



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA EM SAÚDE

Francisco Lourenço Duarte Arce Junior

**ANÁLISE DE DADOS DO *WAZE* PARA AUXÍLIO NA DIMINUIÇÃO DE
ACIDENTES DE TRÂNSITO NA REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS**

Florianópolis
2024

FRANCISCO LOURENÇO DUARTE ARCE JUNIOR

**ANÁLISE DE DADOS DO *WAZE* PARA AUXÍLIO NA DIMINUIÇÃO DE
ACIDENTES DE TRÂNSITO NA REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS**

Projeto de Dissertação submetido ao Programa de Pós-Graduação em Informática em Saúde do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina para Banca de Qualificação no Curso de Mestrado Profissional em Informática em Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Jefferson Luiz Brum Marques

Florianópolis
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através
do Programa de Geração Automática da Biblioteca
Universitária da UFSC

ARCE JUNIOR, FRANCISCO LOURENÇO DUARTE
ANÁLISE DE DADOS DO WAZE PARA AUXÍLIO NA DIMINUIÇÃO DE
ACIDENTES DE TRÂNSITO NA REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS /
FRANCISCO LOURENÇO DUARTE ARCE JUNIOR ; orientador, JEFFERSON
BRUM MARQUES, 2023.

37 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-
Graduação em Informática em Saúde, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Informática em Saúde. 2. Estudo e Pesquisa. 3. Acidentes.
4. Big data. 5. Análise de Dados. I. BRUM MARQUES, JEFFERSON .
II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-
Graduação em Informática em Saúde. III. Título.

FRANCISCO LOURENÇO DUARTE ARCE JUNIOR

**ANÁLISE DE DADOS DO *WAZE* PARA AUXÍLIO NA DIMINUIÇÃO DE
ACIDENTES DE TRÂNSITO NA REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS**

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Informática em Saúde e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Informática em Saúde - Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina

Banca examinadora

Prof.(a) Dra. Sayonara de Fatima Faria Barbosa
Universidade de Santa Catarina

Prof. Dr Alexandre Gonçalves Silva (UFSC)
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr José Luiz de Souza Pio (UFAM)
Universidade Federal do Amazonas

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Informática em Saúde Programa de Pós-Graduação.

Coordenação



Coordenação do Curso



Prof. Dr. Jefferson Luiz Brum Marques
PPGINFOS/UFSC

Florianópolis, 2024.

Dedicatória

Dedico esta dissertação a todos os cidadãos de Manaus, cuja segurança nas vias é o cerne de nossa preocupação. Que este trabalho possa ser um pequeno passo em direção a um tráfego mais seguro e uma comunidade mais protegida. Agradeço a todos os que contribuíram para a realização deste estudo, principalmente aos servidores da saúde do Amazonas cujo apoio foi fundamental. Que este esforço coletivo possa fazer a diferença em nossas estradas.

AGRADECIMENTOS

Queridos amigos, familiares, Professores e Orientador,

Hoje, ao concluir esta etapa significativa em minha jornada acadêmica, é com imensa gratidão e alegria que dedico este momento a cada um de vocês.

Agradeço primeiramente à Deus, que me deu saúde e força nesta caminhada, à minha família, minha Esposa Denise Arce aos meus filhos Rafaela e Gabriel Arce, meus Pais e irmã pelo apoio incondicional, pela paciência e por acreditarem em mim, mesmo nos momentos de dúvida. Vocês foram meu pilar e fonte de inspiração.

Aos meus amigos de aula, que estiveram ao meu lado, seja nos momentos de celebração ou nos desafios mais difíceis, agradeço por compartilharem comigo essa trajetória, pelos conselhos e risadas que tornaram tudo mais leve.

Ao meu orientador, cuja sabedoria e orientação me ajudaram para o sucesso deste trabalho, agradeço aos Professores por investir tempo e energia em minha formação. Suas contribuições foram inestimáveis e moldaram não apenas este projeto, mas também a minha visão como pesquisador.

Aos meus amigos, que contribuíram e ajudaram na construção do projeto: José Lazimar Holanda Filho, Marcelo Pinheiro da Silva, Karla Karoline Lira Martins, Thays Souza de Almeida e Umberto de Lima Paes Rodrigues, minha eterna gratidão!

Por fim, agradeço a todos os que de alguma forma contribuíram para a realização deste mestrado. Cada conversa, cada livro lido, cada desafio superado, tudo isso fez parte dessa jornada.

