

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – *CAMPUS* MONTE CARMELO
INSTITUTO DE GEOGRAFIA – IG
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

INGLITH DE SOUZA LAGE ALVES

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO VEICULAR EM
TEMPO REAL DE BAIXO CUSTO**

MONTE CARMELO

2019

INGLITH DE SOUZA LAGE ALVES

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO VEICULAR EM
TEMPO REAL DE BAIXO CUSTO**

Trabalho de Conclusão de Curso, como exigência parcial para obtenção do Título de bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo.

Orientador: Prof. Dr. Wagner Carrupt Machado

Co-orientador: Prof. Dr. Henrique Cândido Oliveira

MONTE CARMELO

2019

INGLITH DE SOUZA LAGE ALVES

Trabalho de Conclusão de Curso como exigência parcial para obtenção do Título de bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo.

Aprovado em: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Wagner Carrupt Machado (Orientador)

Prof. Dr. Henrique Cândido Oliveira (Co-orientador)

Prof. Msc. Vinícius Francisco Rofatto (Membro convidado)

AGRADECIMENTOS

É gratificante poder comemorar a finalização de mais um ciclo na minha vida e saber que durante ele nunca estive sozinha. Logo não poderia deixar de agradecer aos que incentivaram e de alguma forma tornaram mais fácil e agradável minha caminhada.

Agradeço primeiramente a Deus por sua fidelidade infinita e por me proporcionar sabedoria para concluir esta etapa. Aos meus pais, Renata e José Geraldo, agradeço pela confiança e por destinarem a mim ainda em vida a maior herança que poderia receber, meu estudo. Obrigada por terem sonhado comigo e acreditado na realização.

Aos meus avós minha eterna gratidão por terem de forma tão carinhosa e gentil me formado uma pessoa mais justa e humana. Aos meus irmãos, Marcelo e Gustavo, agradeço por toda a amizade e amor que recebi a cada retorno. Aos tios e primos meu agradecimento por todo apoio.

Agradeço aos meus amigos e companheiras de república de Monte Carmelo por terem se feito família ao longo dos anos. Em especial ao meu namorado, Nicolas, pelo companheirismo, amizade e apoio nas decisões.

Aos meus orientadores, Wagner e Henrique, agradeço pela confiança, orientação e disponibilidade para contribuir com meu aprendizado.

E por fim, agradeço a todos os professores e funcionários da Universidade Federal de Uberlândia por terem contribuído para minha formação acadêmica.

RESUMO

Desde o século XIX, com a invenção do primeiro transporte coletivo, já se concretizava o reconhecimento da necessidade de implantar meios de transporte público, os quais facilitaram o cotidiano das pessoas e tornaram-se indispensáveis para a sociedade moderna. Porém, o transporte público mostrou-se ineficiente ao longo dos anos devido à crescente no tráfego e na demanda das cidades. Um ocasionador desta ineficiência é a falta de informações sobre os coletivos para os usuários, que buscam melhores condições de acessibilidade e eficiência nos processos. Estes fatores conduziram à necessidade da realização de estudos e aplicações de técnicas que garantam aos usuários um transporte de qualidade. Nos últimos anos, o desenvolvimento tecnológico vem sendo um aliado para o melhoramento da qualidade de vida das pessoas. Dentre as tecnologias desenvolvidas, destacam-se os sistemas de navegação global por satélites (GNSS - *Global Navigation Satellite Systems*), dos sistemas de comunicação e dos computadores. Neste contexto, o objetivo deste trabalho de conclusão de curso é propor e implementar uma plataforma digital que permitirá à comunidade da Universidade Federal de Uberlândia do Campus Monte Carmelo o acesso à localização em tempo real do Sistema Intercampi por meio da internet. Para concretização deste projeto, foi utilizado um receptor GNSS, do qual se coletará as coordenadas do veículo, assegurando a precisão do seu posicionamento. As informações obtidas serão enviadas via conexão 3G para um banco de dados e este retornará na plataforma digital, baseada no Google API, a localização do veículo. Com a implementação do sistema de localização de baixo custo, os usuários podem obter informações de grande relevância para o planejamento de seu embarque pela internet, visto que, além da localização, o sistema proporciona um auxílio determinante na segurança e bem-estar da comunidade acadêmica, de modo que os usuários do ônibus possam reduzir o tempo de exposição ao crescente índice de violência na cidade, bem como a condições climáticas adversas, tais como a incidência excessiva de raios ultravioletas advindos do Sol ou chuva.

Palavras Chaves: Posicionamento com GNSS, Google API, Transporte Coletivo Rodoviário.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	<i>Application Programming Interface</i>
CI	Circuito Integrado
CNI	Confederação Nacional da Indústria
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
ICSP	<i>In Circuit Serial Programming</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
ITS	<i>Intelligent Transportation System</i>
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
SIM	Módulo de Identificação de Assinante
SQL	<i>Structured Query Language</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
CSS	<i>Cascade Style Sheet</i>
PHP	<i>Personal Home Page</i>
HTML	<i>Hypertext Markup language</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Dispersão do posicionamento por ponto antes e depois do desligamento da AS.	16
Figura 2 - Interface IDE Arduino.	20
Figura 3 - Código básico HTML.	21
Figura 4 - Estrutura CSS.	22
Figura 5 - Estrutura PHP.	24
Figura 6 - Mapa de localização da área de estudo.	25
Figura 7 - Arduino UNO.	26
Figura 8 - Placa de comunicação GSM com GPS.	26
Figura 9 - Verso da placa de comunicação GSM.	27
Figura 10 - Antena para sinal GSM.	27
Figura 11 - Antena GPS.	27
Figura 12 - Cartão SIM.	28
Figura 13 - Sistemática utilizada para execução de etapas metodológicas.	28
Figura 14 - Mapa dos pontos de análise de sinal.	31
Figura 15 - Atributos armazenados	32
Figura 16 - Interface da Plataforma Digital.	33
Figura 17 - Esquema de funcionamento do sistema de localização	34
Figura 18 - Método de avaliação do posicionamento.	34
Figura 19 – Montagem do dispositivo.	35
Figura 20 - Mapa de análise de conexão OI.	36
Figura 21 - Mapa de análise de conexão TIM.	37
Figura 22 - Mapa de análise de conexão VIVO.	37
Figura 23 - Pontos rastreados ao longo da rota de estudo.	38
Figura 24 - Amostra de deslocamento de ponto rastreado.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modelo de tabela SQL.....	22
Tabela 2 - Estatísticas da análise do posicionamento.....	39
Tabela 3 - Dados utilizados na avaliação do posicionamento.....	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Justificativa	13
1.2	Objetivos.....	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2.2	Objetivos específicos.....	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1	Posicionamento por Satélites	15
2.1.1	Posicionamento por Ponto Simples (PPS).....	15
2.1.2	Segmento de usuários GNSS	16
2.1.3	O formato NMEA.....	17
2.2	Plataforma de Prototipagem - Microcontroladores	18
2.2.1	Ambiente de desenvolvimento	19
2.3	Plataforma Digital	20
2.3.1	HTML.....	20
2.3.2	JavaScript	21
2.3.3	CSS	21
2.3.4	SQL.....	22
2.3.5	PHP.....	23
2.3.6	Google API.....	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	Área de estudo.....	25
3.2	Material	26
3.3	Método	28
3.3.1	Determinação da posição do Intercampi	29
3.3.2	Comunicação GSM	30
3.3.3	Avaliação da qualidade da conexão 3G.....	30
3.3.4	Banco de dados.....	31
3.3.5	Elaboração da Plataforma Digital.....	32
3.3.6	Rotinas computacionais.....	32
3.3.7	Avaliação da qualidade do posicionamento	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1	Montagem do Equipamento	35

4.2	Resultado da avaliação do sinal 3G	36
4.3	Teste de funcionamento	38
4.4	Análise da qualidade do posicionamento	39
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
	REFERÊNCIAS	41
	APÊNDICE	43

1 INTRODUÇÃO

Em 1817 o Brasil inaugurou o primeiro transporte coletivo na cidade do Rio de Janeiro com objetivo de deslocar a população das regiões periféricas aos centros comerciais, porém a circulação da condução era limitada devido à capacidade de acomodação dos passageiros e as poucas vias construídas. O país, até o fim do século XIX, era formado por cidades e povoados isolados entre si, com predomínio da vida rural. Por esta razão, o maior desafio das primeiras versões dos transportes coletivos era possibilitar a união e o contato entre os estados brasileiros. Esta conexão do Brasil possibilitou vínculos comerciais, o acesso a equipamentos públicos de educação e saúde e também o desenvolvimento industrial (BORGES, 2014).

A ideia de conduzir a população ao comércio foi originada anos antes na França, pelo empresário Omnes, observando que não obtinha preferência comercial nos vilarejos mais afastados, pois os clientes não possuíam condições de acessibilidade até o estabelecimento. Logo, visando melhoras nas vendas disponibilizou uma condução para deslocar os fregueses com um trocadilho francês criativo: *Omnes Omnibus* (Omnes para todos). Porém, com o tempo, notou-se que as pessoas não desembarcavam somente para usufruir das mercadorias, como também para direcionar-se a lugares próximos e logo houve a necessidade de tarifação dos trechos. O transporte coletivo, apelidado como ônibus, em homenagem ao comerciante, adotou a estratégia de tarifação e itinerários para organizar e otimizar o serviço prestado (COSTA, 2006).

Após os eventos observados no século XIX durante a inauguração dos ônibus se concretizou o reconhecimento da necessidade de implantar este meio de transporte em versão pública, os quais facilitaram o cotidiano das pessoas e tornaram-se indispensáveis para a sociedade moderna. Porém, o transporte público mostrou-se ineficiente ao longo dos anos devido à crescente no tráfego e na demanda das cidades, visto que atualmente 65% dos brasileiros utilizam os ônibus como meio de transporte e destes, 31% perdem mais que uma hora diária com o trânsito durante o deslocamento (FLORES, 2015).

Um ocasionador da ineficiência do transporte público é a falta de informações sobre os coletivos para os usuários, que buscam melhores condições de acessibilidade e eficiência nos processos. A simples ação de locomoção possui cada vez mais relevância na atribuição de valor ao espaço urbano, já que com a urbanização e o crescimento das cidades, a acessibilidade se transformou em um fator importante para a qualidade de vida do cidadão

(GIRÃO *et. al.*, 2017). Estes fatores conduzem à necessidade de realizar estudos e aplicações de técnicas que garantam aos usuários um transporte eficiente.

Nos últimos anos, o desenvolvimento tecnológico vem sendo um aliado para a agilidade dos processos burocráticos e simplificação das atividades humanas. Dentre as tecnologias desenvolvidas, destacam-se: os sistemas de navegação global por satélites (GNSS - *Global Navigation Satellite Systems*), os meios de comunicação e os computadores. Antes utilizados só para fins militares, hoje estes sistemas contribuem para o avanço da tecnologia da informação, sendo que o GNSS é uma geotecnologia que possibilita a obtenção da localização de um ponto sobre a superfície da Terra. Esta função ampliou o gerenciamento sobre os transportes nas grandes cidades, contribuindo para o controle das demandas, atividades de informação ao usuário e das dinâmicas necessárias para melhorias no atendimento (SOUZA *et. al.*, 2014).

No que diz respeito ao âmbito social, a mídia se desenvolve como principal meio de relações entre as pessoas. Sendo esta, dividida em subclasses que se transformam de acordo com o modo em que a sociedade se molda em relação aos avanços tecnológicos. A internet se destaca como a principal classe midiática atualmente, visto que, de maneira interativa, as pessoas tem a liberdade de colaboração em tempo real, criando novas ideias e obras independentemente da posição em que se encontram e destacando-se o melhoramento das relações comerciais, educacionais, corporativas e de entretenimento (BASTOS & JAQUES, 2014).

