



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM REDES DE COMPUTADORES
CAMPUS MACAPÁ

ALLISSON DE CAMARGO
MARIA GISELE MARINHO CARVALHO

LOC BUS: estudo de viabilidade para implantação de um sistema de monitoramento em tempo real da frota de ônibus de Macapá

MACAPÁ-AP

2026

ALLISSON DE CAMARGO
MARIA GISELE MARINHO CARVALHO

LOC BUS: estudo de viabilidade para implantação de um sistema de monitoramento em tempo real da frota de ônibus de Macapá

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Tecnologia em Redes de Computadores como requisito avaliativo para obtenção do título de Tecnólogo em Redes de Computadores.

Orientador: Prof. Me. Allan Meira de Medeiro

MACAPÁ-AP

2026

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

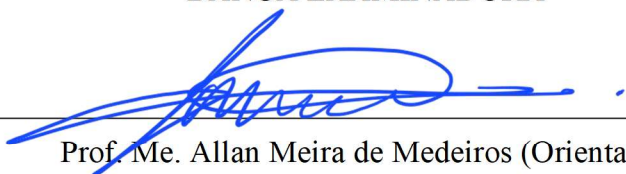
- C1731 Camargo, Allisson
Loc Bus: estudo de viabilidade para implantação de um sistema de monitoramento em tempo real da frota de ônibus de Macapá / Allisson Camargo, Maria Gisele Marinho Carvalho. - Macapá, 2026.
31 f.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Macapá, Tecnologia em Redes de Computadores, 2026.
- Orientador: Me. Allan Meira Medeiros.
1. Sistemas de Monitoramento. 2. Transporte Público. 3. Rastreamento.
I. Carvalho, Maria Gisele Marinho. I. Medeiros, Me. Allan Meira, orient.
II. Título.

ALLISSON DE CAMARGO
MARIA GISELE MARINHO CARVALHO

LOC BUS: estudo de viabilidade para implantação de um sistema de monitoramento em tempo real da frota de ônibus de Macapá

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a coordenação do curso de Tecnologia em Redes de Computadores como requisito avaliativo para obtenção do título de Tecnólogo em Redes de Computadores.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Allan Meira de Medeiros (Orientador)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Documento assinado digitalmente

gov.br

SHIRLEY DA COSTA MONTEIRO

Data: 22/06/2026 19:24:45-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Esp. Shirley da Costa Monteiro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Documento assinado digitalmente

gov.br

WANDRESSON CARDOSO CAVALCANTE

Data: 24/06/2026 10:00:57-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Esp. Wandresson Cardoso Cavalcante

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Apresentado em: 08/06/2026.

Conceito/Nota: 9,2

Dedicamos essa conquista, com imensa alegria, primeiramente a Deus, que renovou nossas forças a cada amanhecer. À nossa família, especialmente aos nossos pais e irmãos, pelo apoio, incentivo e carinho em todos os momentos desta caminhada tão importante em nossas vidas acadêmicas. Com profundo orgulho e eterna gratidão, Allisson de Camargo e Maria Gisele Marinho Carvalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha esposa e melhor amiga, Juliana, pelo apoio e incentivo constantes, independentes das minhas escolhas, que foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. À minha mãe, pelo amor incondicional, apoio e dedicação ao longo de toda a minha vida, sendo minha maior inspiração e base para seguir em frente. Aos meus irmãos, pelo companheirismo, apoio e por estarem sempre ao meu lado, contribuindo para que essa caminhada fosse mais leve e especial. Aos meus amigos, Gisele, Luiz, Eduardo e Marcone, pela amizade, companheirismo e pelos momentos que tornaram essa jornada mais leve e divertida. Por fim, agradeço a Deus, por me conceder força, saúde e perseverança ao longo de toda essa jornada, tornando possível a realização deste trabalho.

- Allisson de Camargo

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me sustentado até aqui, pois a sua palavra diz em Romanos 8:28: “Sabemos que todas as coisas cooperam para o bem daqueles que amam a Deus, daqueles que são chamados segundo o seu propósito.” Diante das minhas incertezas, o Senhor, meu Deus, me sustentou. Agradeço ao meu pai por ter sido o meu apoio do início ao fim, por todas as vezes que me levou debaixo de chuva para a faculdade e por não ter desistido de mim em nenhum momento. Agradeço à minha mãe e à minha irmã por estarem torcendo de longe por mim; o apoio de vocês me ajudou a chegar até aqui.

Agradeço ao meu amor, Davi, pelo companheirismo, pelos mil incentivos e por ser a minha pessoa. Por fim, agradeço ao meu amigo Allisson, que topou fazer esse trabalho comigo e me ajudou em muitos momentos, e aos meus amigos Luiz, Eduardo e Marcone, que tornaram o caminho até aqui mais descontraído. Sou grata por ter conhecido vocês.

- Maria Gisele Marinho Carvalho

RESUMO

O transporte público imprevisível de Macapá enfrenta desafios relacionados a horários incertos, longos períodos de espera e dificuldade no acesso a informações sobre a atual posição dos veículos. Este trabalho apresenta o LOC BUS (Localizador de ônibus), uma proposta de infraestrutura para monitoramento em tempo real da frota de ônibus utilizando tecnologias de geolocalização, comunicação em rede e sistemas de informação. A pesquisa busca avaliar a viabilidade técnica da solução através de uma arquitetura conceitual e de uma representação visual, permitindo avaliar a capacidade de integração entre os dispositivos de rastreamento, redes de comunicação e aplicações de consulta. Os resultados indicam que a utilização dessa infraestrutura pode contribuir para a melhoria da mobilidade urbana, fornecendo informações precisas aos usuários do transporte público.

Palavras-chave: transporte; infraestrutura; geolocalização; monitoramento; mobilidade.

