*, o monitoramento em tempo real em equipamentos que fazem grandes viagens se torna inconcebível (REDE INDUSTRIAL, 2019). Outra empresa que fornece produtos e serviços de monitoramento online de equipamentos é a ORBCOMM. Ela dispõe de diversos produtos que abrangem as mais variadas necessidades de cada equipamento, além de *softwares* especializados para a utilização de seus produtos. O produto oferecido para o monitoramento de equipamentos pesados é o PT 7000, que coleta todos os principais dados operacionais necessários e utiliza tecnologias GSM para a transmissão dos dados, permitindo que o equipamento seja monitorado mesmo a grandes distâncias. A empresa ainda possui sua própria rede de telefonia e aplicativo para a visualização dos dados capturados. A instalação do PT 7000, porém, não é simples (ORBCOMM, 2020).

Neste trabalho, será verificado a viabilidade de um sistema de monitoramento de equipamentos pesados que percorrem grandes distâncias para a operação do trabalho contratado, de forma remota, através de um dispositivo de instalação simples e não invasiva, que une as tecnologias de GPS, microcontroladores e transmissão de dados e uma aplicação *web* de fácil acesso. Com

o objetivo de diminuir as falhas de registros de tempo de funcionamento e distância percorrida, com possível redução dos custos de operação para uma empresa. A união dessas tecnologias permite a captura e processamento dos dados de forma remota (FABRICIO, 2018). Adicionalmente, transmite esses dados para um servidor na nuvem. Através de uma aplicação *web*, pode-se ver esses dados de qualquer dispositivo conectado à *internet* (ALVES, 2017). O Quadro 1 mostra um comparativo entre algumas das soluções existentes no mercado e o sistema proposto nesse trabalho.

Quadro 1 – Comparativo de soluções

Solução	Tipo	Instalação	Alcance	Aplicação <i>web</i>	Suporte 24h
GPSSAT	Serviço	Sem informação	Local	Não	Sim
Horímetro Digital	Produto	Invasiva	Local	Não	Não
ORBCOMM PT 7000	Produto	Não-invasiva	Longo	Sim	Sim
Routeasy	Serviço	Sem informação	Longo	Sim	Sim
Tegris Telemétrica	Serviço	Personalizada	Longo	Sim	Sim
Sistema proposto	Produto	Simple e não-invasiva	Longo	Sim	Não

Fonte: Produzido pelo próprio autor.

1.1 Motivação

Empresas de pequeno e médio porte, que não são capazes de adotar uma empresa terceirizada para o monitoramento de seus equipamentos enfrentam diariamente os problemas de coleta e registro dos dados feitas equivocadamente. Por exemplo, para se fazer um monitoramento eficiente da média de consumo de combustível dos equipamentos, é necessária a verificação de seu hodômetro e/ou horímetro em todos os abastecimentos, mas, muitas vezes, seja por erro na escrita do dado, uma vez que existem empresas onde esses dados são passados manualmente através de papel, seja na hora de repassar a informação à administração de abastecimentos, a empresa acaba tendo dificuldade de determinar o real consumo de seus equipamentos. Esses erros podem causar transtornos e prejuízos para a empresa, pois essas falhas podem atrapalhar o planejamento das manutenções preventivas dos equipamentos e, muitas vezes, leva-los à quebra e conseqüente paralização, gerando um prejuízo financeiro para a empresa (LUCATELLI, 1998). Um guindaste de 220 toneladas, por exemplo, pode trazer um prejuízo de R\$ 677,03 por hora (SINDIPESA, 2019).

Um outro possível problema é o desvio de função de um funcionário. Por ser algo de importância para a empresa, muitas vezes, ao se perceber erros nos registros, faz-se necessário retirar um colaborador de sua função e fazer com que ele vá verificar o valor do dado correto. Como exemplo dessa situação, pode acontecer de um mecânico precisar parar a manutenção de um equipamento para verificar os valores corretos de horímetro e/ou hodômetro de um outro. Esses desvios de função podem atrasar o cronograma de manutenção da empresa, retardando o conserto e liberação de outros equipamentos para as obras, gerando mais custos (MARTINS, 2018).

Sendo assim, para se solucionar esse problema, uma possível saída é retirar do mecânico ou operador de máquinas a função de verificar e anotar manualmente os valores dos dados, automatizando esse processo, e permitindo que os funcionários da administração responsáveis pelo planejamento de manutenções preventivas e pela verificação da média de consumo de combustível dos equipamentos tenham acesso direto, confiável e contínuo aos dados de horímetro e hodômetro e aos seus respectivos registros anteriores, através de soluções em IoT de monitoramento remoto (BEHRENS; FABRICIO; BIANCHINI, 2016).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Apresentar e verificar a viabilidade de uma proposta de solução para um sistema de monitoramento remoto para equipamentos pesados (caminhões, guindastes, pás-carregadeiras, escavadeiras, entre outros). Essa solução será composta por um protótipo de dispositivo com a função de coletar o tempo de uso e distância percorrida dos equipamentos, transmitindo os valores coletados para a nuvem através dos serviços gerais de pacote por rádio (GPRS, do inglês *general packet radio services*) e uma aplicação *web* para a visualização em qualquer dispositivo com conexão à *internet*.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para se alcançar o objetivo geral, será necessário:

- I. Criar um dispositivo não invasivo para a coleta dos dados por meio de um *software* capaz de fazer a contagem do tempo de funcionamento e processar as informações enviadas pelos satélites utilizados para o GPS, calculando a distância percorrida;
- II. Produzir uma aplicação *web* de simples entendimento para a verificação dos dados recebidos, bem como os registros de dados anteriores;
- III. Desenvolver um *software* que transmita, através do GPRS, os valores obtidos para a aplicação produzida.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Como referência para a proposta de desenvolvimento de um sistema *online* para o monitoramento de equipamentos pesados foi feito um estudo mais apurado em alguns temas, como manutenção baseada no tempo, IoT, GPS, transmissão de dados e aplicação *web* com banco de dados, os quais serão apresentados a seguir.

2.1 Manutenção Baseado em Tempo

A manutenção baseada no tempo (TBM, do inglês *time-based maintenance*), leva em consideração cronogramas pré-definidos para a paralização e manutenção das máquinas. Esse método, que também é conhecido por manutenção preventiva, permite que diversas falhas possam ser encontradas e corrigidas antes de causarem prejuízos, bem como prevenir a aparição de algumas falhas (FABRICIO, 2018). Como exemplo disso, pode-se citar a manutenção preventiva em pás-carregadeiras, que são feitas a partir dos dados do horímetro do equipamento, que tem a troca dos filtros de óleo como um dos itens. Essa troca leva em conta a vida útil de cada filtro do equipamento e, ao serem trocadas em prevenção, evitam possíveis falhas causadas pela entrada de detritos e/ou sujeira em certas partes do equipamento (SOTREQ CARTERPILLAR, [2010-2019]).

2.2 Internet das Coisas

A *internet* das coisas (IoT, do inglês *internet of things*) é identificado como uma tecnologia emergente. É um conceito que se refere à conexão de objetos à internet, isto é, uma rede de objetos, tais como veículos, sensores e quaisquer outros que possuem capacidade computacional e de comunicação para se conectar à *internet*, abrindo inúmeras possibilidades, como o compartilhamento de informações e a efetuação de comandos de forma remota (FABRICIO, 2018). Com o desenvolvimento tecnológico, esse conceito tem ganhado força em diversas áreas, desde saúde, com dispositivos capazes de monitorar os batimentos cardíacos de pessoas, passando pela segurança, e chegando na indústria, onde possui as mais variadas aplicações, como automação de processos produtivos e monitoramento de equipamentos, foco do estudo, e se destaca graças a possibilidade de conexão com a *internet*, devido à afinidade

com as tecnologias de telecomunicações modernas. Além disso, essa tecnologia tem ferramentas capazes de detectar e gerenciar um número considerável de dados, que permite, por exemplo, um aumento na eficiência e qualidade das manutenções de equipamentos (GUBBI et al., 2013).

2.3 Sistema de Posicionamento Global

O sistema de posicionamento global (GPS, do inglês *global monitoring system*), foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América, com o objetivo de fornecer a localização de suas forças armadas, tanto aéreas quanto marítimas e terrestres. É baseado em 24 satélites, sendo que cada um emite duas frequências diferentes. Além disso as informações temporais também são transmitidas em duas taxas diferentes, sendo que a sociedade civil tem acesso a apenas uma (LEICK, 1995 apud LARROCA, 2004). É um sistema com funções diversas, entre elas: comunicação entre estação de controle e veículo e sua localização em tempo real online, controle de frota em relação a velocidade do veículo e distância percorrida (REIS, 1997).

Na década de 1970, estudos realizados no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) verificaram a possibilidade de usar os dados dos sinais GPS para obter, não só a distância entre dois pontos, mas a distância entre dois pontos não muito distantes, com precisão milimétrica (LARROCA, 2004). É um sistema amplamente utilizado nos dias de hoje e tem se mostrado eficiente para o monitoramento de grandes obras, como a construção de pontes extensas. Outras pesquisas mostram que o GPS é uma ferramenta confiável para a medição de deslocamentos dinâmicos em obras civis, tendo resultados excelentes se comparados a acelerômetros e transdutores de deslocamento. Utilizado da forma correta, ele pode ser um instrumento eficiente, com baixo erro de medição (LARROCA, 2004). O cálculo da distância, ou deslocamento, é feito através da diferença das coordenadas, latitude e longitude, fornecidas (ALVEZ, 2006). Portanto é possível monitorar todo o caminho percorrido por um veículo e ao mesmo tempo, determinar a distância percorrida (BAUERMEISTER, 2017).