Dentre as principais atividades propostas pela internet, a prestação de serviços se aplica de modo crescente e ganha espaço na rede otimizando as ações humanas. O Google Maps, um sistema que disponibiliza a visualização online de mapas e imagens de satélite, também contempla a possibilidade de inserção de diferentes mapas em site particulares por meio da Interface de Programação de Aplicativos (API - *Application Programming Interface*) (BASTOS & JAQUES, 2014).

Desta forma, compreendendo a importância do planejamento da mobilidade e por meio da combinação do uso da geotecnologia para obtenção do posicionamento, dos computadores com o vasto poder de serem programados e a partir de diferentes técnicas de comunicação, que possibilitam a disseminação de informações, seria possível desenvolver uma plataforma digital que disponibilizasse o monitoramento em tempo real do ônibus para os usuários do Sistema Intercampi da UFU – Campus Monte Carmelo?

1.1 Justificativa

O ITS (*Intelligent Transportation System*) é o avanço da tecnologia que visa auxiliar e otimizar os sistemas de transportes existentes, contribuindo em ações de controle do tráfego, gestão do transporte coletivo e informação ao usuário. Detectou-se no Brasil alguns sinais da utilização do ITS e em destaque com o uso de geotecnologia para obtenção do posicionamento dos coletivos e bilheterias eletrônicas para segurança e comodidade do usuário, contudo os avanços são limitados devido ao alto investimento necessário (SOUZA *et. al.*, 2014).

Para executar o serviço de localização móvel utilizando GNSS, associado a equipamentos de transmissão de dados, armazenamento e controle das informações, que possibilitem ações sincronizadas para a melhoria nos sistemas de transporte de forma global se faz necessário a análise da viabilidade do custo em relação aos benefícios. Nesse contexto, as geotecnologias integradas aos ITS e seus avanços em busca da eficiência dos serviços prestados, levaram ao desenvolvimento do mercado de tecnologias de baixo custo (SOUZA *et. al.*, 2014).

O GNSS está presente no cotidiano da maioria dos civis e, por conseguinte o mercado desta tecnologia oferece muitos modelos com variados preços e fins de utilização. Além da aparelhagem indicadora de posição é notável a evolução de plataformas compostas com hardwares e software capazes de interagir com outros sistemas, emitir e enviar informações para bancos armazenadores; exemplo disso é o Arduino. Este combinado com um receptor GNSS recebem a informação da posição em tempo real e enviam para servidores previamente programados. Essa composição respeita a intenção de redução de custos, proposta pelo ITS, e disponibiliza as informações em tempo real.

A Universidade Federal de Uberlândia disponibiliza, de forma gratuita aos estudantes e funcionários, ônibus coletivo com objetivo de transportar a comunidade acadêmica de uma unidade a outra. Utilizado de modo frequente, o sistema Intercampi auxilia grande parte dos alunos da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), em todos seus *campi*. Desenvolvendo-se como um modo ágil e eficaz, esse sistema torna-se também um excelente formador de opinião na hora da escolha de onde estudar por seus candidatos, pois uma instituição que se preocupa com a mobilidade e conseqüentemente com a qualidade de vida dos alunos é bem vista pelos mesmos. Porém são oferecidos aos passageiros apenas o horário previsto de chegada aos pontos de embarque e desembarque.

A implementação do sistema proporcionará um auxílio determinante na segurança e bem estar da comunidade acadêmica, de modo que a partir de um melhor planejamento quanto ao horário de embarque no ponto mais próximo, a otimização do tempo faz-se um fator importante no desenvolvimento estudantil e os usuários do ônibus não ficarão expostos ao crescente índice de violência na cidade, bem como os males causados pela incidência excessiva em determinados horários, de raios ultravioletas advindos do Sol.

Em razão das evidências da inexistência de informações precisas dos coletivos e a necessidade de ferramentas que contribuam para o planejamento do embarque e melhorem a segurança do público, a realização de estudos e aplicações de técnicas que disponibilizem aos usuários informações em tempo real do transporte tornam-se justificáveis.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é propor, implementar e avaliar uma plataforma digital que permita à comunidade da Universidade Federal de Uberlândia do Campus Monte Carmelo o acesso à localização em tempo real do Sistema Intercampi de transporte por meio da internet.

1.2.2 Objetivos específicos

Deste modo, para alcançar o objetivo geral apresentado nesse projeto, os objetivos específicos são:

- Analisar da qualidade/disponibilidade de conexão 3G disponível ao longo da trajetória do Intercampi no município de Monte Carmelo - MG;
- Implementar a interface para visualização do posicionamento;
- Avaliação da qualidade do posicionamento do dispositivo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Posicionamento por Satélites

Posicionar um objeto é atribuir coordenadas para posição em relação a algum referencial (MONICO, 2008). O Sistema Global de Navegação por Satélite representa a integração dos Sistemas GPS americano, GALILEO da União Europeia, GLONASS desenvolvido pela Rússia, Beidou/Compass de fabricação chinesa e os sistemas de aumento (SBAS e GBAS) que têm como objetivo realizar o posicionamento de qualquer objeto na superfície terrestre utilizando a tecnologia espacial dos satélites.

As coordenadas de um objeto podem ser atribuídas com este em repouso ou em movimento, o que diferencia é que no primeiro caso trata-se de um posicionamento estático e o segundo cinemático. Já quando o assunto é a posição atribuída em relação a algum referencial, o posicionamento pode ser classificado como absoluto sendo as coordenadas associadas ao geocentro utilizando as posições dos satélites (efemérides) e relativo quando são determinadas com relação a um referencial materializado de coordenadas conhecidas (MONICO, 2008).

O cálculo das coordenadas do ponto é possível devido à capacidade do receptor em coletar as observáveis básicas advindas dos satélites (MONICO, 2008):

- A pseudodistância a partir do código: obtida pela medida do tempo de propagação do sinal entre o satélite e o receptor, por um processo de correlação do código, multiplicada pela velocidade da luz no vácuo;
- A fase da onda portadora: obtida de um processo de correlação da fase da onda portadora, da qual resulta uma observação cerca de 1000 vezes mais precisa que a pseudodistância. Porém, devido a esta observação ser ambígua com relação ao número inteiro de ciclos no instante da primeira medida, sua utilização no posicionamento requer o emprego de algoritmos mais sofisticados.

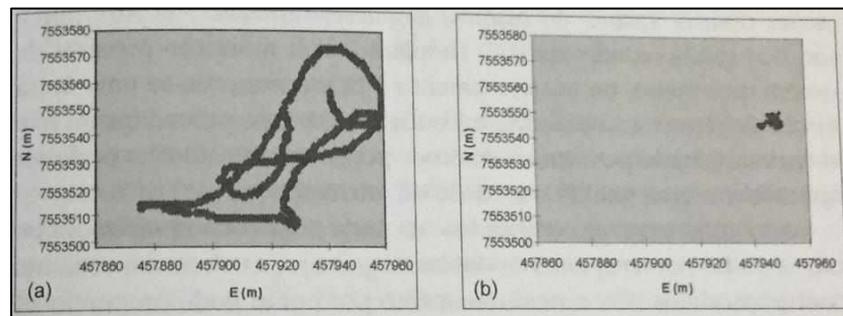
2.1.1 Posicionamento por Ponto Simples (PPS)

Para o Posicionamento por Ponto Simples (PPS), utiliza-se de apenas um receptor sendo o modelo de aquisição de localização mais usual no meio civil com diversas aplicações, por exemplo, no rastreamento de automóveis e em levantamento e baixa precisão (MONICO, 2008). São necessárias observações de no mínimo quatro satélites para compor os cálculos do posicionamento instantâneo de um objeto, visto que os parâmetros a serem determinados são

as coordenadas cartesianas (X, Y, Z) e o erro do relógio do receptor (MONICO, 2008). Logo, para o posicionamento são usadas as medidas da pseudodistância presente na portadora L1 e as efemérides transmitidas para determinação das coordenadas dos satélites, juntamente com modelos de ionosfera e da troposfera (VANI et al., 2013). Portanto, o posicionamento pode ser obtido em tempo real.

Até maio de 2000 a precisão das coordenadas planimétrica era de $\pm 100\text{m}$, porém depois da eliminação do erro de disponibilidade seletiva no ano de 2000 o posicionamento teve sua precisão melhorada em cerca de 10 vezes (MONICO, 2008). Esse fato é demonstrado na Figura 1.

Figura 1- Dispersão do posicionamento por ponto antes e depois do desligamento da AS.



Fonte: MONICO (2008).

2.1.2 Segmento de usuários GNSS

O seguimento dos usuários GNSS relaciona-se diretamente com os receptores os quais se adequam ao propósito da utilização como de uso civil ou militar. Atualmente encontra-se disponível no mercado uma grande quantidade de receptores de uso civil destinados a diversas aplicações, sendo estas limitadas apenas à imaginação do usuário (MONICO, 2008).

Um receptor é composto basicamente dos seguintes componentes:

- Antena: além de detectar as ondas eletromagnéticas advindas dos satélites deve converter estas em corrente elétrica, amplificar o sinal e enviar para a parte eletrônica do receptor e ainda ter boa sensibilidade e receber os sinais das ondas portadoras enviadas pelos satélites (MONICO, 2008). Uma antena muito utilizada é a *microstrip* ideal para equipamentos GNSS de pequeno porte (SEEBER, 2003 apud MONICO, 2008).
- Seção de Rádio Frequência: este componente é responsável pela conversão dos sinais para uma baixa frequência de modo que facilite o tratamento em todas as partes do receptor (MONICO, 2008).

- Canais: são considerados primordiais no receptor, pois cada canal rastreia um satélite visível, sendo que o posicionamento é determinado por no mínimo quatro satélites. Os canais são também capazes de realizar a correção do relógio em tempo real (MONICO, 2008).
- Microprocessador: este é responsável pelo controle das operações a serem realizadas pelo receptor, como: processar o sinal, decodificar as mensagens de navegação e calcular as posições e velocidades em tempo real (MONICO,2008). Registra-se a existência de receptores que integram placas microcontroladoras com *software* e processam dados recebidos por satélites, denominados receptores por *software* (BORRE et al., 2007 apud MONICO, 2008).
- Interface com o usuário: os receptores podem se comunicar com o usuário tanto por meio de uma tela, onde são selecionados os meios de coletas e outras informações importantes para o rastreio, quanto ser controlado remotamente. É notável a evolução tecnológica nesta área (MONICO, 2008).
- Memória: está contida nos receptores para armazenar dados das observações (MONICO, 2008).
- Suprimento de energia: Os receptores necessitam de uma fonte de energia para realizar suas funções.
- Comunicação: os receptores possuem também atualizações na área da comunicação, usam comunicação por portas ou sem fio para permitir o acesso dos usuários por computadores ou telefones (MONICO, 2008).

2.1.3 O formato NMEA

Desde o início da utilização do sistema GNSS, o formato das informações provenientes do satélite foi padronizado e utilizado pelos receptores. Já a maioria dos formatos e protocolos cedidos pelos receptores a outras aplicações, que por sua vez, tem como principal função, o desenvolvimento de dados em tempo real, não está uniformizada, existindo assim, alguns formatos e protocolos universais, que são aceitos por toda a comunidade (GONÇALVES et al., 2012).

Cada marca de receptor desenvolveu seu protocolo de informações próprio, de formato binário, seguindo a norma, de maneira a padronizar a transferência de informação entre *software* proprietário e os receptores. No entanto existem formatos universais de dados que possibilitam a comunicação de receptores, é o caso do NMEA (*National Marine*

Electronics Association) e comumente, alguns programas de GNSS conseguem ler informações de alguns receptores de marcas mais divulgadas (GONÇALVES et al., 2012).

A transferência de dados do GNSS pode ocorrer por ligação por cabo no computador ou protocolo *bluetooth* (sem cabo, distância de até 10 metros) e a transferência de dados posterior a observação, acontece a partir de ligação por cabo ou armazenamento em um dispositivo externo durante o procedimento (GONÇALVES et al., 2012). Registra no mercado a venda de receptores adaptados com sistema de comunicação GSM (*Global System for Mobile*) capacidade de transferências de dados observados via telefonia móvel.