ABSTRACT

The unpredictable public transportation system in Macapá faces challenges related to uncertain schedules, long waiting times, and difficulty accessing information about the current location of vehicles. This work presents LOC BUS (Bus Locator), a proposed infrastructure for real-time monitoring of the bus fleet using geolocation technologies, network communication, and information systems. The research aims to evaluate the technical feasibility of the solution through a conceptual architecture and a visual representation, allowing for the assessment of the integration capacity between tracking devices, communication networks, and query applications. The results indicate that the use of this infrastructure can contribute to improving urban mobility by providing accurate information to public transport users.

Keywords: transportation; infrastructure; geolocation; monitoring; mobility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Arquitetura conceitual de um sistema de rastreamento	24
Figura 2 - Arquitetura conceitual proposta para o sistema LOC BUS	25

LISTA DE SIGLAS

4G	Quarta Geração de Tecnologia de Telefonia Móvel
5G	Quinta Geração de Tecnologia de Telefonia Móvel
CDMA	Code Division Multiple Access
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Security
IFAP	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá
IoT	Internet of Things
ITS	Intelligent Transportation Systems
LOC BUS	Localization Bus
PPS	Precise Positioning Service
SPS	Standard Positioning Service
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TCP	Transmission Control Protocol
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
UDP	User Datagram Protocol
VPN	Virtual Private Network
WWW	World Wide Web

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	PROBLEMA DA PESQUISA	12
3	JUSTIFICATIVA	13
4	OBJETIVOS	14
5	REFERENCIAL TEÓRICO	15
5.1	Sistemas de rastreamento e Geolocalização	15
5.1.1	Global Positioning System (GPS)	15
5.1.2	Global System for Mobile Communications (GSM)	16
5.2	Redes de Comunicação para Monitoramento em Tempo Real	17
5.2.1	Modelo TCP/IP	17
5.2.2	Protocolos de Transporte (TCP/UDP)	17
5.2.3	Comunicação Web (HTTP)	18
5.2.4	Comunicação Web (HTTPS)	18
5.2.5	Redes Móveis (4G e 5G)	19
5.2.6	Rede sem fio Wi-Fi	19
5.2.7	Internet das coisas (IoT)	20
5.3	Segurança da Informação em Infraestruturas de Monitoramento	20
5.3.1	Firewall	20
5.3.2	VPN	21
5.3.3	Criptografia	21
5.4	Arquiteturas de Monitoramento em Tempo Real	21
6	METODOLOGIA	23
7	ANÁLISE DOS RESULTADOS	25
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
	REFERÊNCIAS	27
	APÊNDICE A - LOC BUS: SISTEMA DE MONITORAMENTO EM TEMPO REAL	29

1 INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana nas cidades brasileiras de médio porte enfrenta desafios estruturais que vão além das condições físicas das vias e dos veículos. A ausência de sistemas tecnológicos de gestão e monitoramento impede que operadores e gestores públicos tenham controle efetivo sobre a frota em operação, resultando em irregularidades de horário, baixa confiabilidade do serviço e dificuldade de resposta a ocorrências em tempo real. Para o usuário, essa lacuna se traduz em incerteza e tempo de espera imprevisível; para o gestor, em decisões tomadas sem base em dados concretos.

Nesse contexto, os sistemas de monitoramento de frota em tempo real surgem como solução viável e cada vez mais acessível. Sustentados por uma infraestrutura de Tecnologia da Informação que integra dispositivos de rastreamento, redes de comunicação e plataformas de processamento e visualização de dados, esses sistemas permitem acompanhar continuamente a posição e o desempenho dos veículos, subsidiar o planejamento operacional e disponibilizar informações precisas aos usuários. A questão central, contudo, não é a existência dessa tecnologia, mas se há condições técnicas, estruturais e contextuais para implantá-la de forma eficaz em uma cidade específica.

Essa problemática norteia o presente estudo, que tem como foco a cidade de Macapá, capital do Amapá, com aproximadamente 530 mil habitantes. O transporte público municipal opera sem qualquer sistema integrado de informações, sem rastreamento de frota e sem canais digitais de comunicação com o usuário. Somam-se a isso desafios regionais relevantes, como a cobertura de infraestrutura de telecomunicações, as condições climáticas da Amazônia e as particularidades da malha viária local, que tornam necessária uma avaliação criteriosa antes de qualquer implantação. Diante deste cenário, este trabalho apresenta o LOC BUS, uma proposta conceitual de infraestrutura para monitoramento em tempo real da frota de ônibus de Macapá. A proposta integra tecnologias de geolocalização, comunicação em rede e sistemas de informação, sendo analisada sob a perspectiva de sua viabilidade técnica e operacional no contexto do transporte coletivo urbano.

2 PROBLEMA DA PESQUISA

O crescimento das cidades e a crescente demanda por transporte coletivo eficiente exigem soluções tecnológicas capazes de otimizar a gestão das frotas urbanas. Nesse contexto, surge a necessidade de investigar a viabilidade técnica e operacional de um sistema de monitoramento em tempo real de ônibus. Diante disso, este trabalho busca responder à seguinte questão: Quais são os requisitos técnicos, os recursos tecnológicos e humanos necessários para a implantação de um sistema de localização em tempo real da frota de ônibus de Macapá, e como esses elementos podem ser estruturados de forma viável para a realidade do município?

3 JUSTIFICATIVA

O transporte público constitui, para grande parcela da população brasileira, não apenas uma opção de deslocamento, mas o único meio viável de acesso às oportunidades fundamentais que estruturam a vida em sociedade. Quando esse serviço opera de forma deficiente, as consequências ultrapassam o simples atraso: comprometem empregos, prejudicam a continuidade escolar e dificultam o acesso a tratamentos de saúde, impactando diretamente a dignidade e a qualidade de vida dos cidadãos mais vulneráveis.