2.4 Tecnologias de Transmissão de Dados

A análise para a escolha do melhor método deve se basear nas condições do ambiente em que os equipamentos trabalham. O sinal transmitido perde potência conforme a distância percorrida pelo mesmo aumenta, logo, a distância é um ponto que deve ser considerado. A atenuação do sinal também pode ser causada por fatores ambientais e de infraestrutura, como, por exemplo, o material que é utilizado em construções, que é presente no solo e disposição de edifícios próximos (RAPPAPORT, 2002).

O sistema global de comunicação móvel (GSM, do inglês *global system for mobile*) é uma tecnologia com ampla aplicação e grande alcance, pois foi desenvolvida para a comunicação através dos telefones celulares. A rede GSM é composta por estações móveis e são identificadas por cartões chamados módulo de identificação do assinante (SIM, do inglês *subscriber identity module*) que permite ao usuário uma identificação única, e possibilita a troca do aparelho celular sem a perda do número de telefone. Além disso, o padrão GSM permite que clientes circulem por diferentes países, mantendo sua cobertura através da migração automática para outras operadoras (BETTSTETTER; VOGEL; EBERSPACHER, 1999).

Com o crescimento da *internet*, os usuários da telefonia móvel passaram a demandar acesso via celular. Foi então criada a tecnologia GPRS que permitiu a conexão à *internet* por meio de telefones móveis e, conseqüentemente, a transmissão de pacotes de dados (BETTSTETTER; VOGEL; EBERSPACHER, 1999).

Com o crescimento e desenvolvimento tecnológico das indústrias, métodos mais eficientes de monitoramento de dados vêm sendo criados. Por exemplo, métodos de transmissão de dados dos níveis de poluição da água para a nuvem estão sendo estudados, com resultados promissores, mostrando a versatilidade dessa tecnologia (WANG; MA; YANG, 2011).

2.5 Aplicação Web com Banco de Dados

Banco de dados consiste no armazenamento e organização de informações sobre um domínio específico, ou seja, é um agrupamento de dados que tratam de um mesmo assunto e que necessitam ser armazenados, seja para segurança, seja para futura conferência. Para aplicações

em IoT, é uma ferramenta indispensável para o gerenciamento dos dados gerados por dispositivos, como sensores (GUBBI et al., 2013). Um dos mais conhecidos sistemas para gerenciar bancos de dados é o MySQL que atualmente pertence à *Oracle Corporation*. Esse serviço faz uso da linguagem de consulta estruturada (SQL, do inglês *structure query language*).

Aplicação *web* é um sistema que possui suas funcionalidades conectadas à *internet*, isto é, através dela, é possível visualizar, editar e processar os mais variados tipos de dados dentro de um ambiente conectado à nuvem. Para seu funcionamento, é necessário que a aplicação esteja sob um domínio, ou em outras palavras, um endereço de *internet* e que seja hospedada em um servidor que permitirá o fluxo de dados. Adicionando o banco de dados a essa aplicação o usuário é capaz de acessar os dados contidos no banco de forma remota e em tempo real, necessitando apenas uma conexão com a *internet*. A união desses fatores cria um ambiente dinâmico, permitindo a implementação de estruturas relacionais entre as diversas tabelas do banco de dados e organização, que pode ser feita de forma personalizada, adequando-se da melhor forma à exigência de cada aplicação (ALVES, 2017).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do sistema proposto, levou-se em consideração os diferentes tipos de equipamentos pesados presentes dentro de uma empresa prestadora de serviços relacionados à transporte e içamento de cargas. Cada equipamento possui peculiaridades e cada área onde esses equipamentos trabalham apresentam desafios diferentes para a coleta e transmissão de dados. O estudo divide-se em três partes: estudo e criação de um dispositivo de obtenção das horas trabalhadas pelo equipamento e da distância percorrida, o desenvolvimento de uma aplicação web de fácil manuseio e visualização e a produção de um *software* capaz de transmitir os dados coletados pelo dispositivo para a aplicação produzida. Para a verificação da eficiência e viabilidade desse sistema será escolhido um objeto de estudo.

3.1 Objeto de Estudo

Com a proposta de desenvolver um sistema de monitoramento para equipamentos pesados e verificar sua viabilidade para empresas de pequeno e médio porte no ramo de transporte e içamento de cargas, verificou-se a lista de equipamentos de uma empresa desse ramo, situada em Serra, ES. Dentro dessa lista, encontram-se guindastes, empilhadeiras, tratores, escavadeiras, pás-carregadeiras, caminhões e veículos pequenos.

A empresa cedeu dois de seus equipamentos, um veículo Volkswagen Saveiro e um caminhão guindauto Volvo (Figura 1) que serão utilizados para a validação do sistema de monitoramento proposto. Esses equipamentos possuem históricos de extensos de viagens, passando por diversos estados brasileiros, acumulando mais de 100 mil quilômetros percorridos.

Com essa informação, considerando que existem equipamentos na empresa que percorrem centenas de quilômetros para efetuar o serviço de transporte ou para chegar até o local de obra em que irá ser utilizado, será estudado o uso do GPRS para a transmissão dos dados. Essa tecnologia permite o acesso à internet mesmo que haja uma mudança de estado dentro do território brasileiro, desde que exista uma cobertura telefônica. Ao mesmo tempo, o monitoramento será efetivo também para os equipamentos que não percorrem trajetos tão extensos.

Figura 1 – Equipamentos cedidos: (a) guindauto Volvo e (b) Volkswagen Saveiro



(a) guindauto Volvo

(b) Volkswagen Saveiro

Fonte: Produção do próprio autor.

3.2 Sistema de Monitoramento

O estudo para o desenvolvimento do sistema de monitoramento composto consiste em duas partes, *hardware* e *software*. O *hardware* compõe a parte física do projeto, seus microcontroladores e módulos e o *software* que abrange toda a programação para coleta, tratamento e transmissão de dados, além da aplicação *web*, responsável pelo armazenamento e visualização desses dados.

3.2.1 Hardware

Para a implementação do sistema de monitoramento, composto de horímetro, hodômetro e um dispositivo de transmissão, utilizou-se o módulo Arduino Uno R3, mostrado na Figura 2. Esse microcontrolador é baseado no ATmega328P. Possui 14 pinos de entrada/saída digitais, onde 6 podem ser utilizados como saídas de modulação por largura de pulso (PWM, do inglês *pulse width modulation*), 6 entradas analógicas, além de um cristal de quartzo de 16 MHz (CSTCE16M0V53-R0). Esse equipamento tem todos os recursos necessários para a utilização

do microcontrolador, podendo ser programado na linguagem de programação baseada em C/C++ em conjunto com o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE, do inglês *integrated development environment*). Dessa forma, se torna uma ferramenta prática e versátil, necessitando apenas conecta-lo ao computador, uma fonte AC-DC ou uma bateria de 9V (ARDUINO, 2020).

Figura 2 – Arduino Uno



Fonte: Arduino (2020).

Além do Arduino, os módulos GPS NEO-6M e *Shield* GSM também foram utilizados. Esses módulos permitem, respectivamente, a comunicação com satélite, para a obtenção de dados como posição e velocidade (BAUERMEISTER, 2017), e a transmissão de dados via GPRS.

O módulo GPS NEO-6M (Figura 3) foi desenvolvido pela U-blox. Suporta uma tensão de alimentação de 2,7 a 3,6 V e possui dimensões 16 x 12,2 x 2,4 mm, sendo ideal para aplicações com restrições de espaço. Possui quatro pinos, sendo dois para a alimentação do módulo e dois para a comunicação serial com o microcontrolador. O módulo vem com uma antena própria para a detecção e conexão com os satélites. Com a conexão estabelecida, o módulo recebe informações de data e hora, coordenadas, velocidade, altura e quantidade de satélites conectados e envia-os sem tratamento para o respectivo microcontrolador através da comunicação serial estabelecida (U-BLOX, 2020).

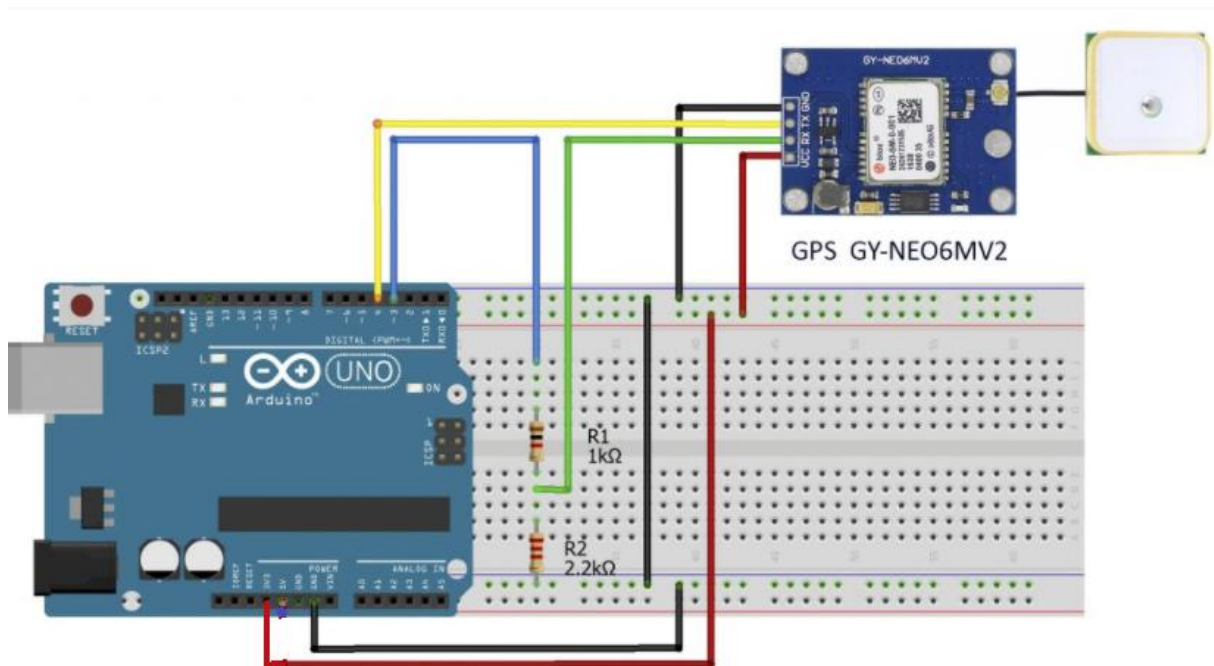
Figura 3 – Módulo GPS NEO-6M



Fonte: Vida de Silício (2020).

