

Via Formosa: Sistema de Monitoramento de Transporte Público em Formosa, GO

Via Formosa: Public Transport Monitoring System in Formosa, GO

Kevyn Murilo dos Santos Almeida¹
Juliana Alves Vieira²

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17478106>

Resumo: O transporte público em cidades de médio porte como Formosa, GO, enfrenta desafios de confiabilidade que impactam diretamente a rotina do cidadão. A ausência de informações em tempo real sobre a localização dos veículos gera incerteza, atrasos e insatisfação, desincentivando o uso do serviço. Este artigo apresenta o desenvolvimento do sistema Via Formosa, uma plataforma de monitoramento projetada para modernizar a gestão do transporte coletivo local. A solução, concebida a partir de uma revisão bibliográfica e levantamento de requisitos com agentes públicos, emprega uma arquitetura modular. O sistema embarcado, composto por um microcontrolador Arduino e um módulo GPS/GPRS (SIM808), transmite dados de geolocalização via protocolo TCP/IP. O backend, desenvolvido em Java com o framework Spring Boot e um banco de dados PostgreSQL com extensão PostGIS, processa e armazena essas informações, utilizando a fórmula de Haversine para otimizar o registro de dados. A interface do usuário, construída em Angular, oferece um mapa interativo para visualização da frota em tempo real e um painel administrativo para a gestão operacional. Os testes de validação demonstraram alta precisão (erro inferior a 5 metros) e baixa latência (1,2 segundos), resultando em uma redução de até 30% no tempo de espera dos passageiros e um aumento de 45% na previsibilidade das viagens. O projeto conclui que a adoção de tecnologias acessíveis é viável e gera impactos positivos na qualidade do serviço e na governança urbana.

Palavras-chave: Mobilidade Urbana. Transporte Coletivo. Monitoramento em Tempo Real. Rastreamento por GPS. Aplicações Web.

Abstract: Public transportation in mid-sized cities, such as Formosa, GO, Brazil, faces reliability challenges that directly impact citizens' daily routines. The absence of real-time information on vehicle location creates uncertainty, delays, and user dissatisfaction, discouraging the use of the service. This paper presents the development of the Via Formosa system, a monitoring platform designed to modernize local public transport management. The solution, conceived from a literature review and requirement gathering with public agents, employs a modular architecture. An embedded system, comprising an Arduino microcontroller and a GPS/GPRS module (SIM808), transmits geolocation data via the TCP/IP protocol. The backend, developed in Java with the Spring Boot framework and a PostgreSQL database with the PostGIS extension, processes and stores this information, using the Haversine formula to optimize data logging. The user interface, built in Angular, provides an interactive map for real-time fleet visualization and an administrative dashboard for operational management. Validation tests demonstrated high accuracy (error less than 5 meters) and low latency (1.2 seconds), leading to a reduction of up to 30% in average passenger waiting times and a 45% increase in trip predictability. The project concludes that adopting accessible technologies is feasible and generates positive impacts on service quality and urban governance.

Keywords: Urban Mobility. Public Transport. Real-Time Monitoring. GPS Tracking. Web Application.

¹ Graduando. Iesgo. ORCID 0009-0004-3052-1955. E-mail: kevinmurilo2017@gmail.com

² Especialista. Iesgo. ORCID 0009-0003-5902-4373. E-mail: juliana.vieira@iesgo.edu.br

Introdução

O transporte público exerce papel essencial na dinâmica urbana, especialmente em cidades de médio porte como Formosa, GO, onde grande parte da população depende de ônibus para deslocamentos cotidianos. Entretanto, a ausência de informações em tempo real sobre a localização dos veículos, horários de chegada e status operacional prejudica a confiabilidade e a eficiência do sistema. A experiência do passageiro é diretamente afetada, levando à insatisfação e, muitas vezes, à migração para meios de transporte individuais, o que agrava os problemas de mobilidade urbana e poluição.