O formato universal NMEA é configurado para recebimento de dados, sendo alguns deles: a posição, velocidade, tempo, efemérides, entrou outros. Possui também especificações para GNSS, que inclui os sistemas GPS, GLONASS, SBAS e outros relativos a sistemas anteriores ao GPS (GONÇALVES et al., 2012). O NMEA disponibiliza diferentes tipos de módulos para dados obtidos com GNSS, constituídos por uma linha de texto, estando descritos abaixo os sete principais:

- GGA (Informação posicional – tempo, posição tridimensional, número de satélites usados e dados de correção.);
- GLL (Posição geográfica – Latitude e Longitude em WGS84);
- GSA (DOP dos satélites GNSS ativos e número de satélites observados);
- GSV (Satélites GNSS observados, por número);
- RMC (Informação GNSS mínima recomendada);
- VTG (Percurso horizontal e velocidade horizontal);
- ZDA (Tempo e data).

2.2 Plataforma de Prototipagem - Microcontroladores

Os microcontroladores são pequenos núcleos processadores que se fazem presentes tanto no ambiente computacional quanto em utensílios simples utilizado no dia-a-dia, tais como portões eletrônicos, alarmes, impressoras, telefones. Um microcontrolador é um Circuito Integrado (CI) que possui capacidade de ser programado e de realizar comandos lógicos com precisão. O fato de poder ser programado faz dos microcontroladores uma ferramenta indispensável para a indústria tecnológica (ASSIS, 2004).

O que pode diferenciar os variados tipos de microcontrolados é a velocidade de processamento, capacidade de armazenamento, quantidade de pinos de entrada e saída, a fonte de alimentação, o projeto dos circuitos e as instruções disponibilizadas (MARTINS, 2005).

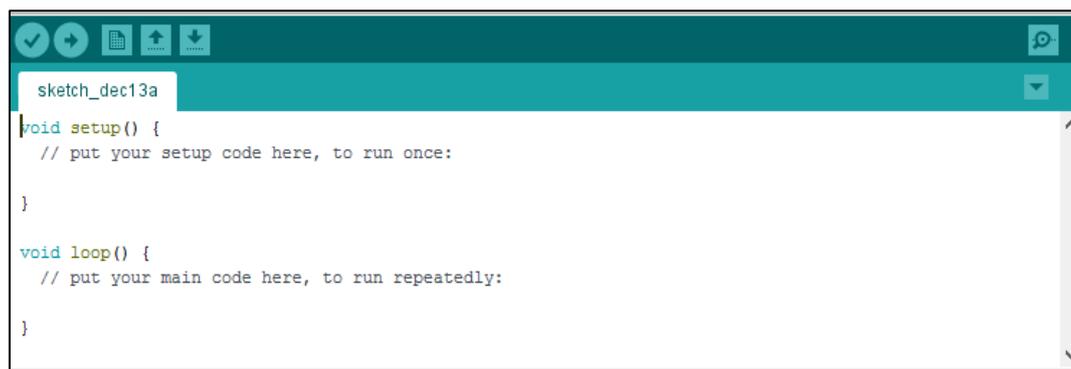
O Arduino é uma placa microcontroladora, de baixo custo e consumo de energia, que apresenta capacidade de responder as instruções definidas pelo usuário por códigos em sua interface. Além de executar tarefas desejadas, possui um microprocessador que pode armazenar dados e se interagir com outros *hardwares*, por exemplo, receptores GNSS. Atualmente o Arduino é a placa mais solicitada no mercado por ter fácil utilização e possuir o conceito de que o *software* e o *hardware* são livres. Esse último atributo é responsável pela grande interação entre os usuários, o que torna livre os exemplos de códigos e modelos de circuitos pela internet (BUKMAN, 2016).

O Arduino UNO é um dos modelos disponíveis das placas microcontroladoras e possui 14 pinos de entrada e saída digital, uma conexão padrão (*Universal Serial Bus – USB*), um conector de energia, um conector que possibilita a programação em circuito (*In Circuit Serial Programming – ICSP*) e um botão de reset, que reinicia o código contido no microcompilador (ARDUINO, 2018). No entanto existem no mercado outras marcas de placas microcontroladoras como: ADK (*Accessory Development Kit*), Raspberry Pi, ESP32, entre outras.

2.2.1 Ambiente de desenvolvimento

Para que a função do microcontrolador Arduino possa ser realizada, comando e código devem ser programados de acordo com a ação desejada. Possuindo o conceito de que o software e o hardware são livres, este disponibiliza aos usuários um ambiente de desenvolvimento integrado denominado de IDE Arduino. Para a programação na interface (Figura 2), a linguagem Arduino que deve ser utilizar é basicamente C/C++, possuindo diversas funções e bibliotecas específicas para codificar a ação desejada. Para o melhor o funcionamento da placa são necessárias duas funções fundamentais: `setup ()` e `loop ()`, sendo uma utilizada para programar tarefas que são executadas uma única vez no sistema e outra para tarefas que são realizadas de forma repetitiva, respectivamente (BUKMAN, 2016). As duas funções elementares podem ser identificadas na figura abaixo (ARDUINO, 2018).

Figura 2 - Interface IDE Arduino.



Fonte: O autor (2018).

2.3 Plataforma Digital

Para criação de uma plataforma digital, popularmente conhecido como site, deve-se obrigatoriamente, instruir em formas de códigos as características e tarefas desejadas pelo usuário. Algumas linguagens foram desenvolvidas para realizar a programação dos comandos a serem executados, estilizar a plataforma e com intuito de padronizar os códigos possibilitando a leitura em qualquer parte do mundo. Estas linguagens podem ser exemplificadas por: HTML, JavaScript, CSS, entre outras.

2.3.1 HTML

Em 1992 foi criado conceito de web por um pesquisador, Sir Tim Berners-Lee, cujo objetivo era descobrir algum método que possibilitasse o compartilhamento eletrônico de textos e pesquisas por cientistas do mundo inteiro. Logo, estavam sendo criadas as noções web¹ e de links² como são conhecidos atualmente (NEVES, 2004).

Na linguagem HTML existem diversos comandos com funções específicas pré-definidos, mais conhecidos como tags, que são responsáveis pela marcação do conteúdo de uma página no navegador. No código Figura 3, são exemplificadas algumas tags. Estas são as mais presentes em um código HTML tendo como sintaxe: <tag> (PEDROSO, 2007). Com o passar dos anos a linguagem foi atualizada para realizar mais tarefas e é atualmente a linguagem mais usada para comunicação na internet.

¹ Nome pelo qual ficou conhecida a Rede Mundial de Computadores.

² É um endereço eletrônico, ou direcionamento, para alguma página da Web.

Figura 3 - Código básico HTML.

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="pt-br">
  <head>
    <title>ICC</title>
  </head>
  <body>
    Conteúdo do site
  </body>
</html>
```

Fonte: O autor (2018)

2.3.2 JavaScript

JavaScript é uma linguagem de programação destinada a construção de páginas Web, podendo ser utilizada juntamente ao HTML, é uma linguagem interpretada e não compilada, que irá atribuindo ações à medida dos acontecimentos. Apesar da linguagem ter Java em seu nome, Java e JavaScript são linguagens distintas e com ideologias com focos diferentes (CESTA, 2009).

Em termos técnicos pode ser classificada como uma linguagem destinada ao desenvolvimento *Front-End*, e como o próprio termo sugere, sua aplicação está relacionada com a parte frontal de uma página. O JavaScript é responsável por realizar ações de interatividades com os usuários em páginas Web, podendo-se afirmar que tal linguagem é responsável pela interface de uma página, garantindo sempre uma comunicação de alto nível, seja por interatividades entre eventos de botões ou por simples formulários interativos de páginas webs (CESTA, 2009).

A linguagem apresenta como principais características a minimização do processamento de dados do lado de servidores, tentando sempre ao máximo buscar a realização da atividade do lado do usuário visando um alto desempenho. Essas características justificam a rapidez no processamento e carregamento de dados na internet (FURTADO, 2015).

2.3.3 CSS

A linguagem CSS (*Cascading Style Sheets*), é utilizada para controlar o estilo da página Web desenvolvida em uma linguagem de marcação, como o HTML podendo adicionar cores, formatos de fontes e layout nos elementos (PEREIRA, 2009).

A maior vantagem de utilizar o CSS é realizar a separação entre o estilo da página e o seu conteúdo. Considerada de sintaxe simples e a linguagem mais utilizada para estilização de página, a estrutura do CSS deve identificar o seletor, ou seja, a qual elemento vai se referir do HTML, e uma declaração, que deve identificar uma propriedade e o seu respectivo valor, separados respectivamente por dois pontos (:) e por ponto e vírgula (;), onde os mesmos devem estar entre colchetes (RUBAI; BONETTI, 2015). Um exemplo da estrutura básica do CSS pode ser vista na Figura 4:

Figura 4 - Estrutura CSS.

```
<style>
body {

    color: red;
    font-size: 16pt;
    background-color: gray;
}
</style>
```

Fonte: O autor (2018).

2.3.4 SQL

A linguagem de consulta Estruturada, denominada SQL (*Structured Query Language*), é dedicada a execução de comandos de bancos de dados relacionais, ou seja, é uma linguagem que permite ao seu usuário a criação de tabelas, onde as colunas dessas tabelas representam os atributos e cada linha da tabela representa os valores dos atributos (MORO, 2016). A tabela 1 demonstra sucintamente a esquematização em uma linguagem SQL, estando declarada com o nome “Intercampi” possui 3 atributos (colunas) e a cada coluna associada possui atributos (linhas).

Tabela 1 - Modelo de tabela SQL.

DESCRIÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE
SESI	-18,7361	-47,4830
JK	-18,7302	-47,4956
BOA VISTA	-18,7246	-47,5078
ARARAS	-18,7241	-47,5238

Fonte: O autor (2018).

- DQL (*Data Query Language*): este possibilita a seleção de dados contidos nas tabelas utilizando o comando SELECT e WHERE para trazer valores específicos (ELMASRI; NAVATHE, 2011).
- DML (*Data Manipulation Language*): possibilita manipular um banco de dados por meio de comandos que permitem a atualização, inserção e também a opção de deletar dados (UPDATE, INSERT e DELETE) (ELMASRI; NAVATHE, 2011).
- DDL (*Data Definition Language*): Linguagem de definição de dados, responsável por criar, alterar e apagar tabelas, por meio dos comandos respectivos: CREATE, ALTER e DROP (ELMASRI; NAVATHE, 2011).

Existem outros dois subconjuntos que não serão entrados em mais detalhes o: DCL, linguagem de controle de dados que define as permissões de acesso ao banco de dados e a DTL, linguagem de transação de dados que é utilizada para administrar as transações ocorrentes em uma base de dados através dos comandos: BEGIN utilizado para iniciar uma transação, COMMIT para confirmar uma ação realizada na base de dados e ROLLBACK utilizado para desfazer uma ação feita anteriormente (ELMASRI; NAVATHE, 2011).

2.3.5 PHP

PHP (*Hypertext PreProcessor*) é uma abreviatura recursiva da sua própria sigla, originalmente denominada do inglês *Personal Home Page* e é uma das linguagens mais utilizadas para desenvolvimento de páginas webs, devido a geração de conteúdo dinâmico. Criada pelo dinamarquês Rasmus Lerdorf em 1994 não foi inicialmente uma linguagem em si, era uma ferramenta de uma página pessoal que utilizava comandos da linguagem PERL. No ano de 1995 esta ferramenta teve alguns aprimoramentos que fez com que a linguagem ficasse bastante conhecida, mas foi no ano de 1996 quando seu criador disponibilizou seu código fonte que o PHP se tornou uma linguagem de scripts, no modelo atual como é apresentada (SIMBINE, 2016).

De um modo técnico a linguagem pode ser destinada ao desenvolvimento *Back-End* (execução na parte do servidor), contudo o PHP também se destina a realizar o processamento do sistema em termos de segurança dos dados, desempenho ou validações específicas. (SIMBINE, 2016).

Como qualquer linguagem de programação está apta a se destacar em alguns quesitos e ficar defasada em outros. Uma vantagem competitiva desta linguagem é o conceito de modularidade que prega, dividindo o sistema em partes distintas, tornando mais fácil a

manutenção e menor complexidade de interpretação de códigos com alto desempenho. Outra vantagem é a gratuidade além de ser compatível com diversos bancos de dados, podendo ser executada em diversas plataformas Windows e Linux. É muito parecida em questão de sintaxe com as linguagens C e C++, com a opção de ser acoplada a códigos HTML. Uma de suas desvantagens é a falta de aplicativos de servidores que dão suporte a linguagem (SIMBINE, 2016).

Abaixo na Figura 5 é exemplificado parte de um código PHP onde o objetivo é a seleção de um conteúdo contido em um banco de dados.

Figura 5 - Estrutura PHP.