Em Macapá, essa realidade se manifesta de forma acentuada. A ausência de um sistema de monitoramento da frota de ônibus municipais resulta em horários imprevisíveis, longos períodos de espera e linhas irregulares, situações que evidenciam a fragilidade da gestão do transporte coletivo na cidade e a carência de ferramentas tecnológicas aplicadas à mobilidade urbana.

Diante desse cenário, torna-se relevante investigar se a implantação de um sistema de monitoramento em tempo real é uma alternativa técnica e operacionalmente viável para o contexto macapaense. Compreender os requisitos, as limitações e as possibilidades dessa solução é o primeiro passo para transformar uma demanda social em uma resposta concreta e estruturada. Assim, o presente estudo de viabilidade justifica-se pela necessidade de oferecer subsídios técnicos e operacionais para a tomada de decisão, avaliando quais são os requisitos de infraestrutura de TI necessários para que o LOC BUS funcione de forma concreta na realidade de Macapá, reconhecendo o transporte público não como um privilégio, mas como um direito social a ser garantido.

4 OBJETIVOS

Analisar a viabilidade técnica e operacional da implantação de um sistema de monitoramento em tempo real de toda a frota do transporte coletivo de Macapá, utilizando tecnologias de geolocalização, comunicação em rede e sistemas de informação.

- Identificar tecnologias aplicáveis em sistemas de monitoramento veicular em tempo real.
- Analisar requisitos de comunicação necessários para transmissão de dados da localização dos veículos.
- Propor uma arquitetura conceitual de rede para coleta, processamento e disponibilização das informações.
- Avaliar os benefícios e limitações da implantação no contexto do transporte público.
- Validar conceitualmente a arquitetura proposta por meio de uma representação visual do funcionamento do sistema.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

A mobilidade urbana constitui um dos principais desafios das cidades modernas, especialmente diante do crescimento populacional e do aumento da frota de veículos. Nesse contexto, o planejamento e a gestão eficientes do deslocamento de pessoas tornam-se fundamentais para o funcionamento adequado dos sistemas urbanos.

Problemas como congestionamentos, atrasos no transporte público e a falta de previsibilidade no tráfego impactam diretamente a qualidade de vida da população, além de comprometerem a eficiência econômica e operacional das cidades.

Diante desse cenário, os Sistemas Inteligentes de Transporte (Intelligent Transportation Systems – ITS) surgem como uma alternativa tecnológica relevante. Segundo a ScienceDirect (2024), esses sistemas podem ajudar a otimizar viagens, diminuir quilômetros percorridos desnecessariamente e reduzir o tempo gasto em congestionamentos.

5.1 Sistemas de rastreamento e Geolocalização

Os sistemas de rastreamento são compostos por tecnologias desenvolvidas para monitorar, localizar e acompanhar, em tempo real, a posição de objetos, veículos ou pessoas. Esses sistemas utilizam, em sua maioria, o Sistema de Posicionamento Global (Global Positioning System - GPS) aliado a redes de comunicação, como GSM, 3G, 4G ou internet, para transmitir dados de localização a uma central de controle. (KAPLAN; HEGARTY, 2006).

De acordo com ScienceDirect (2024), esses sistemas de rastreamento são amplamente utilizados em aplicações de transporte e logística, permitindo maior controle e visibilidade das operações, contribuindo para a eficiência na gestão das frotas.

5.1.1 Global Positioning System (GPS)

Sendo uma das tecnologias mais utilizadas no rastreamento de veículos no Brasil, o GPS (Global Positioning System) é um sistema de posicionamento global que fornece informações precisas e contínuas de localização, velocidade e tempo em escala mundial. Ele opera por meio de uma constelação de, no mínimo, 24 satélites distribuídos em seis planos orbitais, além de uma rede terrestre responsável pelo monitoramento e controle dessas unidades.

O funcionamento do sistema baseia-se na medição do tempo em que os sinais levam para percorrer a distância entre os satélites e o receptor, técnica conhecida como tempo de chegada (TOA). Para determinar a posição tridimensional de um usuário, são necessários os sinais de pelo menos quatro satélites, devido à necessidade de correção do erro do relógio do receptor.

Os satélites transmitem sinais em duas frequências principais (L1 e L2), utilizando a técnica de acesso múltiplo por divisão de código (CDMA), o que permite que múltiplos satélites operem simultaneamente sem interferência significativa. Além disso, o sistema utiliza códigos específicos, como o C/A (civil) e o P(Y) (militar), para diferenciar os níveis de precisão e acesso.

O GPS é classificado como um sistema de uso dual, oferecendo dois tipos de serviço: o Standard Positioning Service (SPS), destinado ao uso civil, e o Precise Positioning Service (PPS), restrito a usuários autorizados. O sistema alcançou sua capacidade operacional inicial em 1993 e tornou-se totalmente operacional em 1995.

5.1.2 Global System for Mobile Communications (GSM)

O Global System for Mobile Communications (GSM) é uma tecnologia de comunicação móvel amplamente utilizada, sendo considerado o padrão mais popular para telefonia celular no mundo, adotado em mais de 200 países (KUPPE, 2022). Desenvolvido na década de 1980 com o objetivo de unificar os sistemas de comunicação móvel, o GSM entrou em operação comercial no início da década de 1990, consolidando-se como base para a evolução das redes celulares e das tecnologias voltadas à transmissão de dados.

No contexto de sistemas de monitoramento, o GSM desempenha papel fundamental na comunicação de dados, sendo responsável pela transmissão das informações coletadas por dispositivos de geolocalização, como o GPS. Nesse cenário, os dados de localização são enviados por meio da rede móvel para um servidor, onde são processados e disponibilizados para aplicações de monitoramento em tempo real.