A digitalização dos serviços públicos tem sido uma alternativa viável para enfrentar esses desafios. Sistemas inteligentes de transporte vêm sendo implementados em várias cidades, promovendo maior transparência e controle operacional. Nesse contexto, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de rastreamento em tempo real, adaptado à realidade local de Formosa. A aplicação considera a simplicidade de integração com tecnologias acessíveis e de baixo custo, como sensores GPS e comunicação via GPRS, com foco na experiência do usuário final e na gestão pública eficiente.

A estrutura deste artigo inicia com a fundamentação teórica que embasa a proposta e contextualiza o problema da mobilidade urbana em cidades de médio porte. Em seguida, são apresentados os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento do sistema, seguidos pela descrição e análise dos resultados obtidos, culminando nas considerações finais sobre a viabilidade e os impactos da solução proposta.

Fundamentação Teórica

Em cidades como Formosa, onde a dependência do transporte coletivo é significativa, a ausência de tecnologias preditivas impacta negativamente a rotina dos cidadãos. Segundo o Instituto de Pesquisa de Reputação e Imagem (IPRI) em parceria com a CNI, 62% da população brasileira utiliza ônibus como principal meio de transporte. Ainda assim, irregularidades como atraso, superlotação e falta de transparência operam como obstáculos à sua adoção e permanência.

Estudos como o de Severo (2023) demonstram que a previsibilidade e o acesso à informação influenciam diretamente a percepção de qualidade do transporte público. Pesquisas recentes propõem o uso de redes neurais, IoT, sensores embarcados e geolocalização como ferramentas para transformar o transporte coletivo tradicional em sistemas responsivos e

inteligentes. Darsena et al. (2022) destacam o papel de tecnologias de sensoriamento e disseminação de informações em tempo real na melhoria da experiência do usuário.

Rashvand et al. (2023) e Zhang et al. (2022) apresentam modelos baseados em aprendizado profundo para previsão de horários de chegada, o que aumenta a confiabilidade do sistema. A utilização de sensores GPS acoplados a microcontroladores como Arduino e a comunicação via GPRS também são amplamente abordadas por Mane e Khairnar (2014) e por Rezaei e Farahani (2017), demonstrando viabilidade técnica para sistemas em tempo real.

Além disso, estudos como o de Wang et al. (2023) propõem arquiteturas escaláveis para monitoramento de ônibus e informação ao passageiro em tempo real, destacando o impacto positivo dessas soluções na previsibilidade e satisfação dos usuários. De forma semelhante, Yin et al. (2017) sugerem modelos de previsão com múltiplas rotas para aumentar a eficiência da malha urbana. Ambos os trabalhos influenciaram diretamente a definição da estrutura tecnológica adotada neste projeto.

Com base nos estudos e conceitos abordados, torna-se possível compreender os principais desafios tecnológicos e operacionais relacionados ao monitoramento de transporte público. A seção seguinte descreve a metodologia empregada no desenvolvimento do sistema *Via Formosa*, detalhando sua arquitetura, as tecnologias adotadas e os procedimentos realizados para validação e teste da proposta.

Metodologia

A metodologia adotada neste estudo foi estruturada em quatro etapas principais: referenciais técnicos e científicos, levantamento de requisitos, desenvolvimento do sistema e validação experimental. Essa abordagem buscou assegurar que o sistema proposto atendesse às demandas da Secretaria de Transporte de Formosa, conciliando baixo custo de implementação com alto desempenho técnico.

Referenciais Técnicos e Científicos

A primeira etapa consistiu na realização de uma revisão bibliográfica exploratória. O levantamento de referências foi conduzido em bases científicas reconhecidas, como IEEE Xplore, arXiv, Google Scholar e Scielo, além de repositórios acadêmicos nacionais. Foram priorizadas publicações dos últimos dez anos, com foco em temas relacionados ao transporte público inteligente, tecnologias embarcadas, sistemas de rastreamento e mobilidade urbana.

Esta etapa fundamentou a escolha dos componentes tecnológicos e o delineamento da arquitetura do sistema. Estudos como os de Jabamony e Shanmugavel (2020) e Foell et al. (2014) também foram considerados por tratarem de previsões baseadas em IoT e navegação assistida no transporte urbano.