O esquema de ligação do módulo GPS ao Arduino pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – Esquema de ligação módulo GPS



Fonte: Eletrogate (2020).

Nota: Adaptado pelo pelo autor.

O módulo Arduino GSM *Shield* 2 (Figura 5) é um dispositivo que permite um Arduino se conectar à internet, efetuar e receber chamadas de voz e enviar e receber mensagens de texto. Utiliza um modem M10 produzido pela Quectel. Esse *shield* utiliza os pinos 2 e 3 para a comunicação serial. O M10 é um modem GSM/GPRS com quatro bandas que trabalham nas

frequências GSM850 MHz, GSM900 MHz, DCS1800 MHz e PCS1900 MHz. Possui suporte para o protocolo de controle de transmissão (TCP, do inglês *transmission control protocol*) e para o protocolo de datagramas de usuário (UDP, do inglês *user datagram protocol*) e protocolos HTTP para conexões GPRS. Para a conexão com a rede de telefonia, é necessário o uso de um cartão SIM com pacote de dados ativo e possui uma antena integrada (ARDUINO, 2020).

O *Shield* foi projetado para a utilização junto ao Arduino Uno, tendo também uma tensão de alimentação de 5 V. Vale ressaltar a corrente consumida por esse módulo, que chega a 2 A de pico e um consumo médio entre 700 e 1000 mA, sendo recomendado o uso de uma fonte de alimentação externa. Sua conexão é feita diretamente sobre o microcontrolador, como mostra a Figura 6. A utilização desse módulo com outros microcontroladores como o Arduino Mega e o Arduino Leonardo também são possíveis, porém possuem esquemas de ligação diferenciados, sendo necessária atenção ao utilizá-los (ARDUINO, 2020).

Figura 5 – Módulo Shield GSM



Fonte: Vida de Silício (2020).

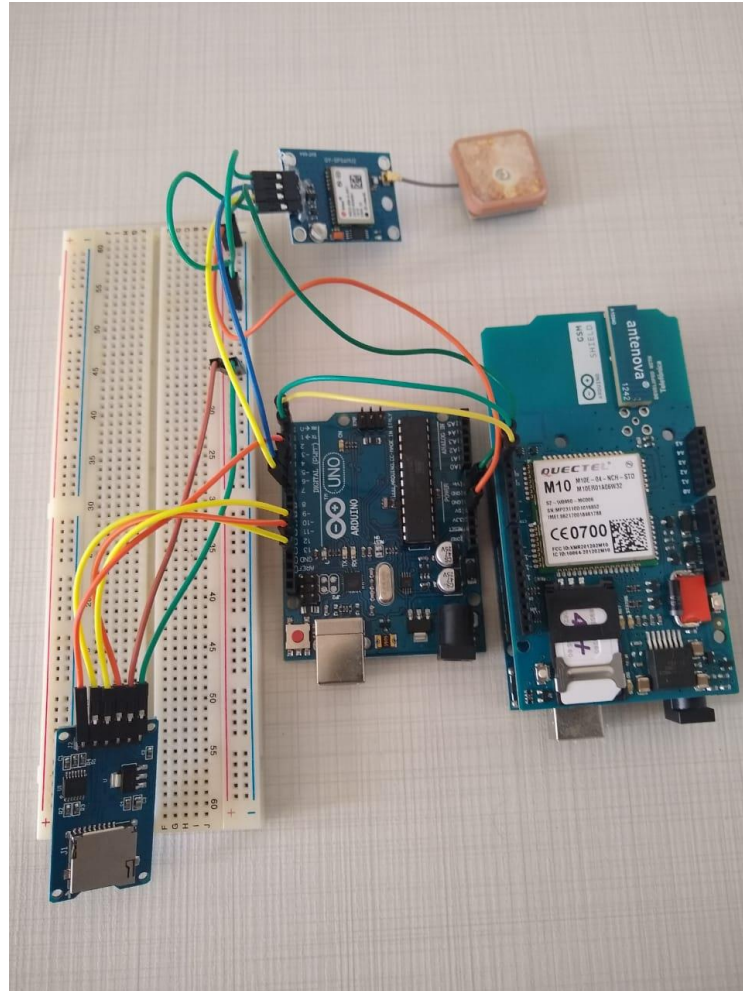
Figura 6 – Conexão entre o *Shield* e o Arduino

Fonte: Arduino (2020).

A Figura 7 apresenta o protótipo construído. Devido a limitação de memória do micro controlador do Arduino UNO, foi necessária a utilização de duas dessas placas para o prosseguimento da pesquisa. Essa opção foi escolhida pois a substituição do Arduino UNO por outras placas, como o Arduino MEGA, o ESP32 ou a Redboard Turbo, geraria um custo adicional ao projeto, visto que o segundo Arduino UNO já estava disponível, sem custo. Um com a função exclusiva de obter os valores de tempo de uso e distância percorrida, conectado ao módulo GPS, e o outro com a tarefa de enviar esses valores para a aplicação *web*, ligado ao módulo GSM *Shield*. A transferência dos dados de um para o outro foi feita através de comunicação serial. Um módulo de cartão de memória foi utilizado para fazer o armazenamento das coordenadas, tempo e distância percorridas durante os testes. A partir dos dados armazenados foi possível visualizar o trajeto percorrido e fazer todas as comparações necessárias para a verificação da aplicabilidade do sistema proposto.

O cartão SIM utilizado para a conexão à rede GPRS nesse estudo foi da concessionária de telefonia fixa e móvel VIVO. Ela possui uma ampla cobertura e está presente em grande parte do território brasileiro, abrangendo bom percentual da população com seus serviços de telefonia e *internet* (VIVO, 2020).

Figura 7 – Protótipo do dispositivo



Fonte: Produzido pelo próprio autor.

3.2.2 Software

As linguagens principais para a produção de *softwares* são as linguagens C e C++. Além disso, pode ser dividido em três partes principais: estruturas, variáveis e funções. As funções são um conjunto de comandos que efetuam algum controle sobre a placa do Arduino, como a definição da função de cada um dos pinos da placa, e realizam cálculos, como seno e cosseno. As variáveis englobam todo os tipos de dados e constantes, como inteiros, *strings* e variáveis booleanas. Já as estruturas compõem os elementos da linguagem, como operadores de comparação e estruturas de controle (ARDUINO, 2020).

Em complemento, o Arduino tem à disposição diversas bibliotecas com funções já preparadas para as mais diversas aplicações. Essas bibliotecas promovem funcionalidades extras para os

programas, como opções de manipulação de dados, conexão à internet e controle de servo motores. Em adicional, é possível produzir uma biblioteca de autoria própria e incorporá-la ao IDE (ARDUINO, 2020).

Dentre as diversas funções presentes no Arduino, encontra-se a função `millis()`, que retorna o tempo, em milissegundos, que o *software* atual começou a ser executado (ARDUINO, 2020). A partir dessa função o *software* desenvolvido é capaz de verificar o tempo de funcionamento do equipamento, visto que sempre que o equipamento der partida, automaticamente o Arduino será ligado e o *software* será executado. A informação obtida é armazenada em uma variável.

Para o desenvolvimento do hodômetro, a ferramenta utilizada nesse estudo foi o módulo GPS NEO-6M (Figura 3). Ele se conecta aos satélites, recebendo diversas variáveis, dentre elas a localização, em latitude e longitude, velocidade, altura, data, hora, além da quantidade de satélites conectados (LARROCA, 2004). Porém estes dados chegam de uma forma de difícil compreensão, como visualizado na Figura 8.

Figura 8 – Dados recebidos pelo módulo GPS NEO-6M

```

$GPVTG, .T, .M, 0.024,N,0.045,K,A*24
$GPGGA, 213306.00,1957.93280,S,04402.97468,W,1,08,0.98,957.0,M,-7.4,M, . *46
$GPGSA, A, 3, 32, 10, 27, 14, 18, 21, 16, 08, . . . ., 2.16, 0.98, 1.93*08
$GPGSV, 3, 1, 12, 08, 16, 218, 26, 10, 54, 186, 52, 14, 40, 354, 28, 16, 25, 293, 37*75
$GPGSV, 3, 2, 12, 18, 33, 146, 26, 21, 32, 097, 30, 24, 02, 108, 23, 26, 19, 326, *7D
$GPGSV, 3, 3, 12, 27, 52, 225, 48, 29, 02, 033, . 31, 03, 359, 22, 32, 62, 013, 36*74
$GPGLL, 1957.93280,S,04402.97468,W,213306.00,A,A*6F
$GPRMC, 213307.00,A,1957.93281,S,04402.97468,W,0.037,.070118,. . ,A*7D
$GPVTG, .T, .M, 0.037,N,0.068,K,A*29
$GPGGA, 213307.00,1957.93281,S,04402.97468,W,1,08,0.98,956.9,M,-7.4,M, . *4E
$GPGSA, A, 3, 32, 10, 27, 14, 18, 21, 16, 08, . . . ., 2.16, 0.98, 1.93*08
$GPGSV, 3, 1, 12, 08, 16, 218, 26, 10, 54, 186, 52, 14, 40, 354, 28, 16, 25, 293, 37*75
$GPGSV, 3, 2, 12, 18, 33, 146, 27, 21, 32, 097, 30, 24, 02, 108, 23, 26, 19, 326, *7C
$GPGSV, 3, 3, 12, 27, 52, 225, 48, 29, 02, 033, . 31, 03, 359, 22, 32, 62, 013, 36*74
$GPGLL, 1957.93281,S,04402.97468,W,213307.00,A,A*6F

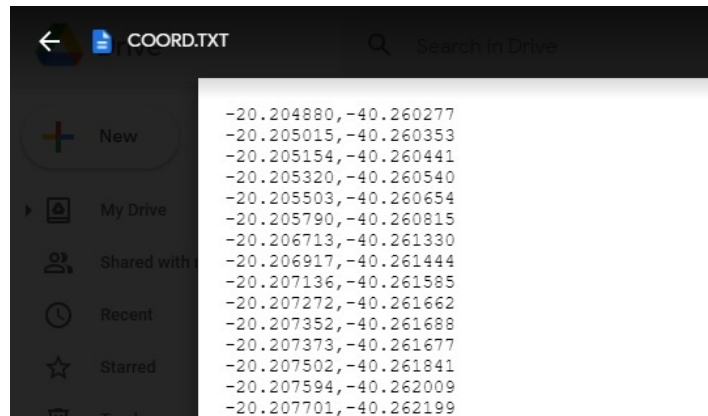
```

Fonte: Produzido pelo próprio autor.