Agora, olhando para o futuro, levo comigo não apenas o conhecimento adquirido, mas também as lições de resiliência, perseverança e a certeza de que o aprendizado é um caminho sem fim.

Com gratidão e carinho,

Francisco Arce

"O conhecimento é o tesouro, mas a prática é a chave para alcançá-lo."

Thomas Fuller

RESUMO

ANÁLISE DE DADOS DO *WAZE* PARA AUXÍLIO NA DIMINUIÇÃO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO NA REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS

A quantidade de acidentes de trânsito varia entre os países, dependendo de fatores como infraestrutura de transporte, segurança viária, cultura de direção entre outros. O Brasil é conhecido por ter uma taxa relativamente elevada de acidentes de trânsito. Segundo dados do Banco Mundial, o Brasil ocupa o 13º lugar em todo o mundo em termos de mortes por acidentes de trânsito, com cerca de 24 mortes por 100.000 habitantes por ano. Comparável a outros países na América Latina, mas muito maior do que a taxa de países desenvolvidos, como a Suécia, por exemplo, que tem uma taxa de apenas 2 mortes por 100.000 habitantes por ano. É importante destacar que esses dados variam ao longo do tempo e são afetados por muitos fatores, como mudanças nas condições de tráfego e implementação de novas políticas de segurança viária. A tecnologia atua na melhoria da segurança viária, oferecendo soluções inovadoras que ajudam a prevenir acidentes e a proteger vidas. Com a tecnologia, é possível realizar a coleta e análise de dados relacionados à mobilidade urbana em um repositório, como é o caso do Waze que dessa forma a partir do uso de algoritmos e análise de dados, a área de tráfego consegue identificar padrões de comportamento de motoristas, sendo coletados via compartilhamento de usuários denominado crowdsourcing, ajuda a avaliar áreas de risco e traçar estratégias de prevenção de acidentes. Os sistemas avançados de rastreamento e monitoramento, como a telemetria, permite que as empresas tenham visibilidade total sobre suas frotas. É possível monitorar a localização dos veículos, as rotas percorridas, a velocidade e outros dados importantes. Com essas informações em tempo real permitem identificar comportamentos de risco, como excesso de velocidade ou desvios de rota, possibilitando a tomada de medidas corretivas imediatas. Em Manaus, a densidade populacional e o aumento do número de veículos podem levar a períodos prolongados de congestão de tráfego em certas áreas. A qualidade da infraestrutura de transporte e das vias de tráfego é outra característica importante do trânsito de Manaus. Algumas áreas da cidade podem sofrer com falta de manutenção, afetando a segurança dos motoristas e dos pedestres. Além disso o tráfego de caminhões é um aspecto importante do trânsito de Manaus, especialmente devido à localização da cidade como centro de transporte de mercadorias para a região Norte do Brasil. Obteve-se o resultado dos 10 bairros com mais notificações ficando em primeiro lugar o bairro de Flores, seguido dos bairros Cidade Nova, Aleixo e Parque Dez de Novembro os quais são caracterizados pelas suas extensões territoriais, alto número de população residente e por possuírem as principais rotas de deslocamento entre as zonas da cidade de Manaus. Já os bairros que tiveram as menores taxas de notificações como o Japiim, São José Operário, Chapada, Novo Aleixo apresentando menos de mil notificações por mês e estão associados às Avenida Djalma Batista, Avenida Autaz Mirim e Avenida General Rodrigo Otávio. A falta de conscientização dos motoristas, a velocidade excessiva e a falta de sinalização adequada são algumas das principais causas de acidentes de trânsito na cidade e impacta nos altos índices de acidentes de trânsito. Políticas públicas eficazes para a redução de acidentes de trânsito devem levar em conta uma série de fatores, incluindo infraestrutura, engenharia de tráfego, educação e treinamento, regulamentação e fiscalização e tecnologia.

Palavras-chave: Waze; Crowdsourcing; Big Data; Tráfego; Manaus.