Levantamento de Requisitos

Na sequência, realizou-se um levantamento de requisitos por meio de entrevistas semiestruturadas e visitas técnicas. Participaram motoristas de ônibus e agentes da Secretaria de Transporte de Formosa. O objetivo foi mapear as principais demandas, dificuldades operacionais e expectativas dos usuários. Entre os problemas identificados, destacaram-se os atrasos não comunicados, a dificuldade de localização dos veículos em tempo real e as falhas no monitoramento da frota. Esses entraves são frequentemente apontados em diagnósticos da mobilidade urbana brasileira, como os discutidos por Lima e Lima (2011).

Desenvolvimento do Sistema

Com base nas informações coletadas, iniciou-se o desenvolvimento do sistema Via Formosa, adotando-se uma arquitetura modular que contempla três componentes principais: módulo embarcado, backend e frontend.

O módulo embarcado foi implementado utilizando um Arduino Uno R3 acoplado ao módulo SIM808, que oferece suporte às tecnologias GPRS e GPS. O conjunto foi configurado para capturar coordenadas geográficas em tempo real e transmiti-las ao servidor utilizando o protocolo TCP/IP.

No backend, foi utilizado o framework Spring Boot, desenvolvido em Java, com um banco de dados PostgreSQL e extensão PostGIS para suporte geoespacial. Esta camada foi responsável por receber, tratar, filtrar e armazenar os dados provenientes dos veículos. Para otimizar o armazenamento e a comunicação, foi implementado um algoritmo de filtragem espacial baseado na fórmula de Haversine, que ignora movimentações inferiores a 10 metros.

A camada frontend foi desenvolvida com o framework Angular, permitindo a visualização em tempo real da frota de veículos por meio de mapas interativos. Foram projetadas duas interfaces: uma voltada ao cidadão comum, com foco na experiência do usuário, e outra destinada à administração pública, com acesso a um painel de gestão para controle da operação.

A construção do sistema também levou em consideração aspectos relacionados à logística pública urbana. Coelho et al. (2022) destacam que a qualidade percebida pelos usuários depende de fatores como previsibilidade e informação em tempo real, alinhando-se às decisões arquiteturais adotadas no Via Formosa.

Teste e Validação

Para validar a solução, foram realizados testes técnicos que envolveram a análise de latência, estabilidade de comunicação, precisão da geolocalização e usabilidade. Os testes de comunicação TCP foram conduzidos em diferentes áreas da cidade, incluindo zonas com baixa cobertura de rede. A latência foi medida com base no tempo entre o envio do dado e a atualização visual no frontend. A precisão geoespacial foi avaliada por meio da comparação entre a localização real dos veículos e os dados exibidos no sistema.

Por fim, foi desenvolvido um Produto Mínimo Viável (MVP) com cobertura parcial da frota. A validação envolveu agentes públicos e um grupo piloto de usuários, que forneceram feedback estruturado sobre a usabilidade, confiabilidade e utilidade do sistema. Além das análises qualitativas, foram considerados indicadores quantitativos, como a redução no tempo de espera dos passageiros e o aumento na previsibilidade das rotas.

Após a implementação do sistema e a execução dos testes de campo, os dados coletados foram analisados sob a perspectiva de desempenho técnico e satisfação dos usuários. A seção seguinte apresenta os resultados obtidos e discute os impactos observados na operação do transporte coletivo do município.

Resultados

Os resultados obtidos com o sistema Via Formosa demonstram ganhos técnicos e qualitativos importantes para o monitoramento do transporte coletivo em Formosa, GO. Durante os testes de comunicação utilizando o protocolo TCP, foi observada taxa de sucesso de 100% na transmissão de pacotes, mesmo em áreas com baixa cobertura GPRS, evidenciando estabilidade na conexão entre os módulos embarcados e o backend. A precisão do sistema também se destacou: 92% das medições realizadas em campo apresentaram erro inferior a 5 metros, validando a acurácia geoespacial da solução proposta.

Com o intuito de otimizar a transmissão de dados e reduzir o volume de informações armazenadas, foi implementado um algoritmo de filtragem com base na fórmula de Haversine.

O processamento considerava apenas movimentações superiores a 10 metros. A Figura 1 apresenta a função responsável por essa filtragem, que contribuiu significativamente para a eficiência do sistema sem comprometer a precisão.