Para tornar esses dados mais claros, foi incorporada a biblioteca TinyGPS. Essa biblioteca possui todas as funções necessárias para a tradução dos dados recebidos desse módulo. Através dela foi possível tornar a visualização das informações recebidas pelos satélites mais claras e organizadas, sendo possível separar apenas a informação necessária e armazená-la, como pode ser observado na Figura 9, que mostra as coordenadas de um de um veículo durante uma viagem. Além das coordenadas, adquiridas através da função `get_position` a biblioteca também permite a tradução e separação das outras informações recebidas, com as funções

crack_datetime para data e hora, *f_altitude* para altitude, *f_speed_kmph* para velocidade e *satellites* para a quantidade de satélites conectados. Com as coordenadas em latitude e longitude separadas, o *software* calcula a distância percorrida em quilômetros e armazena a informação obtida em outra variável.

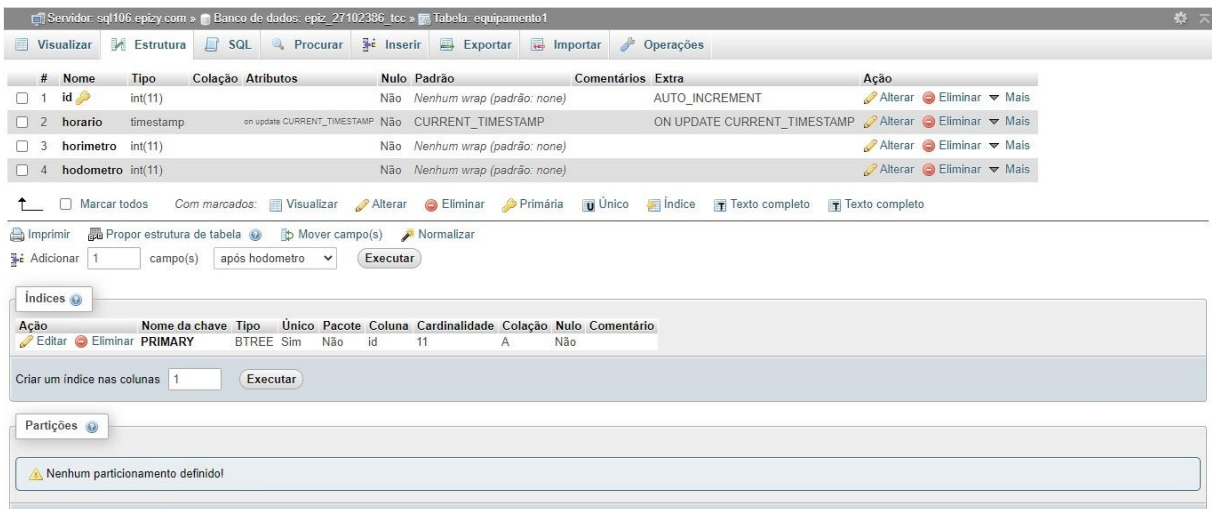
Figura 9 – Coordenadas obtidas



Fonte: Produzido pelo próprio autor.

A segunda etapa abrange a plataforma *web* utilizada para visualizar os dados de forma remota, através de qualquer conexão com a internet. Nessa etapa, foram utilizados a linguagem de marcação de hipertexto (HTML, do inglês *hypertext markup language*) para desenvolver o ambiente onde será possível ver os dados, pré-processador de hipertexto (PHP, do inglês *hypertext preprocessor*), que faz a conexão entre o ambiente e o banco de dados e, para esse banco, o MySQL (ALVES, 2017).

O banco de dados MySQL possui uma ferramenta chamada *phpMyAdmin* (Figura 10) utilizada para o seu desenvolvimento. Essa ferramenta conta com um ambiente gráfico para a construção das tabelas e colunas, bem como o manejo de todos os dados inseridos em cada uma das tabelas. Através do PHP, é possível fazer a conexão do banco de dados com a página produzida, fazendo uso do comando *mysqli_connect*. Esse comando utiliza o nome do banco de dados, nome do servidor em que ele se encontra, senha e nome do usuário, sendo assim realizável o acesso aos dados contidos no banco de dados através da página na *internet*. Além do acesso, é factível armazenar os dados recebidos pela página no banco de dados, isso é feito por meio de um *\$_POST* que armazenará o dado em uma variável e, logo após, fazendo um *INSERT INTO*, inserindo essa variável no banco.

Figura 10 – Ambiente *phpMyAdmin*

Fonte: Produzido pelo próprio autor.

Para verificar a funcionalidade dessa etapa, foram utilizados alguns serviços de hospedagem tanto grátis quanto pagos, dentre eles pode-se citar: *000webhost*, *Infinityfree* e *Hostinger*. Esses fornecedores de serviços de hospedagem disponibilizam as ferramentas necessárias de forma *online*, como acesso ao *phpMyAdmin*, que concede um vasto ambiente para desenvolvimento e construção de um banco de dados completo, funcional e robusto. Além disso, proporciona a possibilidade de acesso remoto ao site criado através de uma hospedagem. Adicionalmente, possui suporte para PHP, linguagem utilizada para realizar a conexão entre as partes. Com esses serviços o desenvolvimento da aplicação *web* se torna mais eficiente, pois eles oferecem toda a base necessária para o estudo.

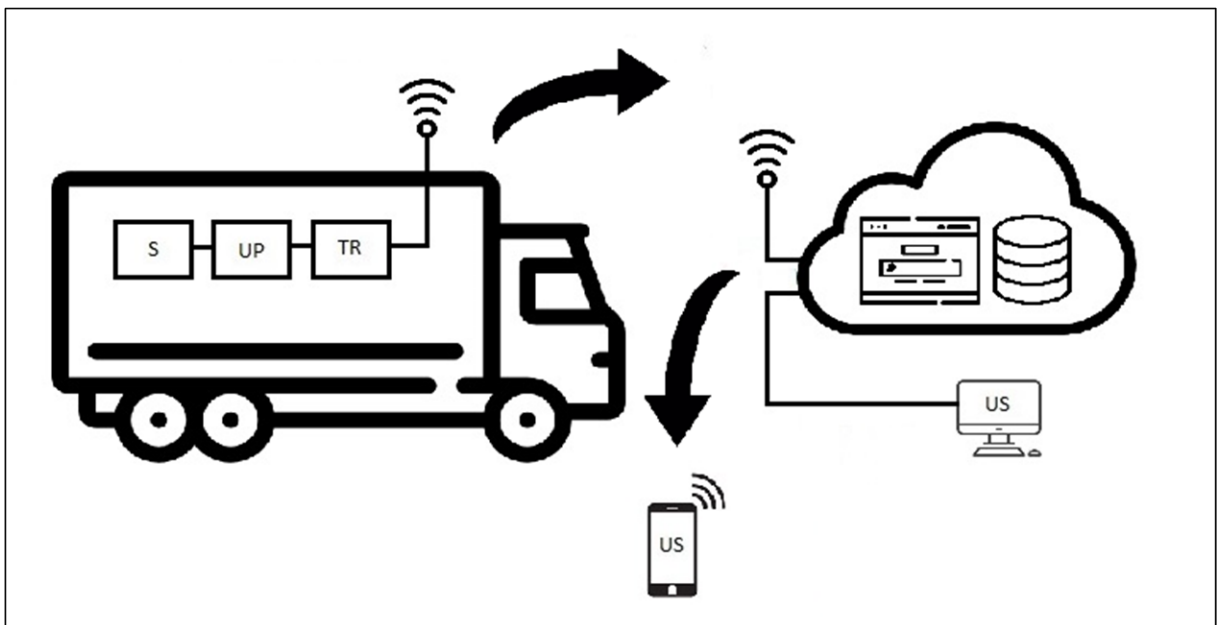
A etapa final consiste na transmissão dos dados do horimetro e hodômetro para a aplicação *web* desenvolvida. Para isso, utilizou-se o *Shield GSM*. A biblioteca GSM, disponibilizada no IDE, possui todas as funções necessárias para o desenvolvimento dessa etapa. O *software* passa por três fases para fazer a transmissão dos dados. A primeira fase consiste na conexão à rede GSM e GPRS, a função utilizada para a conexão ao GSM é a *gsmAcess.begin* e é necessária a utilização do número de identificação pessoal (PIN, do inglês *personal identification number*) do cartão caso este esteja ativo, para o caso do GPRS a função utilizada foi a *gprs.attachGPRS* que necessita das informações do nome de ponto de acesso (APN, do inglês *access point name*), *login*, e senha da operadora, no caso da vivo o APN é *zap.vivo.com.br*, com *login* e senha iguais: *vivo*. A segunda fase é a conexão a aplicação *web*, feita através do domínio criado e da porta, que é usualmente 80, pela função *client.connect*. Após o sucesso das fases 1 e 2 entra a fase

final, que consiste na efetiva transmissão dos dados fazendo uso do protocolo de transferência de hipertexto (HTTP, do inglês *hypertext transfer protocol*), que suporta diversos métodos de requisição, como o *POST*, que foi projetado para solicitar que o servidor aceite os dados anexados no corpo da mensagem. Os dados enviados são armazenados no banco de dados MySQL desenvolvido, que possível devido a aplicação em PHP desenvolvida.