5.2 Redes de Comunicação para Monitoramento em Tempo Real

5.2.1 Modelo TCP/IP

O modelo TCP/IP é o método padrão de comunicação de dados na internet. Ele foi desenvolvido para permitir a transmissão precisa e correta de dados entre dispositivos. Ele divide as mensagens em pacotes para não ter que reenviar a mensagem inteira caso encontre um problema durante a transmissão. Os pacotes são remontados automaticamente quando chegam ao seu destino. Cada pacote pode seguir uma rota diferente entre o computador de origem e o computador de destino, se a rota original usada se tornar congestionada ou indisponível.

5.2.2 Protocolos de Transporte (TCP/UDP)

O protocolo de controle da transmissão (Transmission Control Protocol, TCP) é um padrão de comunicação que permite que programas de aplicativos e dispositivos de computação troquem mensagens em uma rede. Ele foi projetado para enviar pacotes pela internet e garantir a entrega bem-sucedida de dados e mensagens pelas redes.

O TCP organiza os dados para que possam ser transmitidos entre um servidor e um cliente. Ele garante a integridade dos dados que são comunicados em uma rede. Antes de transmitir os dados, o TCP estabelece uma conexão entre uma origem e seu destino, que ele garante que permaneça ativa até que a comunicação comece. Então, ele divide grandes quantidades de dados em pacotes menores, garantindo que a integridade dos dados esteja em vigor durante todo o processo.

O User Datagram Protocol, ou UDP, é um protocolo de comunicação utilizado em toda a internet para transmissões especialmente sensíveis ao tempo. Ele acelera as comunicações ao não estabelecer formalmente uma conexão antes que os dados sejam transferidos. Isso permite que os dados sejam transferidos muito rapidamente, mas também pode fazer com que pacotes se percam em trânsito, além de criar oportunidades de exploração na forma de ataques DDoS.

O UDP é um método padronizado de transferência de dados entre dois computadores de uma rede. Em comparação com outros protocolos, o UDP realiza este processo de forma simples: envia pacotes (unidades de transmissão de dados) diretamente para um computador de destino, sem estabelecer uma conexão antes, indicando a ordem desses pacotes ou verificando se eles chegaram como previsto. (Os pacotes UDP são denominados "datagramas").

5.2.3 Comunicação Web (HTTP)

O Hypertext Transfer Protocol (HTTP) é um protocolo utilizado para a comunicação entre clientes e servidores na Web. Seu principal objetivo é permitir a troca de informações por meio da internet, possibilitando o acesso a páginas, imagens, documentos e outros recursos disponíveis em servidores remotos.

O funcionamento do HTTP segue o modelo cliente-servidor. Nesse modelo, um dispositivo envia uma requisição ao servidor solicitando determinado recurso e recebe uma resposta contendo os dados solicitados ou uma mensagem referente ao processamento da solicitação.

Para indicar qual ação deve ser executada, o protocolo utiliza métodos específicos. Entre os mais utilizados estão o GET, empregado para consulta de informações; o POST, utilizado para envio de dados; o PUT, destinado à atualização de registros existentes; e o DELETE, responsável pela remoção de informações.

Em aplicações de monitoramento em tempo real, o HTTP pode ser empregado na transmissão de dados entre os diferentes componentes da infraestrutura. Dessa forma, informações coletadas por dispositivos de rastreamento podem ser enviadas para servidores de processamento e posteriormente disponibilizadas aos usuários por meio de interfaces de consulta conectadas à internet.

5.2.4 Comunicação Web (HTTPS)

O Hypertext Transfer Protocol Secure (HTTPS) é uma extensão do protocolo HTTP, porém, incorporado com mecanismos de segurança por meio da utilização de protocolos de criptografia, como o Secure Sockets Layer (SSL) e seu sucessor, Transport Layer Security (TLS). Seu objetivo principal é garantir a confidencialidade, integridade e a autenticidade das informações transmitidas entre os clientes e os servidores na internet.

Diferente do HTTP convencional, no qual os dados trafegam em texto legível, o HTTPS utiliza criptografias para proteger as informações contra possíveis interceptações e alterações indevidas durante a transmissão. Essa característica torna o protocolo amplamente utilizado em aplicações que envolvem dados sensíveis.

Em infraestruturas de monitoramento em tempo real, a utilização do HTTPS contribui para aumentar a segurança da comunicação entre os componentes integrados, reduzindo riscos relacionados ao acesso não autorizado às informações transmitidas (KUROSE; ROSS, 2022).

5.2.5 Redes Móveis (4G e 5G)

O 4G é a abreviação de “quarta geração”, ou seja, representa a quarta geração de tecnologias de telefonia móvel. Sucessor do 3G, o 4G oferece uma conexão de internet muito mais rápida e estável.

Oficialmente chamado de LTE, que significa Long Term Evolution, este padrão de comunicação foi projetado para proporcionar até 10 vezes a velocidade de transferência de dados do que a tecnologia 3G.

O 5G é a quinta geração da tecnologia celular sem fio, oferecendo maiores velocidades para carregar e baixar, conexões mais consistentes e melhor capacidade do que as redes anteriores. O 5G é muito mais rápido e confiável do que as redes 4G mais usadas atualmente e tem o potencial de transformar nossa maneira de usar a internet para acessar aplicações, redes sociais e informações.

5.2.6 Rede sem fio Wi-Fi

Uma rede sem fio consiste em uma rede de computadores que utiliza conexões por radiofrequência (Radio Frequency – RF) para estabelecer a comunicação entre os dispositivos conectados. Devido à sua flexibilidade e facilidade de implantação, as redes sem fio são amplamente empregadas em ambientes residenciais, corporativos e em infraestruturas de telecomunicações.