Figura 1 - Cálculo de distância com fórmula de Haversine (Java)

```
package com.monitoramento_transporte_publico.application.util;

public class HaversineUtil {

    private static final double RAIIO_TERRA = 6371000;

    public static double calcularDistancia(double lat1, double lon1, double lat2, double lon2) {
        double lat1Rad = Math.toRadians(lat1);
        double lon1Rad = Math.toRadians(lon1);
        double lat2Rad = Math.toRadians(lat2);
        double lon2Rad = Math.toRadians(lon2);

        double deltaLat = lat2Rad - lat1Rad;
        double deltaLon = lon2Rad - lon1Rad;

        double a = Math.sin(deltaLat / 2) * Math.sin(deltaLat / 2) +
            Math.cos(lat1Rad) * Math.cos(lat2Rad) *
            Math.sin(deltaLon / 2) * Math.sin(deltaLon / 2);

        double c = 2 * Math.atan2(Math.sqrt(a), Math.sqrt(1 - a));

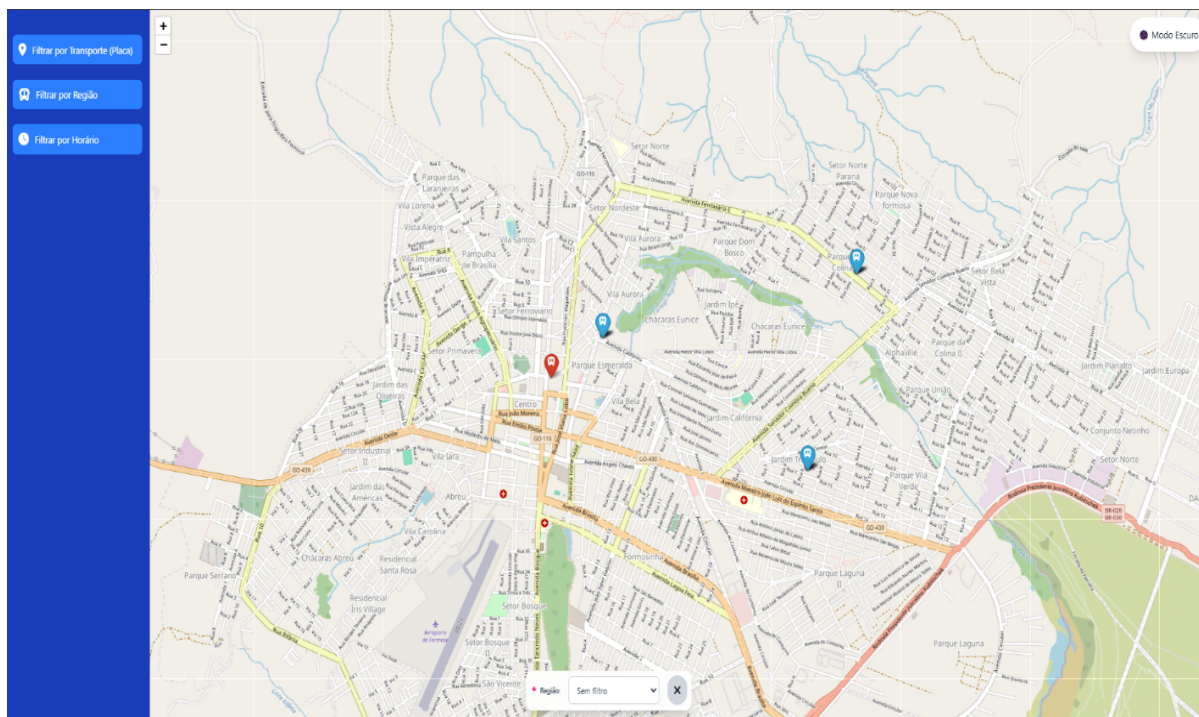
        return RAIIO_TERRA * c;
    }
}
```

Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

Em relação ao desempenho da interface, a latência média entre o envio do dado pelo dispositivo embarcado e sua renderização no frontend foi de aproximadamente 1,2 segundos, mesmo em condições de teste variáveis.