```
<?php
$conexao = mysqli_connect("localhost","root","","meusite",3306);
if($conexao){
    $rsPontos = mysqli_query($conexao, "SELECT latitude FROM pontos WHERE codigo = (select max(codigo) from pontos)");
    $arrayPontos = array();
    while($ponto = mysqli_fetch_assoc($rsPontos)){
        array_push($arrayPontos, $ponto);
    }
    echo json_encode($arrayPontos);
} else{
    echo "Ops, deu errado!";
}
?>
```

Fonte: O autor (2018).

2.3.6 Google API

A Interface de Programação de Aplicações (API - *Application Programming Interface*) é uma aplicação responsável pela integração de sistemas, ou seja, utilizada para fazer uma conexão entre um sistema e outro, independentemente de qual arquitetura ou linguagem cada sistema utiliza. Portanto, a ferramenta Google API, criada pela empresa Google, faz a integração de serviços ofertados pela Google para utilização em outros sistemas. Entre as API's do Google algumas ficam em destaque, como: API do Google Maps e API do Google Earth (ERLE; GIBSON, 2009).

Para a utilização desta ferramenta oferecida pelo Google, existem bibliotecas que podem ser adicionadas a códigos que permitem aos seus usuários desfrutarem de tal, uma das linguagens adeptas à utilização desta API do Google é a JavaScript. Uma das funcionalidades do Google API é a possibilidade de inserção de mapas em página web. Porém, para a

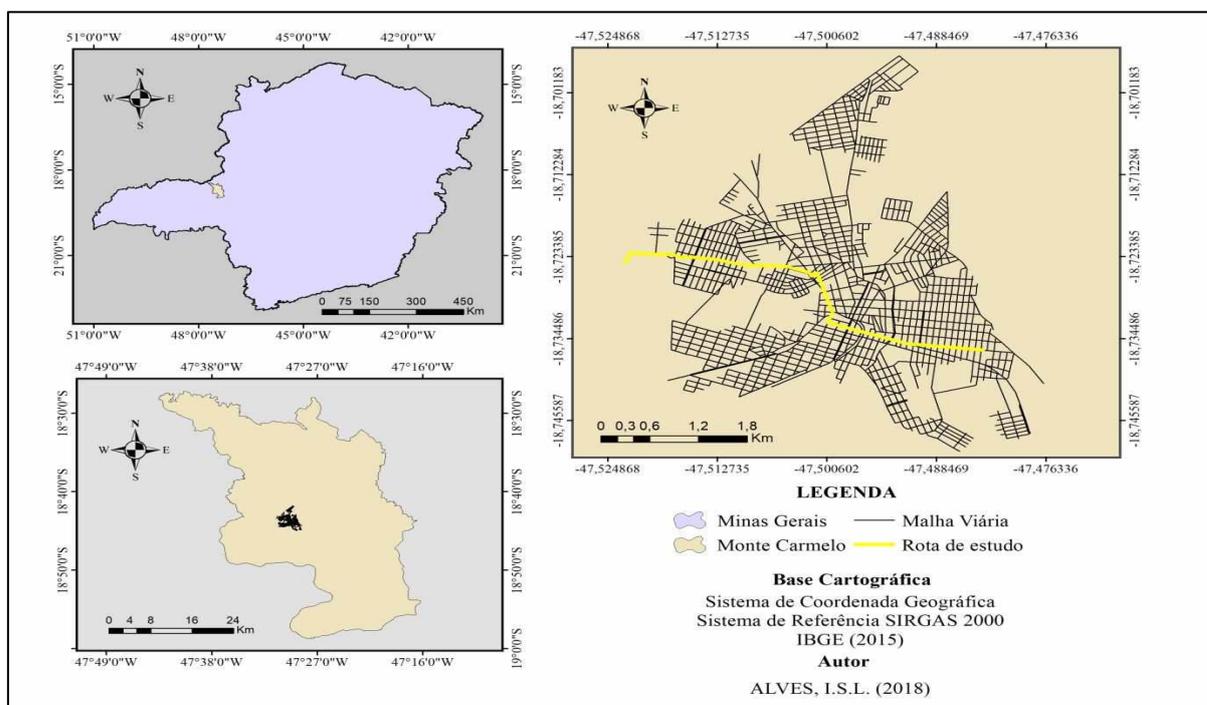
utilização desta ferramenta se faz necessário a solicitação de uma chave única de acesso. Além de inserir mapas, o Google oferece opções de edição e customização destes, que incluem adição de marcadores, desde que descritas sua latitude e longitude; linha, zoom, entre outras funções intuito de personalizar os mapas de acordo com o pedido do usuário (ERLE; GIBSON, 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

Sendo o objetivo deste trabalho a localização do Sistema Intercampi em tempo real, logo a área de estudo deve envolver a rota realizada pelo coletivo e estas estão traçadas dentro do limite urbano do município de Monte Carmelo – MG. O trajeto do ônibus, que possui extensão de aproximadamente 6 quilômetros, tem sempre como origem ou destino as 4 unidades que compõem o Campus Monte Carmelo: Araras, Centro, Boa Vista e Vila Nova. Por este motivo a área representada, Figura 6, foi gerada pela localização dos Campus mais extremos dentro da região urbana: Sesi e Araras. O município envolvente das rotas estudadas é Monte Carmelo sendo uma cidade da região do Triângulo Mineiro em Minas Gerais.

Figura 6 - Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: O autor (2018).

3.2 Material

Para execução do trabalho foram necessários os seguintes equipamentos:

- Placa Arduino UNO (Figura 7);
- Placa SIM808 com Módulo GSM/GPRS e receptor GPS (Figura 8 e 9);
- Antena GPS (Figura 11);
- Antena para sinal GSM (Figura 10);
- Cartão SIM (Figura 12);
- Fonte de energia para instalação do dispositivo no veículo.

Figura 7 - Arduino UNO.



Fonte: O autor (2018).

Figura 8 - Placa de comunicação GSM com GPS.



Fonte: O autor (2018).

Figura 9 - Verso da placa de comunicação GSM.



Fonte: O autor (2018).

Figura 10 - Antena para sinal GSM.



Fonte: O autor (2018).

Figura 11 - Antena GPS.



Fonte: O autor (2018).

Figura 12 - Cartão SIM.



Fonte: O autor (2018).

E para criação dos códigos e banco de dados foram utilizados:

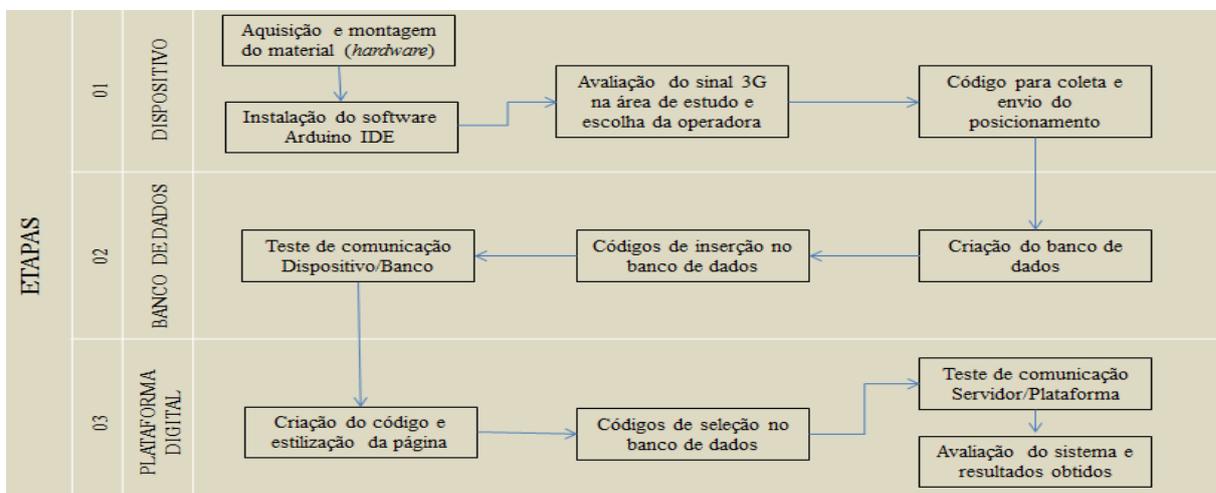
- Computador LG - Modelo S43 e Configuração S460;
- Software Arduino 1.8.5;
- Editor de texto Notepad ++;
- MySQL.

Visto que um dos objetivos do presente trabalho é a localização do coletivo universitário em tempo real por uma metodologia de baixo custo, logo o material a ser utilizado foi adquirido via internet após análise criteriosa de custo benefício. Vale ressaltar que, os equipamentos foram comprados pelos orientadores para que estes sejam utilizados de forma exclusiva no projeto.

3.3 Método

Para estruturação da lógica utilizada na metodologia, foi elaborado um esquema aplicado no desenvolvimento do projeto, o qual é apresentado na Figura 13. Todas as etapas foram seguidas visando a implementação do Sistema de Localização em tempo real do Intercampi.

Figura 13 - Sistemática utilizada para execução de etapas metodológicas.



Fonte: O autor (2018).

Para melhor entendimento dos processos metodológicos presentes neste trabalho a sistemática utilizada foi dividida em três blocos: dispositivo, banco de dados e plataforma digital.

1 – Dispositivo: nesta etapa o material necessário foi adquirido e as etapas seguintes foram planejadas. Foi realizada toda a compreensão do *hardware* (parte física) do equipamento, incluindo sua montagem, e do IDE Arduino. A operadora contratada para disponibilizar os dados móveis foi escolhida após análise da qualidade do sinal de internet móvel dentro da área de estudo e, em seguida, realizada a adaptação do código responsável pela coleta dos dados do posicionamento, disponibilizado pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo e Projeto Smart Campus).

2 – Banco de dados: o *software* e toda etapa de criação e armazenamento de códigos para alcance do objetivo final estão contidos inicialmente em um sistema de hospedagem gratuita, o ‘000webhost’. Este, além de armazenar os códigos, recebe as informações coletadas no trajeto do ônibus para posterior inclusão no banco de dados. Para esta tarefa exigiu-se a criação de um código para inserção no banco e posteriormente realizado o teste da comunicação entre a estrutura receptora e o banco. Vale ressaltar que toda a codificação foi programada utilizando as linguagens fundamentadas no item 2.3 deste trabalho.

3 – Plataforma Digital: o objetivo desta etapa se deu pela criação de um meio digital que disponibilizasse à comunidade acadêmica, por meio da internet, a localização do Sistema Intercampi em tempo real. Contém nesta, um código que busca do banco de armazenamento a última posição (latitude e longitude) recebida. No *layout* principal a plataforma apresenta um mapa com as vias por meio da utilização do Google API, também fundamentado no item 2.3. E por fim foi realizado o teste de comunicação entre os dados armazenados no servidor com a página *web*.