É comum que as pessoas presumam que uma rede sem fio e Wi-Fi sejam a mesma coisa, mas há alguns pontos cruciais para sua distinção. Apesar de ambas usarem Radiofrequência para a propagação do sinal, isso não significa que rede sem fio e wi-fi são sinônimos. Diferente de redes sem fio do tipo Bluetooth, ZigBee, LTE, 5G e entre outras, a rede Wi-Fi é específica para o protocolo sem fio definido pelo Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE), na especialização 802.11 e suas emendas.

No contexto de sistemas de monitoramento, o Wi-Fi pode ser empregado em pontos de manutenção, terminais ou estações para a coleta e sincronização dos dados.

5.2.7 Internet das coisas (IoT)

A internet das coisas é uma tradução do inglês internet of Things, ou IoT, que descreve um cenário em que diversas coisas estão conectadas e se comunicam entre si. Essa inovação tem como objetivo conectar os itens que usamos no dia a dia à rede de internet, fazendo com que o mundo físico se aproxime do digital. Esses dispositivos conversam por diferentes protocolos dentro da mesma rede, acompanham nossas atividades e armazenam informação. A partir daí, eles nos auxiliam no dia a dia, ajudando a otimizar e reduzir o uso de recursos naturais e energéticos.

Em aplicações de transporte inteligente, veículos equipados com dispositivos de geolocalização podem ser considerados elementos da internet das Coisas, transmitindo continuamente as informações para as centrais de monitoramento.

5.3 Segurança da Informação em Infraestruturas de Monitoramento

Os sistemas de monitoramento dependem da transmissão contínua de informações por meio da rede, tornando os mecanismos de segurança essenciais para a proteção dos dados contra interceptações, alterações e acessos não autorizados.

5.3.1 Firewall

Um firewall é um dispositivo de segurança de rede projetado para monitorar, filtrar e controlar o tráfego de rede de entrada e saída com base em regras de segurança predeterminadas. O objetivo principal de um firewall é estabelecer uma barreira entre uma rede interna confiável e redes externas não confiáveis.

Os firewalls vêm em formas de hardware e software, e funcionam inspecionando pacotes de dados e determinando se os permitem ou os bloqueiam com base em um conjunto de regras. As organizações podem configurar essas regras para permitir ou negar tráfego com base em vários critérios, como endereços IP de origem e destino, números de porta e tipo de protocolo.

5.3.2 VPN

Uma VPN, ou rede privada virtual, mascara seu endereço de protocolo de internet (IP), criando uma conexão privada a partir de uma conexão Wi-Fi pública. Uma VPN é uma das melhores ferramentas para privacidade e anonimato para um usuário conectado a qualquer serviço de internet pública porque estabelece conexões seguras e criptografadas.

5.3.3 Criptografia

Criptografia é o processo de transformar texto simples legível em texto cifrado ilegível para mascarar informações confidenciais de usuários não autorizados. As organizações usam regularmente a criptografia na segurança de dados para proteger dados confidenciais contra acesso não autorizado e violações de dados. A criptografia funciona usando algoritmos de criptografia para embaralhar os dados em um formato indecifrável. Somente as partes autorizadas com a chave secreta correta, conhecida como chave de descriptografia, podem desembaralhar os dados. A criptografia pode proteger os dados em repouso, em trânsito e durante o processamento, independentemente de os dados estarem em um sistema de computador no local ou na nuvem.

5.4 Arquiteturas de Monitoramento em Tempo Real

Os sistemas de monitoramento são amplamente utilizados em diferentes áreas para a coleta, transmissão, processamento e disponibilização de informações. Esse tipo de arquitetura possibilita o acompanhamento de eventos em tempo real, contribuindo para a tomada de decisões e para o gerenciamento eficiente de processos.

De forma geral, uma arquitetura de monitoramento é composta por dispositivos responsáveis pela coleta de dados, uma infraestrutura de comunicação encarregada da transmissão das informações, servidores destinados ao processamento e armazenamento dos registros e interfaces que permitem a visualização dos dados pelos usuários. A integração desses componentes possibilita a consulta a informações atualizadas e acessíveis por meio de diferentes dispositivos conectados à rede.

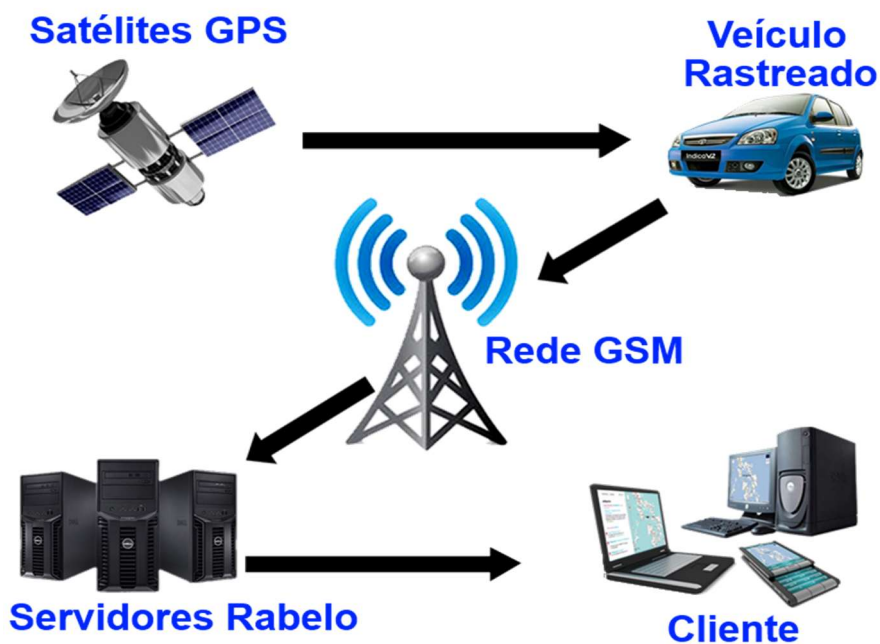
A comunicação entre os elementos da arquitetura pode ocorrer por meio de diferentes tecnologias, incluindo redes sem fio, redes móveis e conexões cabeadas. A escolha da tecnologia mais adequada depende das características da aplicação, da área de cobertura necessária, do volume de dados trafegados e dos requisitos específicos do sistema.