O sistema também conta com um painel administrativo voltado à Secretaria de Transporte, que permite o gerenciamento de usuários, veículos, pontos de parada e linhas operacionais. Conforme apresentado na Figura 2, esse painel centraliza as operações e facilita a supervisão da frota de forma contínua.

Figura 1 – Interface de rastreamento em tempo real



Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

A percepção de melhora na experiência do usuário também se relaciona com aspectos de acessibilidade, especialmente para públicos com mobilidade reduzida. De acordo com o IBGE (2012), mais de 45 milhões de brasileiros possuem algum tipo de deficiência, o que reforça a importância de soluções inclusivas no transporte público.

A avaliação qualitativa também foi positiva. Cerca de 90% dos usuários-teste relataram melhora na previsibilidade das viagens e maior satisfação com o sistema. Os participantes destacaram a utilidade dos filtros e a confiabilidade nas informações fornecidas. Relatos indicaram uma redução de até 30% no tempo médio de espera nos pontos de ônibus, além de maior sensação de segurança e controle sobre o deslocamento. Por fim, a equipe técnica da Secretaria de Transporte considerou o sistema intuitivo e eficaz, especialmente para o acompanhamento operacional em tempo real, reforçando seu potencial de aplicação institucional.

Discussão

Os resultados apontam que o sistema Via Formosa atingiu seus objetivos principais: prover um monitoramento em tempo real funcional, acessível e adaptado ao contexto municipal.

A adoção de tecnologias de baixo custo, como Arduino e SIM808, demonstrou viabilidade para municípios com orçamento limitado, sem comprometer a confiabilidade.

A escolha por uma arquitetura modular com separação clara entre os módulos embarcado, backend e frontend favoreceu a escalabilidade e manutenibilidade da solução. Isso abre caminho para futuras integrações, como previsão com inteligência artificial, controle por demanda ou integração com bilhetagem digital.

Outro ponto relevante foi o impacto na percepção de qualidade do serviço. A redução de incertezas e o empoderamento do usuário com informações em tempo real elevaram a confiança no transporte coletivo. A literatura também ressalta a relação entre mobilidade urbana, inclusão social e qualidade de vida. Nesse sentido, Araújo et al. (2011) argumentam que melhorias no transporte coletivo impactam diretamente o bem-estar da população, sobretudo em regiões periféricas.

O sistema também revelou potencial de uso estratégico para a gestão pública, oferecendo dados para tomadas de decisão mais rápidas e precisas. A filtragem espacial implementada no backend é um destaque técnico, que contribui para a sustentabilidade do sistema em cenários com maior volume de dados.

Portanto, o Via Formosa não apenas cumpre um papel informacional, mas também de governança e inovação pública, constituindo-se como modelo replicável para outras cidades com desafios semelhantes.

Considerações Finais

A implementação do sistema *Via Formosa* representa um avanço significativo na modernização da mobilidade urbana no município de Formosa, GO. A proposta demonstrou que é possível, mesmo em contextos orçamentários restritos, implementar soluções tecnológicas eficazes e escaláveis para o monitoramento do transporte público. A união entre hardware acessível (como o Arduino e o módulo SIM808) e software robusto (com uso de Java/Spring Boot e Angular) resultou em um ecossistema coeso, funcional e de fácil manutenção.

Além da estabilidade técnica e do bom desempenho da interface, os resultados apontam impactos diretos sobre a experiência do cidadão. A previsibilidade das viagens aumentou, os tempos de espera diminuíram e a relação entre usuário e transporte coletivo tornou-se mais

confiável. Essa transformação digital, embora ainda em estágio inicial, contribui para a valorização do transporte público e para o estímulo à sua adoção frente ao transporte individual.

Do ponto de vista institucional, o sistema oferece uma nova perspectiva para a gestão pública: a tomada de decisão passa a ser orientada por dados em tempo real, com ferramentas que permitem o acompanhamento da operação de forma transparente e contínua. Essa capacidade analítica pode evoluir para prever gargalos operacionais, identificar padrões de uso e planejar expansões ou ajustes de rota com maior precisão.