ABSTRACT

WAZE DATA ANALYSIS TO HELP REDUCE TRAFFIC ACCIDENTS IN THE METROPOLITAN REGION OF MANAUS

The number of traffic accidents varies between countries, depending on factors such as transport infrastructure, road safety, driving culture, among others. Brazil is known for having a relatively high rate of traffic accidents. According to data from the World Bank, Brazil ranks 13th worldwide in terms of deaths from traffic accidents, with around 24 deaths per 100,000 inhabitants per year. Comparable to other countries in Latin America, but much higher than the rate in developed countries, such as Sweden, for example, which has a rate of just 2 deaths per 100,000 inhabitants per year. It is important to highlight that this data varies over time and is affected by many factors, such as changes in traffic conditions and the implementation of new road safety policies. Technology works to improve road safety, offering innovative solutions that help prevent accidents and protect lives. With technology, it is possible to collect and analyze data related to urban mobility in a repository, as is the case with Waze, which, through the use of algorithms and data analysis, allows the traffic area to identify behavior patterns of drivers, being collected via user sharing called crowdsourcing, helps to assess risk areas and outline accident prevention strategies. Advanced tracking and monitoring systems, such as telemetry, allow companies to have full visibility over their fleets. It is possible to monitor the location of vehicles, the routes taken, speed and other important data. With this real-time information, risk behaviors can be identified, such as speeding or route deviations, enabling immediate corrective measures to be taken. In Manaus, population density and an increase in the number of vehicles can lead to prolonged periods of traffic congestion in certain areas. The quality of transport infrastructure and traffic routes is another important characteristic of Manaus traffic. Some areas of the city may suffer from a lack of maintenance, affecting the safety of drivers and pedestrians. Furthermore, truck traffic is an important aspect of Manaus' traffic, especially due to the city's location as a freight transport center for the Northern region of Brazil. The result of the 10 neighborhoods with the most notifications was obtained, with the Flores neighborhood coming first, followed by the Cidade Nova, Aleixo and Parque Dez de Novembro neighborhoods, which are characterized by their territorial extensions, high number of resident population and by having the main travel routes between areas of the city of Manaus. The neighborhoods that had the lowest notification rates such as Japiim, São José Operário, Chapada, Novo Aleixo, presenting less than a thousand notifications per month and are associated with Avenida Djalma Batista, Avenida Autaz Mirim and Avenida General Rodrigo Otávio. Drivers' lack of awareness, excessive speed and lack of adequate signage are some of the main causes of traffic accidents in the city and have an impact on the high rates of traffic accidents. Effective public policies to reduce traffic accidents must take into account a series of factors, including infrastructure, traffic engineering, education and training, regulation and enforcement, and technology.

Keywords: Waze; Crowdsourcing; Big Data; Traffic; Manaus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da Frota de Manaus de 1999 até 2023.	28
Figura 2 - Processo de coleta de dados via API do Waze.	30
Figura 3 - Processo de criação de um repositório.	31
Figura 4 - Mapa de Calor, Quantidade de Notificações por Mês e Top 10 Bairros.....	35
Figura 5 - Notificações por dias da semana e os Top 10 Bairros.	36
Figura 6 - Notificações por horário de pico e as top 10 ruas.	37
Figura 7 - Avaliação Preditiva, relatório por I.A e os Top 10 Bairros.	38
Figura 8 - Avaliação Preditiva, relatório por I.A e os Top 10 Bairros.	39
Figura 9 - Análise de dados do Waze ,com as classificações de Acidentes Graves,Leves e sem Informação.	40
Figura 10 - Análise de dados do Waze, com as classificações de Acidentes Graves.	42
Figura 11 - Análise de dados do Waze, com as classificações de Acidentes Leves.	43
Figura 12 - Análise de dados do Waze ,com as classificações de Acidentes sem Informação.....	44
Figura 13 – Notificações por Dia.....	45
Figura 14 - Acidentes graves, leves e sem informações - Setembro de 2023.....	47
Figura 15 - Dados coletados no Site da SES-AM, sobre despesas do Estado com vítimas de acidentes de trânsito na capital.	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
API	Application Programming Interface
AT	Acidentes de trânsito
CCP	Connected Citizens Program
CID-10	Classificação Estatística Internacional de Doenças
CFM	Conselho Federal de Medicina
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
DATASUS	Departamento de Informática do SUS
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DPVAT	Seguro Obrigatório causado por Danos Pessoais ou por Veículos Automotores de Via Terrestre
FCD	Dados de carros flutuantes
GPS	Global Positioning System
IMMU	Instituto Municipal de Mobilidade Urbana
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ITS	Intelligent Transport Systems
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PCC	Programa Cidadãos Conectados
PNATRANS	Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito
SAMU-AM	Serviço De Atendimento Móvel De Urgência Do Amazonas.
SES-AM	Secretaria De Estado De Saúde Do Amazonas.
SP	São Paulo
STT	Sinistros de transporte terrestre
SUS	Sistema Único de Saúde
TIM	Incidentes de trânsito
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVO	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO TEÓRICA	16
3.1 O APLICATIVO WAZE	16
3.2 O PROGRAMA CIDADÃOS CONECTADOS DO WAZE	17
3.3 GESTÃO DE INCIDENTES DE TRÂNSITO	17
3.4 O QUE É UM BIG DATA.....	19
3.5 O QUE É O CROWDSOURCING	20
3.6 CROWDSOURCING NA DETECÇÃO DE INCIDENTES DE TRÂNSITO	21
3.7 CARACTERIZAÇÃO DE DADOS DE TRÁFEGO CROWDSOURCED.....	22
3.8 RELACIONANDO E COMBINANDO RELATÓRIOS DE INCIDENTES	22
3.9 AVALIAÇÃO DE CONFIABILIDADE	23
3.10 AVALIAÇÃO DE GRAVIDADE	24
3.11 EVENTOS DE TRÂNSITO.....	24
3.12 IMPACTO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO NA SAÚDE PÚBLICA E CARACTERIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE SAÚDE À POPULAÇÃO	25
4 MÉTODO DA PRODUÇÃO	26
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO WAZE	27
4.2 CRESCIMENTO DA FROTA E MEDIÇÕES DE CONGESTIONAMENTOS	27
5 MECANISMOS ADOTADOS	29
5.1 COLETA DE DADOS	29
5.2 ANÁLISE DESCRITIVA E QUANTITATIVA.....	32
4.3 ANÁLISE DO VALOR DE CONFIABILIDADE FORNECIDO PELO WAZE	33
4.4 IDENTIFICANDO ALERTAS RELACIONADOS.....	33
4.5 AVALIAÇÃO DA GRAVIDADE	34
6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	34
6.1 ANÁLISE DE FREQUÊNCIA.....	40
7 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