3.3.1 Determinação da posição do Intercampi

Para a determinação do posicionamento, o sistema conta com a placa SIM808 que, dentro das condições fundamentadas no item 2.2.3, determina as coordenadas geodésicas do coletivo em tempo real.

O método de posicionamento empregado neste dispositivo é o por Ponto Simples, resultando em informações de latitude, longitude e altitude com precisão métrica.

A aquisição da localização só é possível, pois as placas Arduino UNO e SIM808 estão devidamente programadas e ligadas entre si, sendo capazes de realizar as funções de um receptor GNSS, processando os dados e enviando as informações recebidas. Seu funcionamento também depende de alguma fonte de energia. As coordenadas do dispositivo são calculadas na placa SIM808 e disponibilizadas via NMEA. A placa Arduino UNO gerencia a obtenção e o envio das coordenadas e pela comunicação GSM (3G).

O código que comanda as funções da aquisição das coordenadas foi programado no IDE Arduino por meio da adaptação de um código disponibilizado pela Unicamp e copiado para a placa Arduino UNO. Este código está em linguagem C/C++ com funções específicas de repetição para que o sistema recolha constantemente os dados do posicionamento durante todo o trajeto do Intercampi. Neste também é especificado o formato de graus decimais para as coordenadas.

3.3.2 Comunicação GSM

A função da placa GSM contida na placa SIM808 é enviar as informações recebidas para outros sistemas. Como se deseja localizar o ônibus em tempo real, logo se faz necessário o recebimento das coordenadas e seu envio de forma instantânea. Por ser um comunicador GSM, é possível o acréscimo de um Cartão SIM³ com possibilidade de conexão 3G⁴. Então, neste sistema, os dados adquiridos nas rotas são enviados ao banco por meio de transmissão de dados utilizando 3G.

3.3.3 Avaliação da qualidade da conexão 3G

Para que seja possível o envio das coordenadas via 3G foi necessária a contratação de uma operadora que disponibilizará os dados móveis. A empresa escolhida deve garantir um bom sinal de conexão durante todo o trajeto percorrido pelo coletivo. Logo foi avaliada a qualidade do sinal das três operadoras mais usadas na cidade (Vivo, Tim e Oi) utilizando aparelhos celulares portando chips, dados móveis de cada empresa e aplicativos que mensuram a velocidade de transmissão de dados no ponto.

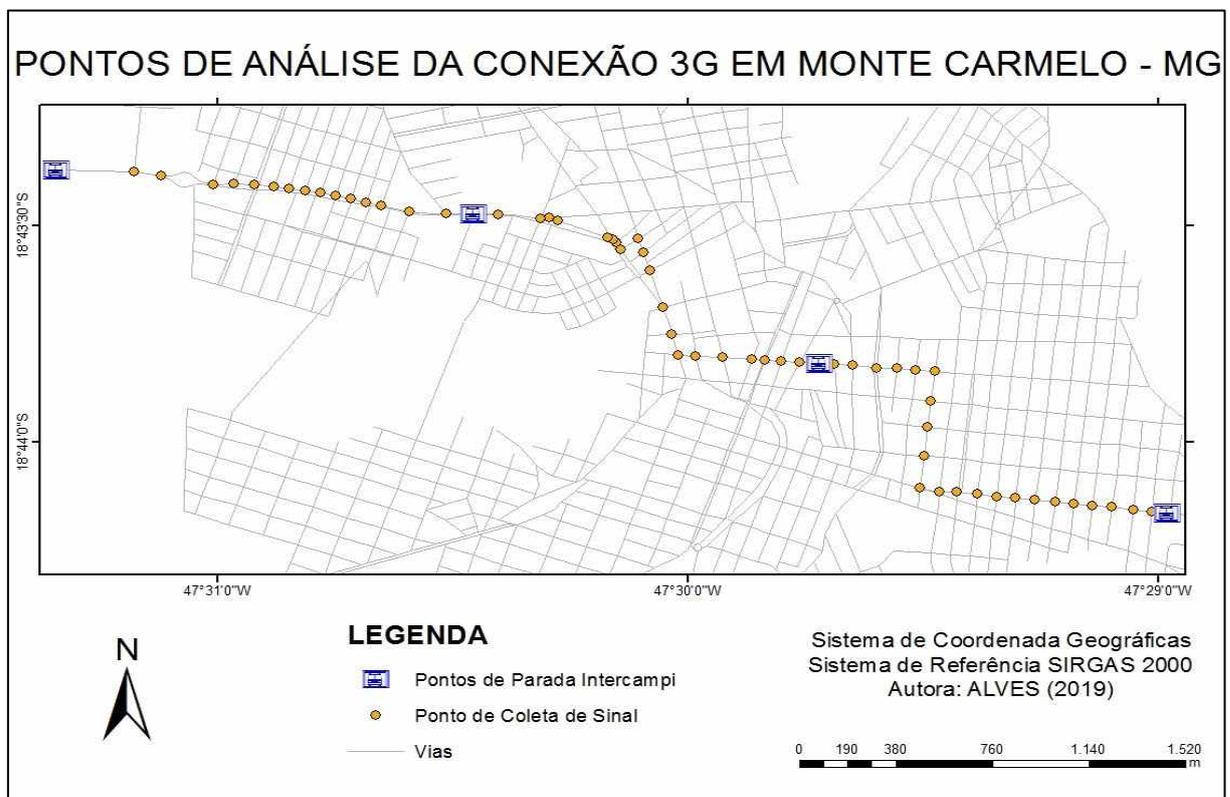
³ Cartão incluído em telefones celulares família GSM de redes e porta chip de armazenagem de informações do usuário.

⁴ Tecnologia de dados móveis vinculada à maiores velocidade de transmissão.

Para obtenção da veracidade dos resultados e a garantia da escolha da melhor operadora, o procedimento foi repetido, visto que não há conhecimento sobre a precisão dos dados adquiridos pelo aplicativo. Porém, a finalidade desta análise é apenas a verificação da disponibilidade do sinal ao longo do trajeto, pois a velocidade da conexão está relacionada com o tamanho do pacote de dados contratado. Então, justifica-se o uso de aplicativo que mede a velocidade de conexão, como o “Fast Speed Test”, devido à condição de recebimento de dados sobre velocidade estar condicionada à disponibilidade de sinal da operadora.

Para o planejamento desta análise definiu-se pontos de coleta das informações ao longo da rota principal do Sistema Intercampi, representados na Figura 14.

Figura 14 - Mapa dos pontos de análise de sinal.



Fonte: O autor (2019).

3.3.4 Banco de dados

Após coletada, a posição do sistema Intercampi é enviada para o servidor via conexão 3G. As informações de campo recolhidas compõem um banco de dados, completando as colunas de latitude, longitude, altitude e velocidade do veículo. Estes atributos são fundamentais para o alcance do objetivo e, se consistentes, a coleta de dados abre a possibilidade para o cálculo estimado do tempo de chegada do ônibus aos pontos. O banco de

dados é povoado e acessado por um código na linguagem PHP com a função “INSERT INTO” e “SELECT”, respectivamente.

3.3.5 Elaboração da Plataforma Digital

A plataforma digital é a forma de acesso aos resultados deste trabalho pelo público beneficiado. Esta seleciona, por meio de um código PHP, os últimos dados inseridos no banco de armazenagem, pois a última linha povoada retorna a posição atual do coletivo. A plataforma pode ser acessada por *link* disponibilizado na sessão dos resultados e apresenta na página principal a utilização do Google API com mapa centralizado na posição do coletivo e estilizado por código CSS. Depois de selecionado o último evento do banco, a plataforma é programada para plotar a posição do Intercampi no mapa. Logo, por condições dadas na estrutura de repetição, este procedimento é realizado constantemente.

3.3.6 Rotinas computacionais

Para a coleta da posição do Intercampi, para o armazenamento desta no banco de dados e para plotagem da posição na plataforma, foi necessária a elaboração de quatro rotinas computacionais que executassem os comandos desejados. A primeira rotina executada é a da placa Arduino, nomeado como “Arduino_GPS_GSM”, responsável pela função de comunicar com a placa SIM808 e coletar em campo as coordenadas, bem como enviá-las via comunicação 3G. As funções para o funcionamento da placa Arduino foram realizadas por meio da adaptação de um código produzido pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo do Projeto Smart Campus.

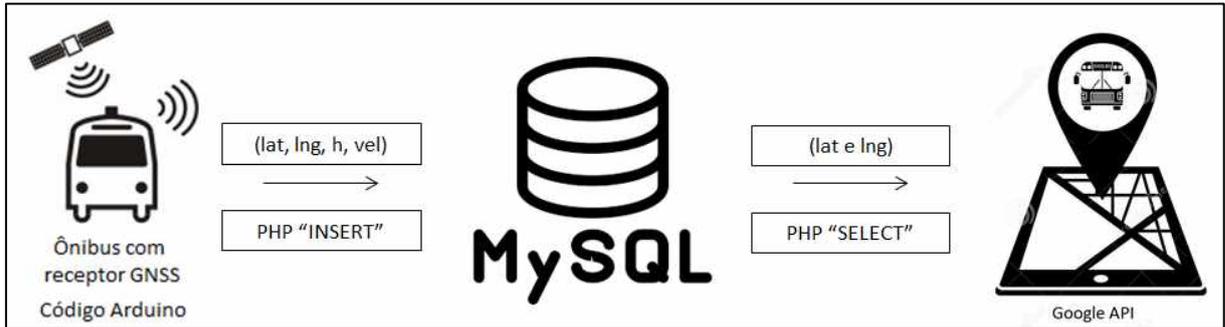
A segunda rotina, “PHPAdicionar”, foi desenvolvida na linguagem PHP e possui a função de inserir as informações da localização enviadas por 3G em um banco de dados. A figura 15 apresenta os atributos que o sistema de rastreamento é capaz de coletar e armazenar.

Figura 15 - Atributos armazenados

				cod	lat	lng	alt	vel
Edita	Copiar	Apagar		1190	-18.723459	-47.515381	902.599976	33.759998
Edita	Copiar	Apagar		1191	-18.723436	-47.516388	903.799988	37.000000
Edita	Copiar	Apagar		1192	-18.723436	-47.516388	903.799988	37.000000