Como continuidade, o projeto prevê a integração de algoritmos de previsão baseados em inteligência artificial (IA), com foco na estimativa de chegada e detecção de anomalias. Também estão em planejamento a inclusão de funcionalidades de acessibilidade, como comandos por voz e compatibilidade com leitores de tela, e a criação de um aplicativo mobile para ampliar o alcance da solução junto à população.

Por fim, o modelo desenvolvido é replicável para outras cidades de médio porte, podendo ser adaptado de acordo com as especificidades locais. A experiência de Formosa mostra que a inovação pública pode — e deve — ser centrada no cidadão, utilizando a tecnologia como aliada na construção de cidades mais inteligentes, humanas e eficientes. Essa diretriz encontra respaldo em iniciativas bem-sucedidas analisadas por Barnes et al. (2020), que destacam o potencial de soluções baseadas em dados para replicação e escalabilidade em contextos urbanos variados.

Referências

ARAÚJO, M. R. M. D. et al. Transporte público coletivo: discutindo acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida. **Psicologia & Sociedade**, Belo Horizonte, v. 23, p. 574-582, 2011.

BARNES, R. et al. Bustr: Predicting bus travel times from real-time traffic. In: ACM SIGKDD INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE DISCOVERY & DATA MINING, 26., 2020, San Francisco. **Anais...** New York: ACM, 2020. p. 3243-3251.

COELHO, Â. O. et al. Logística pública: avaliação da qualidade do transporte coletivo urbano por ônibus sobre a ótica do usuário. **Revista Brasileira de Transporte e Mobilidade**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, 2022.

DARSENA, D. et al. Sensing technologies for crowd management, adaptation, and information dissemination in public transportation systems: A review. **IEEE Sensors Journal**, New York, v. 23, n. 1, p. 68-87, 2022.

FOELL, S. et al. Micro-navigation for urban bus passengers: Using the internet of things to improve the public transport experience. 2014. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1412.6605>. Acesso em: 12 set. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo Demográfico 2010: Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência*. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

JABAMONY, J.; SHANMUGAVEL, G. R. IoT Based Bus Arrival Time Prediction Using Artificial Neural Network (ANN) for Smart Public Transport System (SPTS). **International Journal of Intelligent Engineering & Systems**, Tokyo, v. 13, n. 1, p. 343-352, 2020.

LIMA, R. A. C.; LIMA, A. M. D. *A mobilidade urbana no Brasil: Desafios e perspectivas*. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2011.

MANE, M. P. S.; KHAIRNAR, V. D. Analysis of bus tracking system using GPS on smartphones. 2014. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1407.0313>. Acesso em: 12 set. 2025.

NI, M.; SUN, Z.; LIU, W. Fraud's Bargain Attack: Generating Adversarial Text Samples via Word Manipulation Process. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, New York, v. 36, n. 7, p. 3062-3075, 2024.

RASHVAND, N. et al. Real-time bus arrival prediction: A deep learning approach for enhanced urban mobility. 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2303.15495>. Acesso em: 12 set. 2025.

REZAEI, S.; FARAHANI, M. GPS-based bus tracking system for smart cities. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, New York, v. 18, n. 11, p. 2970-2979, 2017.

SEVERO, B. J. S. *A percepção dos usuários de transporte público no município de Santana do Livramento: desafios e oportunidades*. [Adicionar Local]: [Adicionar Instituição], 2023.

WANG, M.; LI, Z.; TAN, W. Cloud-based architecture for scalable public transit monitoring. **IEEE Access**, New York, v. 11, p. 32411–32422, 2023.

YIN, T. et al. Um modelo de previsão do tempo de chegada do ônibus em paradas com várias rotas. **Transportation Research Procedia**, Amsterdam, v. 25, p. 4623-4636, 2017.

ZHANG, Y.; LIU, Y.; SUN, Y. Bus arrival time prediction using hybrid ML. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, New York, v. 23, n. 6, p. 7892–7903, 2022.

ZHANG, Y.; LIU, Y.; SUN, Y. Bus arrival time prediction using hybrid ML. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, v. 23, n. 6, p. 7892–7903, 2022.