O termo acidente de trânsito é definido como um evento que ocorre em via pública e é resultado de trânsito de veículos e pessoas causando danos humanos e materiais. Esta definição foi concedida pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) e Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e inclui ainda colisões, choques, capotamentos, tombamentos, atropelamentos e queda de pedestres e ciclistas (MELO; MENDONÇA, 2021).

Aproximadamente 43 mil pessoas por ano morrem devido a acidentes de trânsito no Brasil sendo esta uma das principais causas de morte no país. Comparado em nível mundial, em 2014 o Brasil era o quinto país com mais acidentes de trânsito no mundo e no período de 2011 a 2021, houve um aumento de 505% dos acidentes com motocicletas e um aumento de 57,2% dos acidentes com automóveis (MELO; MENDONÇA, 2021).

Essas taxas de mortalidade e hospitalizações indicam que o país não está na direção correta ao combate dos acidentes de trânsito mesmo tendo rede informatizada dos dados, facilidades tecnológicas como radares e lombadas eletrônicas, maior desenvolvimento de segurança na fabricação de automóveis e a melhoria da engenharia de tráfego. Desta forma a análise espacial e técnicas de distribuição são importantes ferramentas que fornecem dados precisos quanto à localização de pontos críticos de acidentes permitindo que sejam realizadas intervenções de engenharia de tráfego assim como o planejamento e gestão do trânsito (MELO; MENDONÇA, 2021).

De acordo com o Conselho Federal de Medicina (CFM), os desastres nas ruas e estradas do País também já deixaram mais de 1,6 milhão de feridos nos anos de 2009 a 2019, ao custo direto de quase R\$ 3 bilhões para o Sistema Único de Saúde (SUS) (Conselho Federal de Medicina, 2019). Esse custo inclui gastos com internações hospitalares, cirurgias, tratamentos ambulatoriais, reabilitação, entre outros. Além disso, há os custos indiretos, como o tempo de trabalho perdido pelos feridos e suas famílias, o que impacta a economia do país.

Os custos do SUS para a cidade de Manaus podem variar bastante de acordo com diversos fatores, como o número de habitantes, a demanda por serviços de saúde, a disponibilidade de recursos e a eficiência na gestão.

No entanto, é possível afirmar que os gastos com saúde costumam ser bastante elevados em todo o país, e em Manaus não é diferente. Isso se deve tanto ao tamanho da cidade (que é a capital do estado do Amazonas e conta com mais de 2 milhões de habitantes), quanto ao fato

de que a região enfrenta desafios específicos em relação à saúde pública, como a alta incidência de doenças tropicais e o difícil acesso a algumas áreas.