Outro aspecto relevante em arquiteturas de monitoramento é a escalabilidade. À medida que novos dispositivos são incorporados ao sistema, a infraestrutura deve ser capaz de suportar o aumento do tráfego de informações sem comprometer o desempenho da comunicação ou a disponibilidade dos serviços oferecidos.

Além desses requisitos, mecanismos de segurança desempenham papel fundamental nesse tipo de arquitetura. Técnicas como criptografia, autenticação e controle de acesso contribuem para a proteção dos dados transmitidos e armazenados, reduzindo riscos relacionados a interceptações, modificações indevidas e acessos não autorizados.

Em sistemas de monitoramento veicular, por exemplo, dispositivos de geolocalização podem transmitir informações de localização por meio de redes móveis para centrais responsáveis pelo processamento e armazenamento dos dados. Posteriormente, essas informações podem ser disponibilizadas aos usuários por intermédio de aplicações acessadas pela internet, possibilitando o acompanhamento da localização dos veículos em tempo real.

Figura 1 – Arquitetura conceitual de um Sistema de Rastreamento.



Fonte: Rabelo Sistemas [s.d]

6 METODOLOGIA

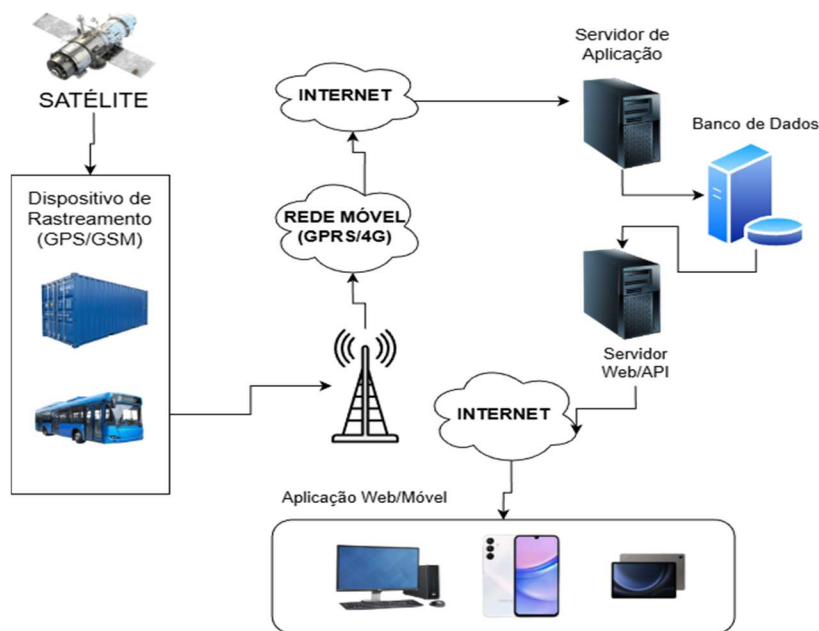
Esta pesquisa caracteriza-se como qualitativa, pois baseia-se na análise das características, benefícios e limitações da infraestrutura proposta, sem a utilização de métodos estatísticos ou experimentos em ambiente operacional real. É aplicada por buscar analisar uma solução para um problema existente no transporte público de Macapá. Possui caráter exploratório por investigar tecnologias e arquiteturas utilizadas em sistemas de monitoramento em tempo real.

O percurso metodológico está organizado em três etapas:

A primeira etapa consistiu em uma pesquisa bibliográfica para a fundamentação teórica, envolvendo a análise de publicações como artigos científicos, livros e documentos oficiais.

A segunda etapa consistiu na elaboração de uma arquitetura conceitual que apresenta o fluxo de informações da infraestrutura proposta. A solução integra quatro camadas funcionais: dispositivos embarcados de geolocalização para captação das coordenadas dos veículos; infraestrutura de redes móveis para a transmissão dos dados coletados; servidores dedicados ao processamento e à persistência das informações e interfaces de consulta acessíveis a usuários e gestores do sistema.

Figura 2 – Arquitetura conceitual proposta para o Sistema LOC BUS.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

A figura 2 apresenta a arquitetura conceitual proposta para o sistema LOC BUS. A solução é composta por dispositivos de rastreamento embarcados nos veículos, infraestrutura de comunicação

móvel, servidores responsáveis pelo processamento e armazenamento das informações e interfaces de consulta acessíveis aos usuários finais.

A terceira e última etapa consistiu na elaboração de uma representação visual baseada em dados fictícios de localização de rotas de ônibus. Essa etapa teve como objetivo demonstrar conceitualmente o funcionamento da arquitetura proposta, evidenciando o fluxo das informações entre os componentes responsáveis pela coleta, transmissão, processamento, armazenamento e visualização dos dados.

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A arquitetura proposta foi estruturada em quatro camadas funcionais: coleta de informações, transmissão, processamento e visualização. A integração entre essas camadas possibilita que os dados de localização sejam disponibilizados em tempo real para usuários e gestores.

Conforme ilustrado na Figura 2, o fluxo inicia-se nos dispositivos de rastreamento instalados nos ônibus, responsáveis pela obtenção das coordenadas geográficas por meio do Sistema de Posicionamento Global (GPS). As informações coletadas são transmitidas pela rede móvel GSM/4G para a infraestrutura de comunicação da internet e, posteriormente, encaminhadas ao servidor para processamento.