3.3 Estrutura do Sistema de Monitoramento

A Figura 11, mostra a estrutura utilizada para este trabalho. Um dispositivo colocado dentro do equipamento faz a aquisição dos dados, processamento dos mesmos e envio para a nuvem. Uma aplicação *web* permite aos usuários a visualização dos dados, desde que tenham acesso à *internet*.

Figura 11 – Estrutura do trabalho



Fonte: Produzido pelo próprio autor.

Nota: ¹ S – *Software* para aquisição dos dados.

² UP – Unidade de processamento dos dados.

³ TR – Transmissor GPRS.

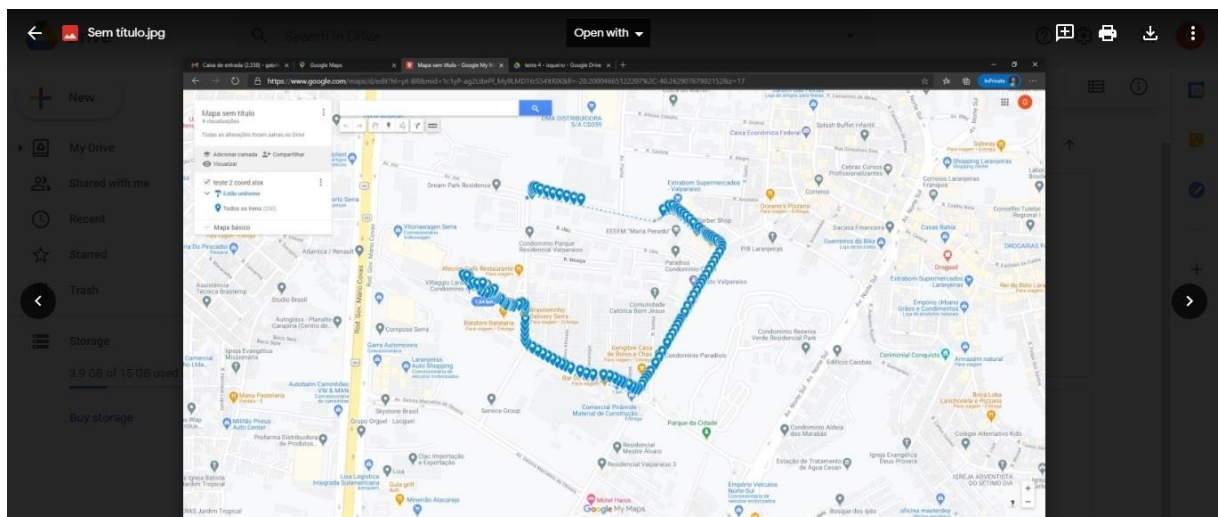
⁴ US – Usuários.

4 RESULTADOS

A construção do dispositivo iniciou-se no desenvolvimento de um *software* que fosse capaz de adquirir o tempo de utilização do equipamento e a distância percorrida pelo mesmo. Para que a visualização dos dados pudesse acontecer, armazenou-se os dados em um cartão de memória. O *software* fez a contagem do tempo em minutos, através da função `millis()`. O segundo passo foi a incorporação do módulo GPS e desenvolvimento do *software* para que fosse possível extrair as coordenadas e a distância percorrida.

O primeiro teste com um veículo foi feito em um percurso circular em Valparaíso, Serra-ES. O percurso possuía aproximadamente 1,55 km (de acordo com a ferramenta de medida do *Google Maps*). O resultado obtido, armazenado no cartão de memória, foi de aproximadamente 1,6 km medidos e 12 minutos de percurso (desconsiderando os segundos). A Figura 12 mostra o trajeto percorrido durante esse teste. O trajeto foi construído utilizando a ferramenta *Google Maps*, ela fornece uma opção para a criação de mapas próprios, que faz uso das coordenadas fornecidas pelo usuário através de um arquivo Excel. Cada coordenada inserida é marcada no mapa, e com a quantidade correta de marcações é possível ver o caminho produzido de forma clara, com boa precisão.

Figura 12 – Trajeto percorrido



Fonte: Produzido pelo próprio autor.

Percebeu-se algumas falhas nas capturas dos dados, em um dado momento do percurso houve uma desconexão do módulo GPS com os satélites e conseqüentemente parte do percurso foi

perdido. A causa desse erro foi uma falha na alimentação do módulo, em determinado momento a alimentação foi perdida, acarretando o problema visualizado, apesar disso, a distância real e distância capturada pelo dispositivo ainda foram semelhantes. A Figura 13 apresenta um segundo problema encontrado no pequeno percurso feito: o tempo de conexão do módulo com os satélites. Devido a esse tempo, que pode variar de 1 a 3 minutos, a parte inicial do trajeto é perdida, como nesse caso, onde houve um erro de quase 250 m. Esse erro não comprometeu a comparação feita anteriormente, pois a medida da distância feita no *Google Maps* foi feita a partir da primeira coordenada coletada, assim que o módulo GPS conectou aos satélites. Para prevenir futuros erros relacionados a esse problema, os testes seguintes foram feitos levando-o em consideração. Os testes se iniciavam apenas no momento em que o módulo finalizava o processo de inicialização e se conectava aos satélites.

Figura 13 – Erro devido ao tempo de conexão do GPS

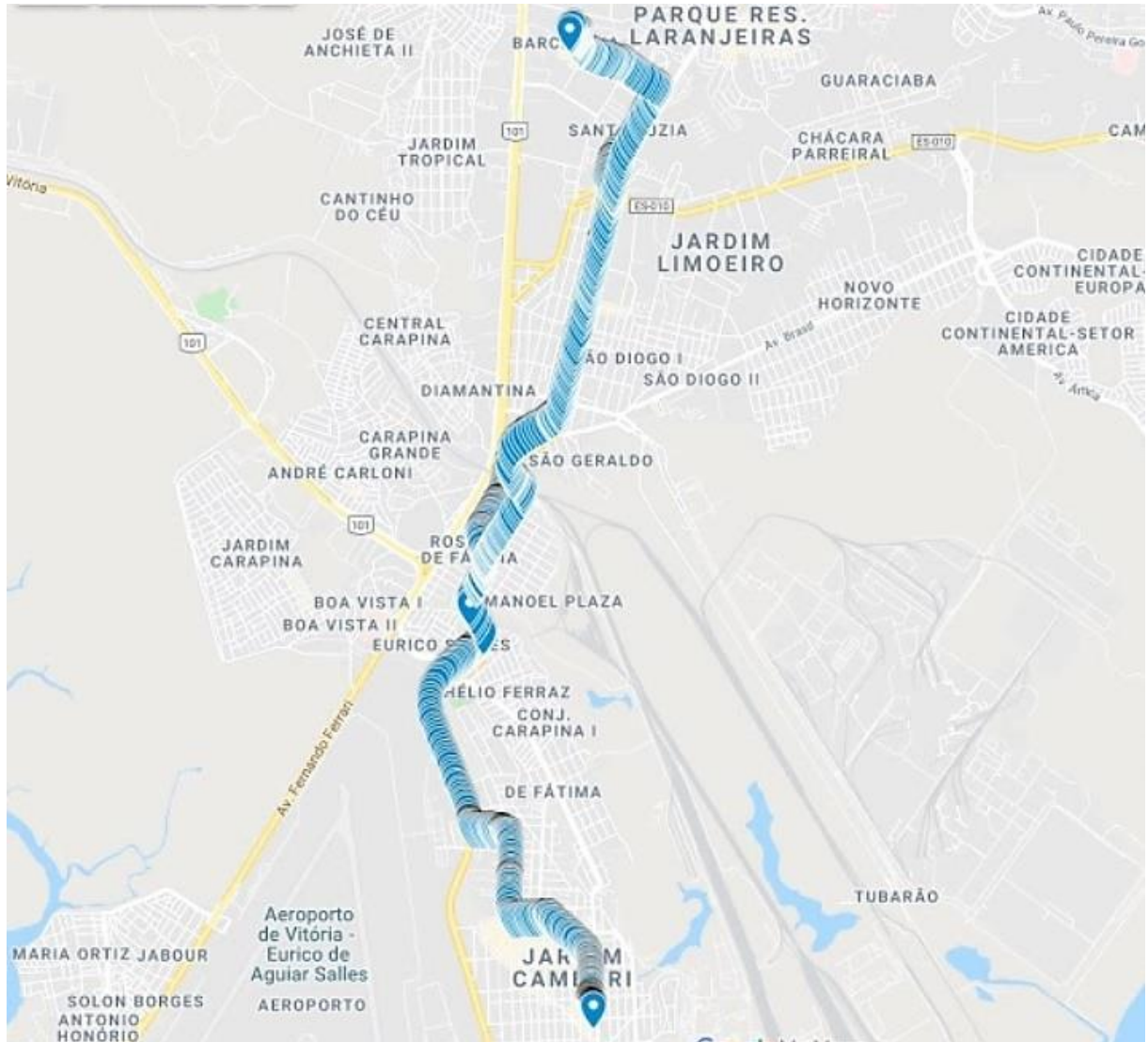


Fonte: Produzido pelo próprio autor.

A Figura 14, mostra um dos testes seguintes, feito em um percurso que se iniciou no condomínio Villagio de Laranjeiras, situado em Valparaíso, Serra, ES, e terminou em Jardim Camburi, Vitória, ES, seguido de um trajeto de volta feito a partir de Bairro de Fátima, Serra, ES, de volta

para o condomínio em Valparaíso. O dispositivo armazenou um total de 13,28 km, com um erro de 150 m. O tempo total para esse percurso foi de aproximadamente 52 minutos.