Edita	Copiar	Apagar		1193	-18.723400	-47.517059	904.400024	34.630001
Edita	Copiar	Apagar		1194	-18.723400	-47.517059	904.400024	34.630001
Edita	Copiar	Apagar		1195	-18.723066	-47.517612	905.700012	26.980000

Fonte: O autor (2019).

Figura 17 - Esquema de funcionamento do sistema de localização

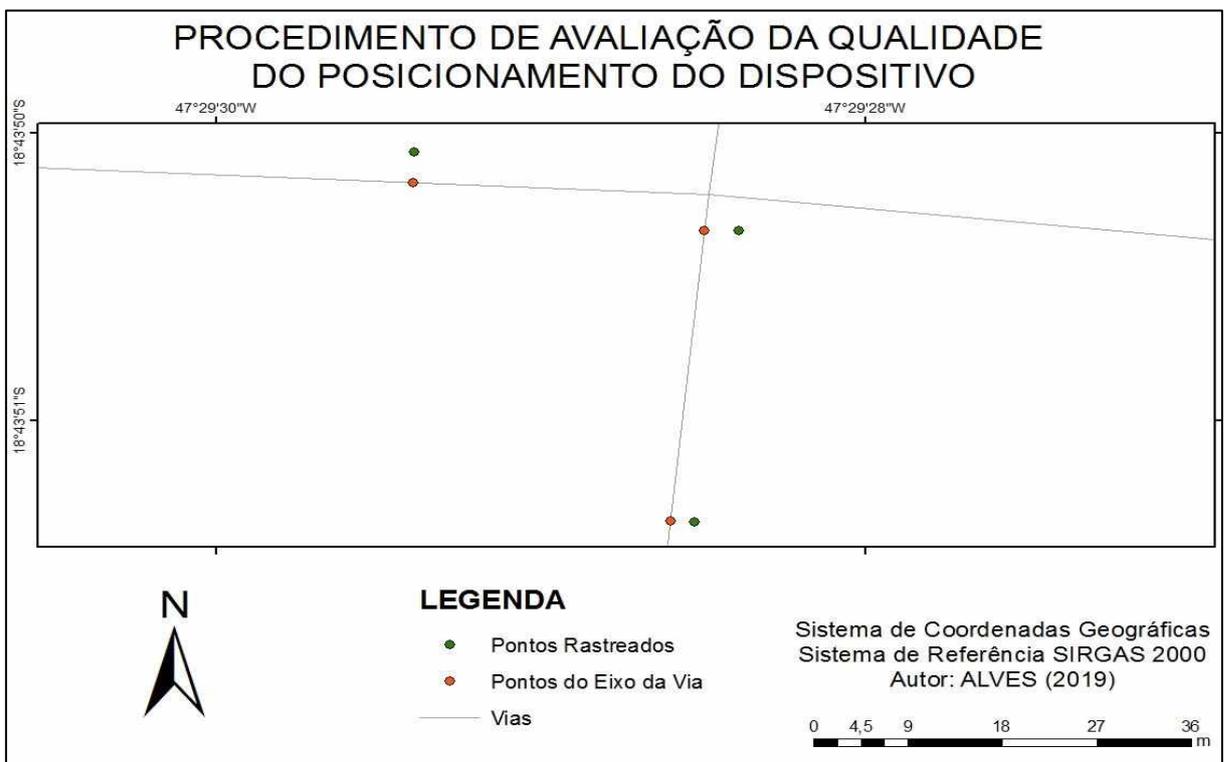


Fonte: O autor (2019).

3.3.7 Avaliação da qualidade do posicionamento

Para avaliar a qualidade do posicionamento utilizou-se dos pontos coletados no teste, sendo estas consideradas como informações observadas e as posições da malha viária do município de Monte Carmelo – MG, de própria autoria executada com auxílio de sensores (receptor GNSS) do Sistema de Mapeamento Móvel realizado na Universidade Federal de Uberlândia Campus Monte Carmelo, como dados de referências. Após foram calculados os desvios padrões padrão e média do posicionamento.

Figura 18 - Método de avaliação do posicionamento.



Fonte: O autor (2019).

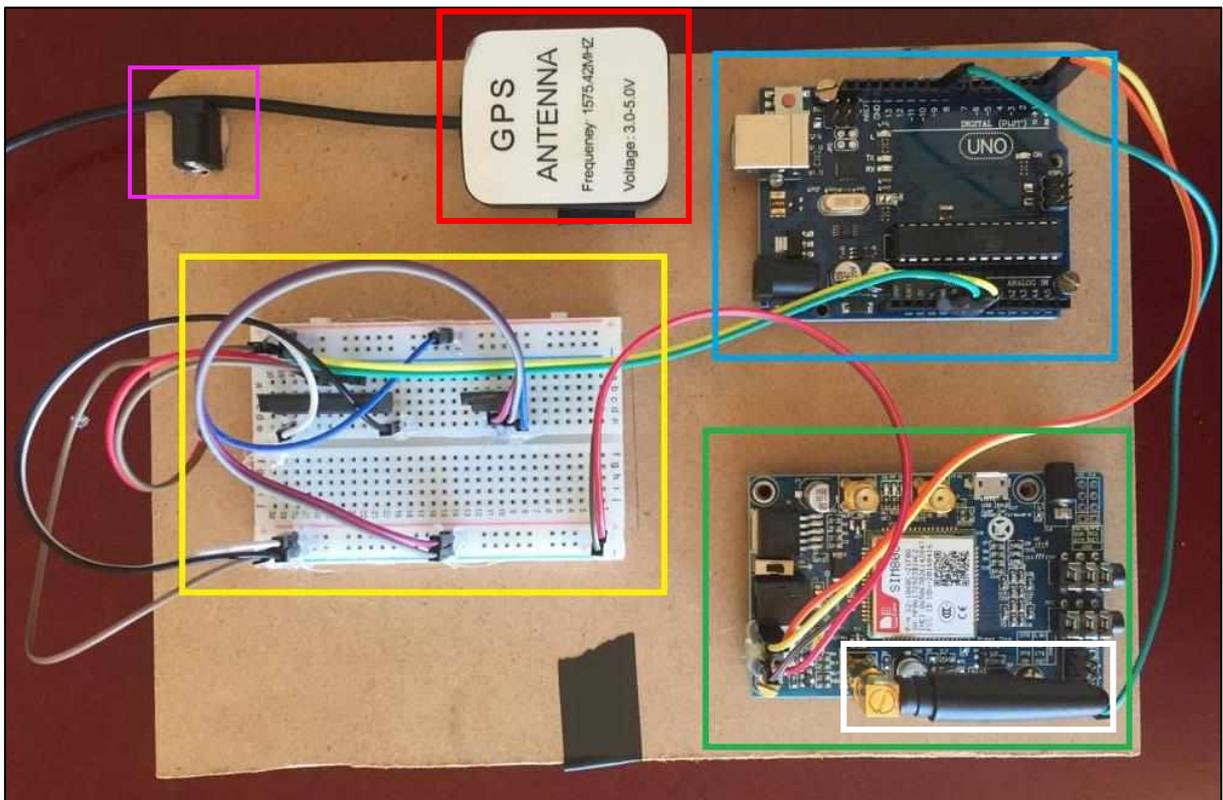
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o cumprimento dos objetivos foram realizados os procedimentos metodológicos apresentadas no item 3, e os resultados das etapas expostos a seguir.

4.1 Montagem do Equipamento

A primeira etapa realizada se deu pela aquisição e montagem do equipamento, sendo que este foi adaptado em uma placa de madeira para melhor acomodação no veículo, conforme exposto na figura 19. Circulado em azul está a placa Arduino Uno, em verde a placa SIM808, em amarelo um dispositivo para padronizar a polaridade da corrente elétrica responsável pela alimentação do sistema, em vermelho a antena GPS, em branco a antena GSM e em rosa é destacada a forma de alimentação de energia advinda do veículo por meio do acendedor de cigarro.

Figura 19 – Montagem do dispositivo.



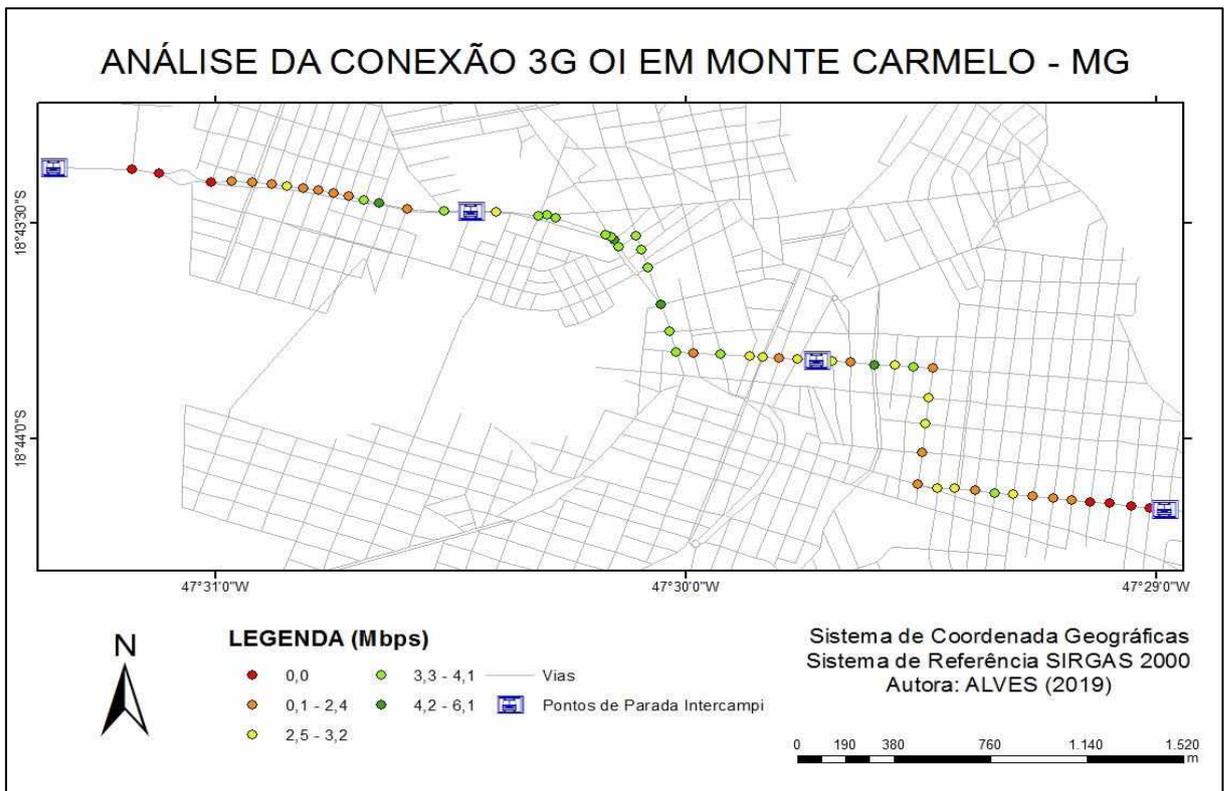
Fonte: O autor (2019).

4.2 Resultado da avaliação do sinal 3G

Prevista como uma etapa importante na metodologia, a avaliação da qualidade do sinal 3G no município de Monte Carmelo foi realizada comparando os resultados das velocidades de conexão de três operadoras ao longo da rota do sistema Intercampi.

A figura 20 apresenta o resultado obtido durante o teste com a operadora “Oi” sendo que esta apresentou baixa velocidade de conexão próximo aos campi (pontos de parada), logo foi descartada a possibilidade de escolhê-la como a operadora responsável por disponibilizar os dados móveis para funcionamento do sistema.

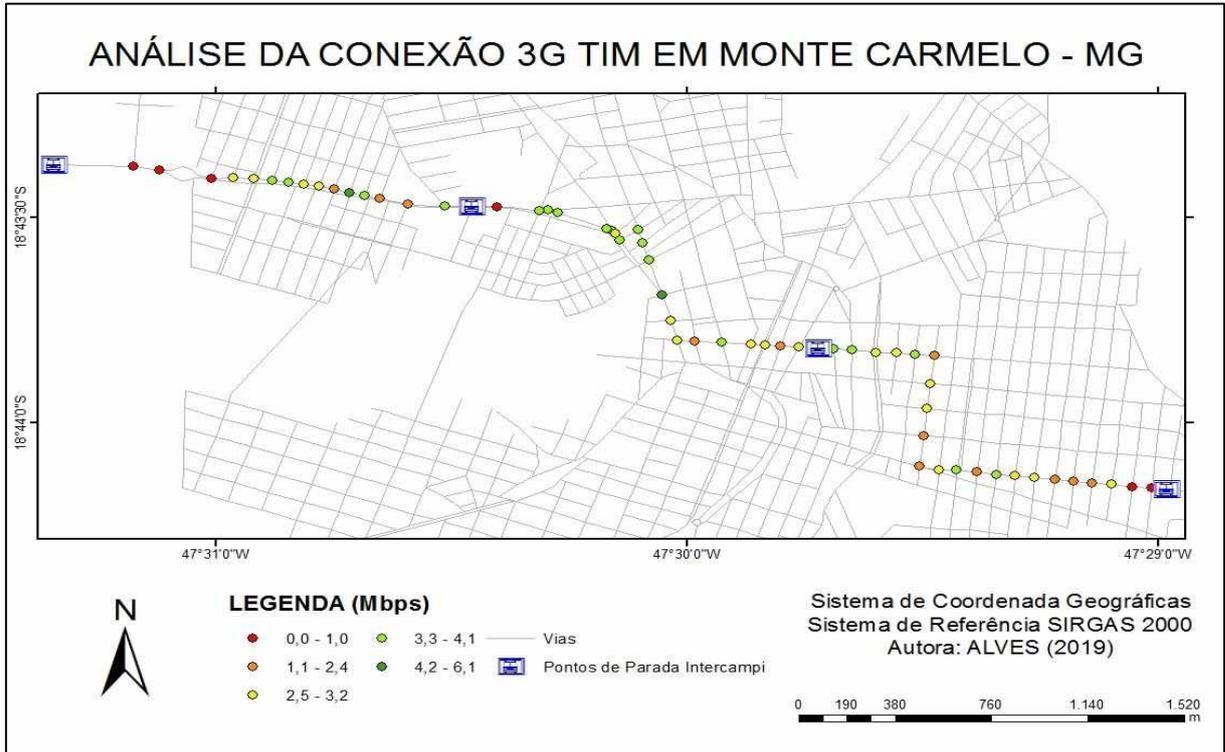
Figura 20 - Mapa de análise de conexão Oi.



Fonte: O autor (2019).

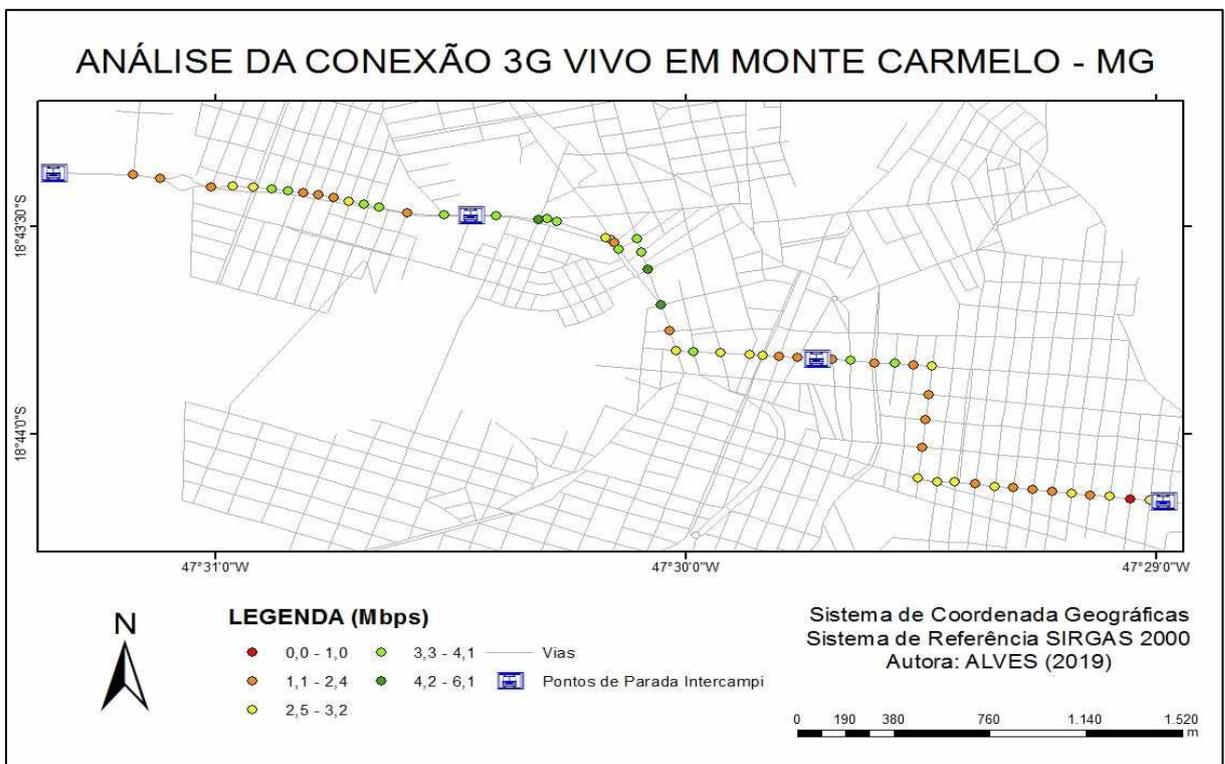
O resultado da avaliação da operadora “TIM”, mostrado na figura 21, apresenta uma melhora na disponibilidade do sinal em alguns pontos, porém ainda foi considerada de baixa qualidade nas proximidades do campus SESI e Araras. A figura 22 mostra os dados obtidos na avaliação da operadora “VIVO”, sendo que esta, no momento da coleta, demonstrou maior potencial na disponibilização de sinal para conexão 3G ao longo da rota e próximo aos pontos de parada sendo a escolhida para compor o sistema de rastreamento.

Figura 21 - Mapa de análise de conexão TIM.



Fonte: O autor (2019).

Figura 22 - Mapa de análise de conexão VIVO.

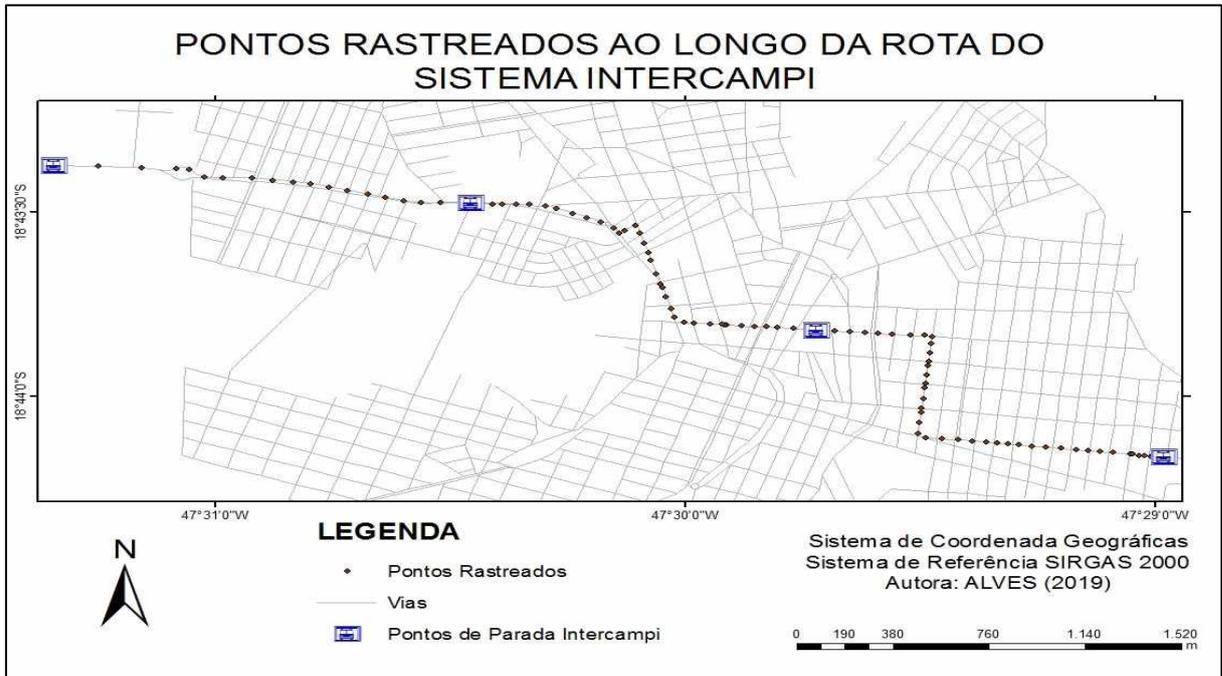


Fonte: O autor (2019).

4.3 Testes de funcionamento

Depois de concluídos todos os processos metodológicos, foi realizado o teste de funcionamento geral que comprovou a eficácia do sistema de localização Intercampi. Durante o teste foram coletadas 103 amostradas, demonstrados na figura 23, da posição do ônibus ao longo da rota de estudo, porém nem todas são apresentadas ao usuário visto que a página possui uma função de atualização constante em um intervalo 10 segundos.

Figura 23 - Pontos rastreados ao longo da rota de estudo.



Fonte: O autor (2019).

Porém o posicionamento apresentou limitações em alguns pontos da rota devido ao deslocamento do limite do arruamento, visível na figura 24.

Figura 24 - Amostra de deslocamento de ponto rastreado.



Fonte: O autor (2019).

4.4 Análise da qualidade do posicionamento

Os dados abaixo, Tabela 2, representam as estatísticas encontradas após os cálculos efetuados para avaliar a qualidade do posicionamento realizado pelo dispositivo. Para o cálculo foram usadas as informações contidas na Tabela 3 localizada no apêndice.

Tabela 2 - Estatísticas da análise do posicionamento.

	E (m)	N (m)
Média	-22.086	9.725
Desvio	26.058	17.911
Máximo	46.418	57.342
Mínimo	-79.378	-48.840

Fonte: O autor (2019).

A avaliação mostrou que na maioria dos casos o posicionamento com o dispositivo está deslocado do eixo principal da via em 17,911 metros de Norte a Sul e 26,058 metros de Leste a Oeste. Esta mensuração do deslocamento médio é uma estimativa visto que existem possíveis erros omitidos durante a vetorização da malha viária, e os dados do posicionamento também são dependentes do local da instalação da antena no veículo, que se do lado direito, próximo a calçada, possui maior tendência de descolamento do eixo. Além disso, a presença de vegetação e edificação ao longo da rota podem ocasionar erros no posicionamento. Para melhorias na precisão da avaliação do posicionamento pode-se sugerir a comparação entre os dados obtidos no rastreamento com o equipamento de baixo custo e dados obtidos com um receptor L1/L2, além da possibilidade de observar os valores de DOP's ao longo da rota, sendo que estes possibilitarão a identificação dos melhores e piores pontos para posicionamento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se afirmar que o presente trabalho alcançou com sucesso os objetivos gerais e específicos com a autenticação da utilidade do sistema de localização proposto para a comunidade acadêmica da Universidade Federal de Uberlândia do Campus Monte Carmelo. Além de útil, o projeto foi executado com o menor custo possível, o que o torna um sistema de rastreamento eficiente e possível de ser implementado.