No servidor, os dados são processados e armazenados em um banco de dados, permitindo consultas posteriores. Em seguida, por meio de um servidor Web/API, essas informações são disponibilizadas aos usuários e gestores, possibilitando o acompanhamento da localização dos veículos em tempo real por meio de computadores, tablets ou dispositivos móveis com acesso à internet.

A análise da arquitetura conceitual demonstra que a integração entre os dispositivos é tecnicamente viável para aplicações de monitoramento veicular em tempo real. As tecnologias utilizadas são amplamente utilizadas e apresentam compatibilidade com os requisitos de armazenamento, disponibilização e transmissão das informações de localização.

Entre os benefícios observados destacam-se a possibilidade do acompanhamento da frota, maior previsibilidade para os usuários de transporte e suporte à tomada de decisões pelos gestores.

Os resultados obtidos indicam que os requisitos tecnológicos identificados no referencial teórico são compatíveis com a arquitetura proposta. A utilização de GPS para obtenção da localização, redes móveis para transmissão de dados e servidores para processamento e armazenamento demonstra a viabilidade técnica da solução, atendendo aos objetivos definidos para o estudo.

Como limitações, destacam-se os custos associados à implantação dos dispositivos embarcados e da infraestrutura de servidores, bem como a necessidade de mecanismos de segurança adequados para a proteção das informações transmitidas e armazenadas. Além disso, a existência de áreas com baixa cobertura de rede móvel, como trechos da rodovia AP-440 (KM 9), evidencia a dependência dessa tecnologia para garantir a transmissão correta dos dados.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade técnica e operacional da implantação de uma infraestrutura de monitoramento em tempo real para a frota de ônibus de Macapá, utilizando tecnologias de geolocalização, comunicação em rede e sistemas de informação.

Por meio de um levantamento bibliográfico, foi possível identificar os principais componentes tecnológicos envolvidos em sistemas de rastreamento, bem como os requisitos necessários para transmissão, processamento e disponibilização das informações de localização.

Como resultado, foi proposta uma arquitetura conceitual denominada LOC BUS, composta por dispositivos de rastreamento embarcados, redes móveis de comunicação, servidores de processamento e aplicações de consulta para usuários e gestores. A representação visual permitiu demonstrar, de forma conceitual, o fluxo de informações entre os componentes da infraestrutura proposta, evidenciando a integração entre os mecanismos de coleta, transmissão, processamento e disponibilização dos dados.

Conclui-se que a implantação de uma solução com essas características apresenta viabilidade para aplicação no contexto do transporte coletivo de Macapá, podendo contribuir para o aumento da previsibilidade, melhoria na gestão operacional da frota e ampliando o acesso às informações pelos usuários.

Como trabalhos futuros, a implementação de um protótipo funcional integrado a dispositivos reais de rastreamento, bem como estudos relacionados à estimativa de escalabilidade, integração com aplicativos móveis e desktop para consulta em tempo real, bem como estudos relacionados aos custos dessa integração.

Também, podem ser realizados estudos relacionados à cobertura das redes móveis em diferentes regiões do município e à análise detalhada dos custos de implantação e manutenção da infraestrutura proposta.

REFERÊNCIAS

ALMOHANNA, Abdulaziz et al. Intelligent transportation systems for sustainable smart cities. **Transportation Engineering**, v. 16, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 22 mar. 2026.

AMAZON WEB SERVICES. **O que é 5G?** [S. l.]: Amazon Web Services, [s.d.]. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is/5g/>. Acesso em: 16 fev. 2026.

AQUÁRIO. **O que é 4G?** Saiba como funciona, vantagens e muito mais. Aquário, 8 mar. 2024. Disponível em: <https://institucional.aquario.com.br/blog/o-que-e-4g/>. Acesso em: 28 mar. 2026.

CISCO SYSTEMS. **What is Wi-Fi?** Definition and types. Cisco, [s.d.]. Disponível em: <https://www.cisco.com/site/us/en/learn/topics/networking/what-is-wi-fi.html>. Acesso em: 07 abr. 2026.

CLOUDFLARE. **What is the User Datagram Protocol (UDP)?** Cloudflare Learning Center, [s.d.]. Disponível em: <https://www.cloudflare.com/learning/ddos/glossary/user-datagram-protocol-udp/>. Acesso em: 19 fev. 2026.

FORTINET. **O que é TCP/IP na rede?** Fortinet, [s.d.]. Disponível em: <https://www.fortinet.com/br/resources/cyberglossary/tcp-ip>. Acesso em: 31 mar. 2026.

FORTINET. **O que é um firewall?** Definição e tipos de firewall. Fortinet, [s.d.]. Disponível em: <https://www.fortinet.com/br/resources/cyberglossary/firewall>. Acesso em: 29 mar. 2026.

FORTINET. **O que é uma rede sem fio?** Fortinet, [s.d.]. Disponível em: <https://www.fortinet.com/br/resources/cyberglossary/wireless-network>. Acesso em: 13 mar. 2026.

FORTINET. **O que é uma VPN?** Como funciona uma rede privada virtual? Fortinet, [s.d.]. Disponível em: <https://www.fortinet.com/br/resources/cyberglossary/what-is-a-vpn>. Acesso em: 03 abr. 2026.

HOSTGATOR. **O que significa Internet das Coisas e como funciona.** HostGator, 17 maio 2018. Atualizado em: 21 dez. 2023. Disponível em: <https://www.hostgator.com.br/blog/internet-das-coisas/>. Acesso em: 25 mar. 2026.