Figura 14 – Percurso Valparaíso/Jardim Camburi, Bairro de Fátima/ Valparaíso



Fonte: Produzido pelo próprio autor.

Para verificação da eficiência da ferramenta utilizada para a coleta dos valores para o hodômetro, utilizou-se a ferramenta de régua do *Google Maps*, como mencionado anteriormente, que mostra a distância real do percurso produzido. Dessa forma foi possível comparar os dados produzidos com a realidade. Outro teste realizado foi feito em um percurso construído através dos dados coletados pelo *software*, saindo de Valparaíso, passando por Colina de Laranjeiras e voltando para Valparaíso, sendo todo o trajeto feito em Serra, ES.

A distância adquirida foi de aproximadamente 6,2 km. Em comparação, a distância real, obtida através da ferramenta do *Google Maps*, foi de aproximadamente 6,25 km. Um erro de apenas 0,05 km.

A Tabela 1 mostra o resultado dos testes produzidos para a verificação da eficiência do método utilizado para a aquisição da distância percorrida. Percebe-se que, independentemente da distância percorrida, sejam 2 ou 15 km, o erro, em valor absoluto, permaneceu quase inalterado, variando alguns poucos metros. Isso sugere que o método é eficiente, pois, do contrário, as variações tenderiam a aumentar proporcionalmente à distância percorrida.

Tabela 1 – Resultado dos testes de GPS

	Dados do dispositivo (km)	Distancia real (km)	Erro (km)	Erro (%)
Teste 2	1,65	1,54	0,11	7,142857143
Teste 3	6,18	6,17	0,01	0,162074554
Teste 4	2,58	2,47	0,11	4,453441296
Teste 5	13,28	13,13	0,15	1,142421935
Teste 6	15,24	15,1	0,14	0,927152318
Teste 7	28,9	28,8	0,1	0,347222222

Fonte: Produzido pelo próprio autor.

Com dispositivo de aquisição de dados funcionando de forma satisfatória, um dos objetivos desse trabalho foi concluído. Porém, além da eficiência do dispositivo, a instalação dele deveria ser simples e não-invasiva. Inicialmente, pensou-se em utilizar baterias 9 V para a alimentação do circuito, isso se mostrou de extrema ineficiência devido ao grande consumo de corrente do dispositivo. Em poucas horas as baterias tinham suas cargas drenadas e o dispositivo perdia seu funcionamento. Para se contornar esse problema, o isqueiro do veículo foi a fonte de alimentação escolhida. De acordo com o fabricante, o Arduino pode trabalhar com tensões de 7 a 12 V, sendo que, com 12 V ou mais de alimentação (que é a tensão que o isqueiro fornece) o regulador de tensão interno da placa do Arduino UNO sobreaquece, podendo danificar o dispositivo caso o sobreaquecimento se mantenha por períodos muito prolongados. Isso foi constatado visualmente. Foi utilizado então o regulador de tensão lm2596 (Figura 15), para reduzir a tensão de alimentação para 5 V. Esse regulador trabalha como um conversor DC/DC no modo *step* down, conseguindo reduzir a tensão para uma carga de até 3 A, com tensão de entrada de 3,2 a 40 V e saída de 1,5 a 35 V. O Resultado foi uma alimentação contínua, sem

indícios de danos ao dispositivo, fornecendo a corrente necessária para que todos os módulos e Arduinos funcionem de forma correta.

Com essa solução, o dispositivo pôde ser colocado no veículo e equipamento estudados sem a necessidade de desmontagem de qualquer parte dos mesmos. Nenhum tipo de instalação invasiva foi exigido. Foi necessário apenas liga-lo ao isqueiro.

Figura 15 – Regulador de tensão lm2596



Fonte: Vida de Silício (2020).

A Figura 16 mostra a instalação feita nos equipamentos disponibilizados pela empresa, a saber, um Volkswagen Saveiro e um guindauto Volvo. Bastou conectar o dispositivo nos respectivos isqueiros para que no momento em que fosse dada a partida no equipamento, a coleta dos dados fosse iniciada.

Em adição, não houve necessidade de nenhum tipo de configuração do dispositivo para os diferentes equipamentos. Tanto nos veículos utilizados nas fases iniciais da pesquisa, quanto no veículo e guindauto da empresa, foi necessário apenas conectar o dispositivo na alimentação e o mesmo fazia a coleta dos dados, independentemente de qual tipo de equipamento.

Figura 16 – Ligação do dispositivo aos equipamentos



Fonte: Produzido pelo próprio autor.

O Quadro 2 apresenta os resultados obtidos no teste realizado nos equipamentos da empresa. Devido à pandemia da Covid-19 que está acontecendo durante a realização dessa pesquisa, o acesso à empresa estava restrito. Por consequência, a quantidade de testes em campo foi limitada. O dispositivo proposto ficou aos cuidados do gerente de manutenção da empresa, que o colocou nos equipamentos em estudo e permitiu a obtenção dos dados de tempo de trabalho e distância percorrida. Nessa etapa, a comparação da distância foi feita tanto com a ferramenta do *Google Maps* quanto com o registro anotado manualmente pelos funcionários da empresa. Apesar das limitações, o resultado somado aos testes produzidos anteriormente, foi eficiente.

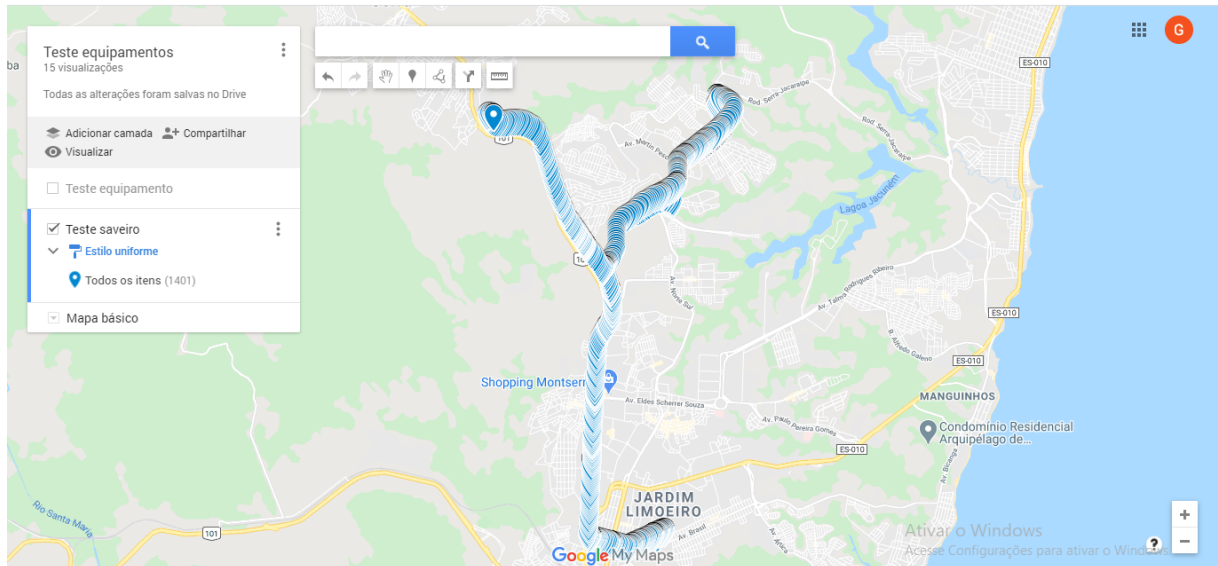
Quadro 2 – Resultados do teste em campo

Equipamento	Distância / Dispositivo (km)	Distância registrada em campo (km)	Distância / <i>Google Maps</i> (km)
Saveiro	23,25	24	23,4
Guindauto	12,17	13	12,2
Equipamento	Tempo / Dispositivo (min)	Tempo registrado em campo (min)	
Saveiro	49	Não se aplica	
Guindauto	26	26	

Fonte: Produzido pelo próprio autor.

A Figura 17 apresenta o percurso do teste de um dos equipamentos. Nesse teste a Volkswagen Saveiro percorreu um total de 23,4 km, de acordo com a ferramenta do *Google Maps*. Como resultado, obteve-se um erro de 150 m, que está dentro do esperado, vide testes feitos anteriormente.

Figura 17 – Resultado teste Saveiro




Fonte: Produzido pelo próprio autor.

Para que o armazenamento dos dados obtidos pelo dispositivo construído e sua visualização *online* fosse possível o desenvolvimento de uma aplicação *web* teve início. Aplicação deve fornecer um ambiente de fácil visualização de horímetro e hodômetro de cada um dos equipamentos monitorados, assim como os registros anteriores desses dados. Para isso, inicialmente utilizou-se o *software* XAMPP. Esse programa permite a criação de um servidor local para armazenar os dados, incluindo diversos módulos, como o MySQL, para a produção de um banco de dados robusto e completo.

Através da ferramenta *phpMyAdmin* foi criado um banco de dados, onde cada tabela equivale a um equipamento monitorado. Dentro dessas tabelas estão todos os registros de hodômetro e horímetro separados por colunas, cada um com identificação própria e com o dia e horário de quando registrados. Criou-se simultaneamente uma página, em HTML para o acesso ao banco de dados e as codificações em PHP para a união do banco à página.

O segundo passo foi buscar um local para a hospedagem da página criada, de forma gratuita. A primeira opção foi a *000webhost.com*, que tinha suporte para MySQL e hospedava páginas gratuitamente. Essa opção foi descartada, apesar de ser possível hospedar a página, só é possível acessá-la de uma conexão local de forma gratuita. A opção então foi o *infinityfree.net*. Da mesma forma, foi possível hospedar a página de forma gratuita, porém, essa opção fornece um servidor próprio para o MySQL, junto a um domínio que permite o acesso desse banco de dados em conexões remotas. Com a codificação do banco de dados já pronta localmente, bastou importá-la para o servidor. A Figura 18 mostra a página criada, disponível para acesso em *monitoramentotcc.infinityfreeapp.com*.