Após a efetiva implementação, o sistema tende a mostrar-se indispensável para o planejamento de embarque dos usuários, uma vez que diminuirá o tempo de espera e consequentemente auxiliará na segurança do público, inibindo a exposição dos alunos em

locais inseguros ou condições climáticas adversas. Com o cálculo estimado da qualidade do rastreamento foi comprovada a imprecisão do posicionamento realizado pelo dispositivo, no entanto este fato não torna o sistema inviável, visto que a visualização da rota feita pelo coletivo é coerente em função da escala.

Para futuros trabalhos sugere-se a criação de um aplicativo para telefones móveis com intuito de melhorar a visualização do usuário, visto que a plataforma criada no presente trabalho foi programada na linguagem HTML destinada a sites e a realização de teste com os usuários com o objetivo de validar a qualidade da visualização cartográfica na plataforma criada. Além disso, mensurar o tempo de atraso existente entre a coleta da posição no dispositivo e sua disponibilização na plataforma digital seria de grande valia.

REFERÊNCIAS

ASSIS, P. D. K. B. **MICROCONTROLADOR**. Ciência da Computação - Universidade Presidente Antônio Carlos, Barbacena-MG, 2014. 92p.

BASTOS, R.; JAQUES, P. **ANTARES: Um sistema Web de consulta de rotas de ônibus como serviço público**. Revista Brasileira de Computação Aplicada, Passo Fundo, v. v.2, n. n. 1, p. 41-56, mar. 2010.

BORGES, A. **A História do Transporte no Brasil: Dados técnicos do CTA estatísticas**. Secretaria de Trânsito e Transportes, Uberlândia, p. 1-22, jan. 2014. Disponível em: <http://www.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms_b_arquivos/9723.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2018.

BORRE, K. **A software – defined GPS and Galileo Receiver – A single-frequency approach**. Birkhuser. Boston, Basel, Berlin. 176p. 2007.

BUKMAN, G. **Desenvolvimento De Um Protótipo De Baixo Custo Para Segurança Residencial**. TCC (Engenharia de Controle e Automação)- Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016. 47p.

CESTA, A.A. **Tutorial: A Linguagem De Programação Java E Orientação A Objetos**. 2 ed. 2009. Disponível em: <<http://www.ic.unicamp.br/~cmrubira/JAVATUT14PDF.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2018.

COSTA, E. A. V. G. **Estudo dos Constrangimentos Físicos e Mentais Sofridos pelos Motoristas de Ônibus Urbano da Cidade do Rio de Janeiro**. PUC-Rio, Rio de Janeiro, p. 1-13, mar. 2006. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/9036/9036_1.PDF>. Acesso em: 13 dez. 2018.

ELMASRI, R; NAVATHE, S. B. **Sistemas de Banco de Dados**. 6a ed. São Paulo: Pearson, 2011.

ERLE, S.; GIBSON, R., **Hacks do Google Maps**. Sebastopol, United States: O'Reilly Media, Inc, EUA, 2006. p. 370.

FLORES, M. **Brasileiros estão passando mais tempo no trânsito**. Confederação Nacional da Indústria (CNI). 2015. Disponível em: <<https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/qualidade-de-vida/brasileiros-estao-passando-mais-tempo-no-transito-aponta-pesquisa-da-cni/>>. Acesso em: 05 dez. 2018.

FURTADO, D.A. **Programação para Internet: Introdução ao Javascript e MOD**. 2015. Disponível em: <<http://www.daniel.prof.ufu.br/teaching/PPI-SI/PPI-Modulo4-JavaScript.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

Getting Started with Arduino and Genuino UNO. 2017. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoUno>>. Acesso em: 01 dez. 2018.

- GIRAO, R. S.; PEREIRA, W. A.; FERNANDES, P. J. F. **Elaboração De Índice De Acessibilidade A Partir Da Análise Geoespacial Em Rede**. Fortaleza , v. 16, 2017.
- GONÇALVES, J.A; MADEIRA, S.; SOUSA, J.J. **TOPOGRAFIA: Conceitos e Aplicações**. 3. ed. Lisboa: Lidel, 2012.
- MARTINS, N. A. **Sistemas Microcontrolados: Uma Abordagem com o Microcontrolador PIC16F84**. São Paulo: Novatec, 2005. Disponível em: <<http://www.livrariacultura.com.br/imagem/capitulo/3173664.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2018.
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2008.
- MORO, M.M. **Introdução a Banco de Dados Introdução a Banco de Dados SQL gerenciar tabelas e dados**. Departamento de Ciência da Computação. Universidade Federal de Minas Gerais. 2016. Disponível em: <<https://homepages.dcc.ufmg.br/~mirella/DCC011/aula15.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2018.
- NEVES, P. **O guia prático da HTML**. 2004. Disponível em: <http://www.centroatl.pt/titulos/tecnologias/imagens/excerto-e-book-ca-oguiapraticodehtml.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2018.
- PEDROSO, R.P; GOMES, P.A.; RIBEIRO, R.O. **Apostila de HTML**. Niteroi - RJ: Petele, 2004. 101 p. Disponível em: <<http://www.centroatl.pt/titulos/tecnologias/imagens/excerto-e-book-ca-oguiapraticodehtml.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2018.
- PEREIRA, A. **A origem do CSS, um pouco da história**. 2009. Disponível em:<<https://www.devmedia.com.br/a-origem-do-css-um-pouco-da-historia/15195>>. Acesso em: 08 dez. 2018.
- RUBAI, E.L; BONETTI, T.P. **Desenvolvimento Web Dentro Dos Paradigmas Do Html5 E Css**. Universidade Paranaense (Unipar). 2015. Disponível em:< http://web.unipar.br/~seinpar/2015/_include/artigos/Eduardo_Laguna_Rubai.pdf>. Acesso em: 11 out 2018.
- SEEBER, G. **Satellite Geodesy: foundations, methods and applications**. 2 ed. Berlin, New-York: Walter de Gruyter, 2003. 589p.
- SIMBINE, F. **Wilkelbro - Web application Management System**. Universidade Catolica De Moçambique. Faculdade de Gestão de Recursos Naturais e Mineralogia. 2016.
- SOUZA, E. M. F. R.; CRUZ, C. B. M.; RICHTER, M.. **O Uso De Geotecnologias Em Sistemas De Transporte E Organização Urbana No Brasil**. Mercator (Fortaleza), Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 143-152. abr. 2014 .
- VANI, B.C; MONICO, J.F.G.; SHIMABUKURO, M.H. **Monitoramento Do Posicionamento Por Ponto Simples Com Dados GPS No Brasil**. VIII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, Curitiba, p. 2, dez. 2013.

APÊNDICE

Tabela 3 - Dados utilizados na avaliação do posicionamento

E (GNSS)	E (Malha)	ΔE	N (GNSS)	N (Malha)	ΔN
238070,503	238045,792	-24,711	7926630,464	7926662,237	31,773