IBM. **O que é criptografia?** [S. l.]: IBM, [s.d.]. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/encryption>. Acesso em: 11 mar. 2026.

KAPLAN, Elliott D.; HEGARTY, Christopher J. (ed.). **Understanding GPS: principles and applications**. 2. ed. Norwood: Artech House, 2006. Disponível em: <https://nguyenduyliemgis.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/09/understanding-gps-principles-and-applications-2006.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2026.

KUPPE, Fernanda. **O que é GSM?** VC-X Solutions, 29 dez. 2022. Disponível em: <https://vcx.solutions/gsm/>. Acesso em: 22 mar. 2026.

KUROSE, James F.; ROSS, Keith W. **Redes de computadores e a Internet: uma abordagem top-down**. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2022.

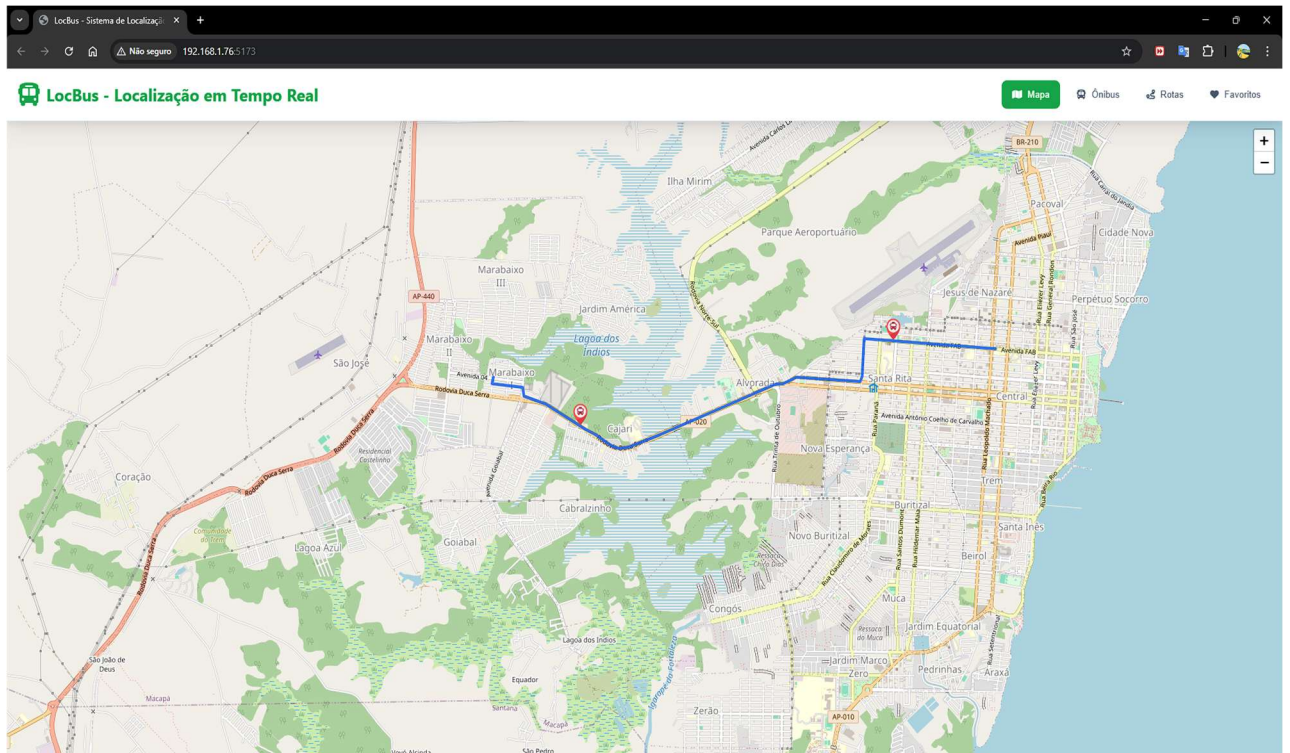
SCIENCEDIRECT. **Intelligent transportation system**. [S. l.]: Elsevier, [s.d.]. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/intelligent-transportation-system>. Acesso em: 22 fev. 2026.

TANENBAUM, Andrew S.; WETHERALL, David J. **Redes de computadores**. 5. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.

TOMIOKA, Akemi Alice Vieira. **HTTP: um guia completo sobre o que é e como funciona o protocolo da web**. Alura, 25 mar. 2024. Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/http>. Acesso em: 21 maio 2026.

VC-X SOLUTIONS. **Gestão e aquisição de telecom e TI**. Florianópolis: VC-X Solutions, [s.d.]. Disponível em: <https://vcx.solutions/gsm/>. Acesso em: 18 mar. 2026.

APÊNDICE A – LOC BUS: SISTEMA DE MONITORAMENTO EM TEMPO REAL



LocBus - Localização em Tempo Real

Mapa | **Ônibus** | Rotas | Favoritos



Gerenciamento de Ônibus Todos os Ônibus Atualizar

2 Total de Ônibus	2 Ônibus Ativos	0 Ônibus Inativos
-----------------------------	---------------------------	-----------------------------

Ônibus AP-0101	Ônibus AP-2311
Status: Ativo	Status: Ativo
ID: 1	ID: 2
Placa: AP-0101	Placa: AP-2311
Localização: 0.034571, -51.095252	Localização: 0.036397, -51.090630
Índice da Rota: 0	Índice da Rota: 0
Ponto Atual: 50	Ponto Atual: 43
Direção: Ida	Direção: Volta

Rotas do Sistema

[Atualizar](#)[Visualizar no Mapa](#)

 CENTRO - MARABAIXO  

ID: 1

Nome: CENTRO - MARABAIXO

Pontos na Rota: 89

Primeiro Ponto: 0.040920, -51.061352

Último Ponto: 0.037619, -51.126278