Figura 18 – Página inicial da aplicação *web*



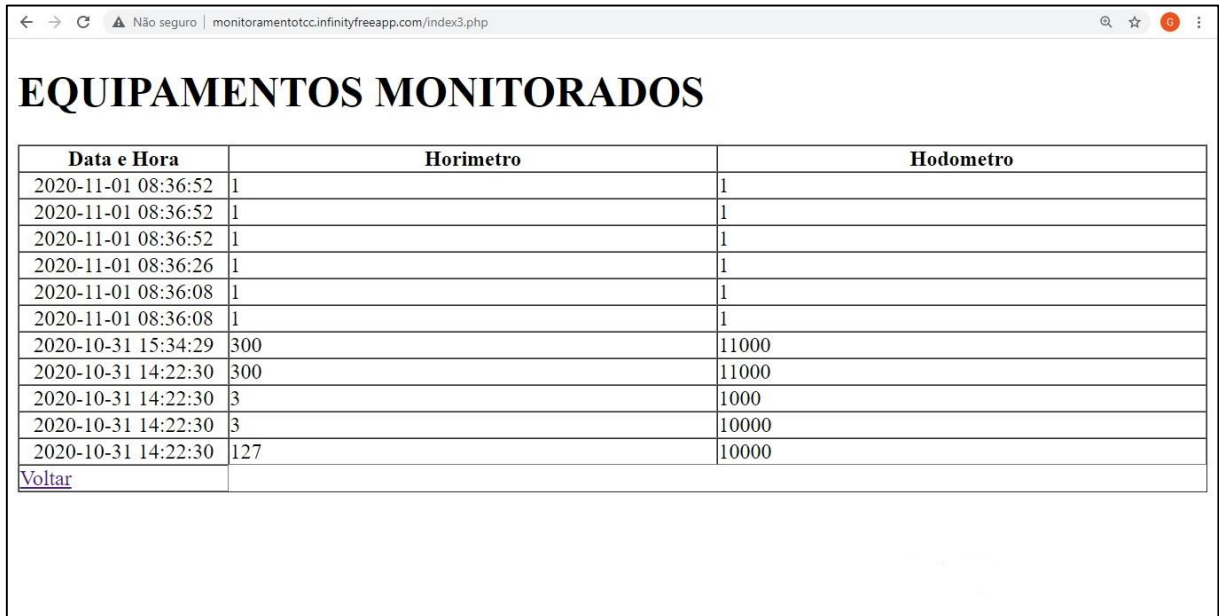
<u>Equipamentos</u>	Horímetro	Hodometro
Equipamento 1	739	43006
Equipamento 2	739	43006

Fonte: Produzido pelo próprio autor.

Essa página fornece inicialmente a lista dos equipamentos em monitoramento com seus respectivos horímetro e hodômetros. É possível verificar os registros de cada um dos equipamentos, pois o banco de dados criado está totalmente incorporado à página. Ao acessar o equipamento desejado, um quadro com os registros passados de horímetro e hodômetro será mostrado, junto com a data e hora que o registro foi feito. A Figura 19 mostra os dados contidos no banco do equipamento 1 que foi criado para teste.

Com um resultado também satisfatória nessa etapa da pesquisa, passou-se para a próxima e última etapa, a transmissão dos dados coletados pelo dispositivo para a aplicação *web* criada.

Figura 19 – Valores registrados no banco de dados do equipamento 1



The screenshot shows a web browser window with the URL `monitoramentotcc.infinityfreeapp.com/index3.php`. The page title is "EQUIPAMENTOS MONITORADOS". Below the title is a table with three columns: "Data e Hora", "Horimetro", and "Hodometro". The table contains 13 rows of data, including a "Voltar" link at the bottom left.

Data e Hora	Horimetro	Hodometro
2020-11-01 08:36:52	1	1
2020-11-01 08:36:52	1	1
2020-11-01 08:36:52	1	1
2020-11-01 08:36:26	1	1
2020-11-01 08:36:08	1	1
2020-11-01 08:36:08	1	1
2020-10-31 15:34:29	300	11000
2020-10-31 14:22:30	300	11000
2020-10-31 14:22:30	3	1000
2020-10-31 14:22:30	3	10000
2020-10-31 14:22:30	127	10000
Voltar		

Fonte: Produzido pelo próprio autor.

A transmissão, ou elo de ligação entre o dispositivo e a aplicação *web*, proporcionou diversos problemas para a viabilidade do dispositivo. Devido ao grande consumo de corrente do módulo *GSM Shield*, chegando a picos de 2000 mA, e mais de 700 mA continuamente (ARDUINO, 2020), somado ao consumo dos outros módulos, o uso de baterias foi descartado, como já mencionado nesse trabalho. Outro problema foi a biblioteca GSM utilizada para a codificação do transmissor. A quantidade de memória exigida para o uso dessa biblioteca tornou o uso de apenas um Arduino Uno inconcebível, sendo necessário adicionar um segundo microcontrolador do mesmo modelo para que o mesmo tivesse a função exclusiva de transmissor e conseqüentemente aumentando o tamanho do dispositivo construído.

Por fim, o problema mais crítico encontrado foi o método utilizado para a transmissão dos dados. O código produzido fez a conexão com a rede GSM e GPRS da vivo de forma correta, conectou à página criada, mas apresentou diversos erros ao fazer a requisição POST. Foram efetuadas diversas tentativas de envio dos dados através à página criada no *Infinityfree*. Ao buscar a solução, entrando em contato com o suporte técnico, verificou-se que o serviço prestado pelo *Infinityfree* não oferece suporte para o envio de dados desejado para esse estudo.

Buscou-se então outra solução, mesmo que não fosse gratuita. A *Hostinger* oferece os serviços de hospedagem de *sites* e *cloud* de qualidade com um preço adequado. Adicionalmente, obteve-

se um domínio gratuito em freenom.com. Dessa forma foi possível reproduzir tudo o que havia sido feito no *Infinityfree*. Em monitoramentotcc.ga é possível ter acesso à mesma aplicação criada anteriormente. O suporte técnico 24 h da *Hostinger* ofereceu todo o apoio possível para a realização dessa etapa da pesquisa, informou que o serviço deles permite o envio de dados através do protocolo HTTP, forneceu os materiais necessários para que a codificação da requisição fosse feita de forma correta, porém o resultado não foi positivo. O dispositivo não foi capaz de enviar os dados para a página criada.

Verificou-se então novamente o *software* produzido no Arduino. Foram encontradas algumas falhas na programação feita, mas, mesmo após todas as correções e mesmo fazendo tentativas com diferentes formas de codificação das requisições através do Arduino, o resultado se manteve e não foi possível enviar os valores de horímetro e hodômetro para a aplicação *web*.

5 CONCLUSÃO

O projeto se constituiu em apresentar uma proposta de sistema de monitoramento *online* para equipamentos pesados (caminhões, guindastes, escavadeiras, entre outros), tendo como partes constituintes um protótipo de dispositivo não invasivo capaz de coletar os dados de tempo de uso e distância percorrida (por meio do GPS) pelo equipamento, transmitindo, via GPRS, esses dados para uma aplicação *web*, produzida de forma simples e de fácil acesso a qualquer usuário conectado à *internet*.

Para a realização dessa proposta, foram necessária três etapas: o desenvolvimento de um dispositivo cujo *software* fosse capaz de obter os valores de horímetro e processar as informações recebidas pelo GPS, para coletar o valor do hodômetro, sem que fosse necessário uma instalação invasiva no equipamento em estudo; a construção de uma aplicação *web* para que fosse possível visualizar os dados em tempo real e seus registros anteriores de forma remota, necessitando apenas de uma conexão à *internet* e a produção de um *software* que enviasse os dados obtidos no equipamento para a aplicação construída.

Um estudo de caso foi produzido, buscando verificar as aplicações práticas do sistema proposto, utilizando equipamentos de uma empresa do ramo de transporte e içamento de cargas. O dispositivo foi colocado nos equipamentos durante um dos percursos de trabalho. Os dados coletados foram analisados, visando averiguar a eficiência do protótipo desenvolvido.

A análise dos dados coletados pelo dispositivo consistiu na comparação entre o que foi armazenado em um cartão de memória, com os registros dos funcionários da empresa e com a ferramenta de medição existente na plataforma *Google Maps*, com objetivo de determinar a qualidade do *software* desenvolvido. Os resultados obtidos nessa etapa se mostraram consistentes e demonstraram que os métodos de coleta de dados utilizados foram eficientes.

A aplicação *web* foi desenvolvida baseada em HTML, PHP e MySQL. A escolha do MySQL se deu pelo fato de ser um mecanismo gratuito, de qualidade e ampla aplicação. Ao uni-los, foi possível criar um *site* de simples entendimento e visualização para os dados de horímetro e hodômetro, com a possibilidade de acesso aos registros anteriores, com data e hora. Alguns serviços de hospedagem foram estudados para que a aplicação fosse acessada por qualquer

dispositivo conectado à *internet*, sendo escolhido o *Hostinger*, um serviço pago, porém com preço justo, atendimento 24h e ferramentas como *phpMyAdmin* e suporte para PHP. O resultado foi satisfatório, sendo possível visualizar os valores de tempo de trabalhado e distância percorrida de múltiplos equipamentos, bem como os registros anteriores de cada um deles de forma simples, intuitiva e rápida.

O método de transmissão proposto foi o GPRS, que fez uso do *Shield GSM*. Para a transmissão dos dados foi necessária a utilização de um cartão SIM com pacote de dados ativo. Para o envio dos dados para a aplicação *web*, foi utilizado o método POST, do protocolo HTTP. Apesar do empenho, dedicação e suporte obtido durante o desenvolvimento dessa etapa, um resultado positivo não foi atingido.