238062,943	238031,511	-31,432	7926567,232	7926551,289	-15,943
238180,196	238193,956	13,760	7926557,791	7926554,660	-3,131
238141,209	238187,627	46,418	7926553,925	7926554,572	0,647
238164,449	238180,227	15,778	7926552,034	7926555,576	3,542
238187,704	238164,403	-23,301	7926549,035	7926555,356	6,321
238194,049	238149,618	-44,431	7926548,016	7926556,257	8,241
238200,394	238183,361	-17,033	7926546,997	7926557,835	10,838
238205,561	238221,308	15,747	7926554,822	7926560,578	5,756
238180,242	238159,035	-21,207	7926554,469	7926561,926	7,457
238086,322	238072,499	-13,823	7926555,375	7926562,935	7,560
238084,165	238061,935	-22,230	7926558,668	7926563,896	5,228
238072,484	238060,756	-11,728	7926564,043	7926572,739	8,696
237997,460	237952,036	-45,424	7926571,857	7926575,654	3,797
237952,036	237905,556	-46,480	7926575,654	7926579,436	3,782
237905,556	237860,132	-45,424	7926579,436	7926583,232	3,796
237860,132	237804,127	-56,005	7926583,232	7926589,096	5,864
237804,127	237747,068	-57,059	7926589,096	7926594,945	5,849
237747,068	237696,369	-50,699	7926594,945	7926598,667	3,722
237696,353	237647,764	-48,589	7926599,775	7926603,527	3,752
237647,748	237605,504	-42,244	7926604,634	7926607,367	2,733
237605,473	237566,409	-39,064	7926609,581	7926611,251	1,670
237566,394	237522,009	-44,385	7926612,358	7926617,276	4,918
237522,024	237470,208	-51,816	7926616,169	7926624,305	8,136
237469,184	237416,344	-52,840	7926622,076	7926627,983	5,907
237416,344	237358,276	-58,068	7926627,983	7926630,494	2,511
237358,260	237298,020	-60,240	7926631,601	7926638,512	6,911
237298,035	237296,702	-1,333	7926637,404	7926657,321	19,917
237267,163	237270,593	3,430	7926656,908	7926713,438	56,530
237276,258	237275,203	-1,055	7926761,140	7926761,125	-0,015

237280,168	237278,058	-2,110	7926783,345	7926783,315	-0,030
237284,762	237282,652	-2,110	7926832,139	7926832,109	-0,030
237289,310	237288,255	-1,055	7926884,255	7926884,240	-0,015
237292,165	237290,055	-2,110	7926906,445	7926906,415	-0,030
237295,781	237293,671	-2,110	7926949,688	7926949,658	-0,030
237300,406	237298,296	-2,110	7926996,267	7926996,238	-0,029
237302,207	237301,152	-1,055	7927018,442	7927018,428	-0,014
237305,854	237304,784	-1,070	7927059,471	7927060,563	1,092
237310,433	237308,323	-2,110	7927109,372	7927109,343	-0,029
237314,220	237311,055	-3,165	7927140,435	7927140,391	-0,044
237284,557	237285,658	1,101	7927148,881	7927145,573	-3,308
237230,706	237230,753	0,047	7927151,451	7927148,129	-3,322
237165,251	237165,251	0,000	7927153,858	7927153,858	0,000
237112,440	237112,471	0,031	7927157,550	7927155,335	-2,215
237060,700	237060,700	0,000	7927160,149	7927160,149	0,000
237004,739	237004,708	-0,031	7927162,689	7927164,903	2,214
236947,693	236947,677	-0,016	7927167,428	7927168,535	1,107
236891,717	236891,717	0,000	7927171,075	7927171,075	0,000
236847,377	236847,377	0,000	7927172,669	7927172,669	0,000
236794,550	236794,565	0,015	7927177,468	7927176,360	-1,108
236731,189	236731,204	0,015	7927181,010	7927179,903	-1,107
236693,179	236693,194	0,015	7927182,693	7927181,586	-1,107
236648,823	236648,838	0,015	7927185,394	7927184,287	-1,107
236601,302	236600,262	-1,040	7927188,051	7927186,929	-1,122
236541,106	236541,106	0,000	7927191,638	7927191,638	0,000
236535,815	236535,831	0,016	7927192,671	7927191,564	-1,107
236535,815	236527,375	-8,440	7927192,671	7927192,553	-0,118
236527,360	236478,815	-48,545	7927193,660	7927194,088	0,428
236478,799	236420,744	-58,055	7927195,195	7927196,596	1,401
236420,729	236384,828	-35,901	7927197,703	7927199,415	1,712
236384,812	236345,421	-39,391	7927200,522	7927225,443	24,921
236347,531	236332,124	-15,407	7927225,472	7927270,664	45,192
236333,179	236315,492	-17,687	7927270,679	7927328,021	57,342

236314,437	236300,054	-14,383	7927328,006	7927375,427	47,421
236298,999	236295,601	-3,398	7927375,413	7927391,978	16,565
236293,507	236277,992	-15,515	7927390,841	7927443,783	52,942
236275,882	236257,015	-18,867	7927403,754	7927409,940	6,186
236253,865	236244,866	-8,999	7927508,788	7927548,532	39,744
236242,772	236229,444	-13,328	7927547,395	7927594,831	47,436
236227,938	236211,834	-16,104	7927626,927	7927646,637	19,710
236210,779	236199,700	-11,079	7927646,622	7927684,122	37,500
236194,441	236149,370	-45,071	7927682,940	7927661,266	-21,674
236152,598	236130,551	-22,047	7927656,881	7927648,819	-8,062
236132,708	236114,368	-18,340	7927645,527	7927674,065	28,538
236112,289	236066,473	-45,816	7927671,820	7927703,295	31,475
236066,520	236011,301	-55,219	7927699,973	7927724,671	24,698
236010,309	235958,255	-52,054	7927720,227	7927744,969	24,742
235958,317	235942,103	-16,214	7927740,540	7927768,230	27,690
235898,878	235909,227	10,349	7927765,178	7927779,721	14,543
235856,491	235847,989	-8,502	7927777,873	7927782,184	4,311
235795,206	235745,573	-49,633	7927783,657	7927786,282	2,625
235702,364	235694,870	-7,494	7927782,353	7927790,230	7,877
235694,948	235658,968	-35,980	7927784,464	7927791,711	7,247
235648,511	235613,571	-34,940	7927784,919	7927793,287	8,368
235560,913	235546,018	-14,895	7927785,902	7927794,553	8,651
235535,561	235524,949	-10,612	7927787,761	7927792,042	4,281
235431,114	235410,959	-20,155	7927786,292	7927793,761	7,469
235389,967	235325,393	-64,574	7927785,713	7927800,310	14,597
235323,361	235256,582	-66,779	7927794,743	7927815,954	21,211
235254,550	235190,952	-63,598	7927810,388	7927830,535	20,147
235188,904	235110,255	-78,649	7927826,076	7927865,947	39,871
235112,661	235038,310	-74,351	7927844,938	7927879,331	34,393
235045,960	234974,867	-71,093	7927860,611	7927888,405	27,794
234974,000	234896,639	-77,361	7927875,103	7927898,378	23,275
234909,518	234886,790	-22,728	7927883,054	7927905,689	22,635
234832,375	234752,997	-79,378	7927890,827	7927907,428	16,601

234854,146	234876,728	22,582	7927900,799	7927910,479	9,680
234584,254	234550,907	-33,347	7927900,618	7927945,555	44,937
234476,806	234470,677	-6,129	7927904,942	7927947,745	42,803
234518,263	234465,605	-52,658	7927940,664	7927933,276	-7,388
234472,834	234465,081	-7,753	7927944,453	7927895,613	-48,840
234465,081	234474,178	9,097	7927895,613	7927849,226	-46,387