De forma prática este trabalho demonstra que é possível automatizar processos de certos setores de empresas, com a utilização de dispositivos não intrusivos, eliminando erros humanos, diminuindo falhas de registros e facilitando o acesso aos dados. Conseqüentemente, partes vitais de uma empresa que lida com equipamentos pesados, como o cronograma de manutenções preventivas, tem sua eficiência elevada, diminuindo os riscos de quebra de equipamentos, com o efeito de diminuir os custos.

Também abre oportunidades de pesquisas futuras, para continuação, aperfeiçoamento e ampliação do tema desenvolvido. É possível expandir esse estudo para um sistema de monitoramento que engloba diversos equipamentos simultaneamente; buscar soluções mais eficientes para a transmissão dos dados de cada equipamento, levando em consideração todas as diferenças necessárias para a captação dos dados em cada um dos mais variados equipamentos e locais de trabalho; construir um dispositivo e *software* ainda mais completos, englobando ainda mais variáveis que podem causar erros na apuração do tempo de uso e distância percorrida e ainda desenvolver mecanismos que mostrassem automaticamente quais equipamentos estão se aproximando dos valores de horímetro e hodômetro programados para a efetuação da manutenção preventiva e automaticamente solicitassem as peças necessárias para a mesma.

Em adição, este trabalho abre margem para a possibilidade de estudos mais aprofundados nos tipos de dados coletados de um equipamento, elevando o sistema de monitoramento para não

só monitorar os dados relacionados à manutenção preventiva, mas também verificar a integridade dos componentes dos equipamentos, como freios e válvulas. Com isso, a empresa teria a possibilidade de incorporar a manutenção preditiva em seus equipamentos, elevando a competitividade de sua marca, diminuindo a paralização de equipamentos devido às falhas e consequentemente diminuindo custos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, W. P. **Construindo uma Aplicação Web Completa com PHP e MySQL**. 1. ed. São Paulo: Novatec, 2017.
- ALVEZ, S. A matemática do GPS. **Revista do professor de matemática** 59, [S.l.; s.n], 2006. Disponível em: http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/GPS_para_engenharia_%20de_%20transito.pdf. Acesso em: 06 dez. 2020.
- ARDUINO. **Documentação de referência da linguagem arduino**. Arduino, [S.l], 2020. Disponível em: <https://www.arduino.cc/reference/pt/#functions/>. Acesso em: 16 dez. 2019.
- ARDUINO E CIA. **Como usar a função millis com arduino**. [S.l], 2019. Disponível em: <https://www.arduinoocia.com.br/como-usar-a-funcao-millis-com-arduino/>. Acesso em: 03 nov. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. Situação da manutenção no Brasil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO*, 28., 2013, Salvador. **Documento Nacional 2013**. Salvador: [s,n], 2013. Disponível em: <http://www.abraman.org.br/Arquivos/403/403.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2019.
- BAUERMEISTER, G. **Arduino GPS shield com google my maps**. FilipeFlop, Florianópolis, 2017. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/arduino-gps-shield-com-google-my-maps/>. Acesso em: 03 nov. 2019.
- BEHRENS, F.; FABRICIO, M. A.; BIANCHINI, D. Monitoramento de equipamentos elétricos para manutenção preditiva utilizando IoT. *In: BRAZILIAN TECHNOLOGY SYMPOSIUM*, 2016, São Paulo. **Anais[...]**: São Paulo, 2016. Disponível em: <http://lcv.fee.unicamp.br/images/BTSym-16/proceedings/pa49-16-edited.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2020.
- BETTSTETTER, C.; VOGEL, H. J.; EBERSPACHER, J. GSM phase 2+ general packet radio service GPRS: Architecture, protocols and air interface. **IEEE Communications Surveys**. v. 2, n. 3, p. 2-14, 1999. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5340709>. Acesso em: 03 nov. 2019.
- CGD TECNOLOGIA E CONTROLE. **Nossos Serviços**. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://cgdmonitoramento.com.br/servicos>. Acesso em: 02 nov. 2019.
- COSTA, M. A. **Gestão estratégica da manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013. Disponível em: https://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2012_3_Mariana.pdf. Acesso em: 02 nov. 2019.
- ELETROGATE. **GPS NEO-6M com Arduino** – Aprenda a usar, 2018. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/gps-neo-6m-com-arduino-aprenda-usar/>. Acesso em: 18 nov. 2020.

EQUIPE MOUNTAINBAJA. **Módulo GPS NEO-6M com Arduino**. Vida de Silício, [S.l.], 2018. Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/modulo-gps-neo-6m/>. Acesso em: 03 nov. 2019.

FABRICIO, M. A. **Monitoramento de Equipamentos Elétricos Industriais Utilizando IoT**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Centro de Ciências Exatas, Ambientais e Tecnologias, Pontifícia Universidade Católica, Campinas, 2018. Disponível em: <http://tede.bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br:8080/jspui/handle/tede/1059>. Acesso em: 02 nov. 2019.

GOYAL, D.; PABLA, B. S. Condition based maintenance of machine tools – A review. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v. 10, p. 24-35, 2015. Disponível em: <https://plu.mx/plum/a/?doi=10.1016%2Fj.cirpj.2015.05.004>. Acesso em: 25 out. 2020.

GPSSAT. **Gerencie sua frota online**. [S.l.], 2019. Disponível em: <https://www.gpssat.com.br/#contato>. Acesso em: 02 nov. 2019.

GUBBI, J.; BUYYA, R.; MARUSIC, S.; PALANISWAMI, M. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. **Future Generation Computer Systems**, v. 29, n. 7, p. 1645-1660, 2013. Disponível em: <http://www.buyya.com/papers/Internet-of-Things-Vision-Future2013.pdf>. Acesso em: 28 out. 2020.

HONDA. **Manual de manutenção e garantia**. [S.l.; s.n.], [201-]. Disponível em: <https://www.honda.com.br/sites/cbw/files/2016-08/City%202013%20%20Manual%20de%20manuten%C3%A7%C3%A3o%20e%20garantia.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2019.

LARROCA, A. P. C. **O uso do GPS como instrumento de controle de deslocamentos dinâmicos de obras civis – aplicação na área de transportes**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-29052006-170441/publico/TESE_ANA_PAULA_c_LARROCCA.pdf. Acesso em: 03 nov. 2019.

LEICK, A. **GPS satellite Surveing**. New York: John Willey, 1995 *apud* LARROCA, A. P. C. **O uso do GPS como instrumento de controle de deslocamentos dinâmicos de obras civis – aplicação na área de transportes**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

LOURIVAL, A.T. A Evolução da Manutenção. **Revista Nova Manutenção y Qualidade 54**. [S.l.: s.n.], 2005.

LUCATELLI, M. V. **Estudo de procedimento de manutenção preventiva de equipamentos eletrodomésticos**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/77435/138267.pdf?sequence=1>. Acesso em: 02 nov. 2019.

MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

ORBCOMM. **PT 7000**, 2020. Disponível em: <https://www.orbcomm.com/pt>. Acesso em: 17 nov. 2020.

PAULA, É. C. **Desenvolvimento e teste de RSSF para monitoramento de ambientes em edificações**. 2017. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, Centro de Ciências Exatas, Ambientais e Tecnologias, Pontifícia Universidade Católica, Campinas, 2017. Disponível em: <http://tede.bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br:8080/jspui/bitstream/tede/974/2/%c3%89RIKA%20CAPELLI%20DE%20PAULA.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2019.

RAPPAPORT, T. S. **Wireless communications-principles and practice**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002. Disponível em: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=515623>. Acesso em: 03 nov. 2019.

REDE INDUSTRIAL. **Catálogo de especificações técnicas**. [S.l.:s.n], 2019. Disponível em: http://controle.redeindustrial.com.br/arquivos_sites/horimetro_catalogo.pdf. Acesso em: 02 nov. 2019.

REIS, N. G. **Dos estudos técnicos do TRC: os rastreadores como ferramenta de logística e segurança**. São Paulo: NTC/TM, 1997

SINDIPESA. **Tabela de referência**. [S.l.:s.n], 2019. Disponível em: <http://sindipesa.com.br/pagina.asp?id=208>. Acesso em: 02 nov. 2019.

SOTREQ CARTERPILLAR. **Guia prático de manutenção – 924k**. [S.l.: s.n.], [2010-2019]. Disponível em: https://www.sotreq.com.br/sites/default/files/sotreq_dim924k.pdf. Acesso em: 02 nov. 2019.

SOUZA, R. R.; MARTINS, C. O. D.; LIMA, T. R. S.; REGULY, A. Desenvolvimento de metodologia e estudo do potencial da técnica TOFD visando a inspeção e o monitoramento de equipamentos. **Revista Matéria**. v. 14, n. 4, p. 1179-1187, 2009.

TROJAN, F.; MARÇAL, R. F. M.; BARAN, L. R. Classificação dos tipos de manutenção pelo método de análise multicritério electre tri. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 45., 2013, Natal. **Anais[...]**: Natal, 2013. Disponível em: <http://www.sbp2013.ect.ufrn.br/>. Acesso em: 06 dez. 2020.

U-BLOX. **NEO-6 u-blox 6 GPS Modules Data Sheet**, 2020. Disponível em: <https://www.u-blox.com/>. Acesso em: 18 nov. 2020

VIDA DE SILÍCIO. **Catálogo de produtos**, 2020. Disponível em: <https://www.vidadesilicio.com.br/>. Acesso em: 16 nov. 2020.

VIVO. **Consulte nossa área de cobertura**, 2020. Disponível em: <https://www.vivo.com.br/para-voce/por-que-vivo/qualidade/cobertura>. Acesso em: 18 nov. 2020

WANG, X.; MA, L.; YANG, H. Online Water Monitoring System Based on ZigBee and GPRS. **Procedia Engineering**, v. 15, p. 2680-2684, 2011.