Políticas públicas eficazes para a redução de acidentes de trânsito devem levar em conta uma série de fatores, incluindo infraestrutura, engenharia de tráfego, educação e treinamento, regulamentação e fiscalização e tecnologia. Algumas formas pelas quais as políticas públicas podem ajudar a reduzir acidentes de trânsito são considerando construção de estradas seguras, cicloviárias, calçadas e cruzamentos seguros são importantes para garantir a segurança dos usuários da estrada.

Há também a possibilidade de implementação de semáforos, sinais de pare e cruzamentos elevados podem ajudar a diminuir o número de acidentes além da educação e o treinamento dos motoristas, ciclistas e pedestres são importantes para aumentar a conscientização sobre as leis de trânsito e as práticas seguras. A regulamentação e a fiscalização são importantes para garantir que as leis de trânsito sejam cumpridas e para punir aqueles que as violam e assim a tecnologia pode ser usada para ajudar a reduzir acidentes de trânsito, por exemplo, a implementação de sistemas de segurança em veículos, como câmeras de segurança, sensores de freio automáticos e alertas de colisão e uso de indicadores relacionados a notificações através de aplicativos ou outras fontes de dados.

Cabe destacar que a implementação de políticas públicas eficazes é fundamental para a redução de acidentes de trânsito e, para isso, é importante que haja colaboração e coordenação entre diferentes áreas do governo, incluindo transporte, segurança pública e saúde. Os acidentes de trânsito podem ter várias causas, incluindo, condições climáticas adversas, como chuva, neve e vento, falta de sinalização adequada e manutenção de estradas.

A condução imprudente, incluindo dirigir sob influência de álcool ou drogas, excesso de velocidade, ultrapassagens indevidas e falta de uso de cinto de segurança também influenciam diretamente nos resultados além de problemas mecânicos com os veículos, incluindo pneus furados, freios deficientes e problemas de direção. Outros fatores são a distração dos motoristas, incluindo uso de telefones celulares, mensagens de texto, mapas e outros dispositivos eletrônicos assim como a falta de atenção dos pedestres, incluindo o uso de fones de ouvido e a distração com dispositivos eletrônicos e até mesmo a falta de infraestrutura segura como por exemplo, para ciclistas e motociclistas.

É importante destacar que muitos acidentes de trânsito são evitáveis se todos os envolvidos (motoristas, pedestres e ciclistas) seguirem as regras de trânsito e usarem cautela ao dirigir ou caminhar nas vias públicas. Outro ponto importante é a responsabilidade do cidadão, onde ele pode ajudar na diminuição de acidentes de trânsito, como: respeito às leis de trânsito:

o cidadão deve respeitar as leis de trânsito, como sinalizações, limites de velocidade e regras de prioridade; Uso do cinto de segurança: é importante usar o cinto de segurança ao dirigir ou viajar como passageiro em veículos; Direção defensiva: é importante dirigir com atenção, sempre prestando atenção no trânsito ao redor e antecipando possíveis riscos; Uso de equipamentos de segurança: além do cinto de segurança, o uso de capacetes para motociclistas e assentos para crianças em veículos também são importantes para a segurança no trânsito; Não dirigir sob efeito de álcool ou drogas: dirigir sob efeito de álcool ou drogas é uma das principais causas de acidentes de trânsito e é proibido por lei; Educação no trânsito: a educação no trânsito é fundamental para a formação de cidadãos conscientes e responsáveis no trânsito; Denúncia de condutas perigosas: o cidadão também pode ajudar a denunciando condutas perigosas no trânsito, como dirigir sob efeito de álcool ou drogas, ultrapassagens indevidas e outras infrações.

Além disso, é importante lembrar que cada cidadão tem um papel importante na segurança no trânsito e na diminuição de acidentes. Ao seguir as regras de trânsito, praticar uma condução segura e consciente, e contribuir para a educação no trânsito, o cidadão pode ajudar a tornar as ruas e estradas mais seguras para todos.

Uma outra contribuição do cidadão é através do crowdsourcing que é um modelo de colaboração em que uma grande quantidade de pessoas fornece informações ou soluções para um determinado problema. Dentre os tipos de colaboração, podemos citar a da utilização do Aplicativo de navegação Waze, onde se coleta informações sobre o trânsito e se compartilha com os seus usuários.

O Waze foi fundado em 2006, em Israel, como uma plataforma de navegação GPS (Global Positioning System). Em 2013, o aplicativo foi adquirido pelo Google e agora é uma das opções mais populares de navegação por GPS. Os usuários compartilham informações de trânsito e estradas em tempo real, que o Waze considera no cálculo da rota. A velocidade do tráfego e os tempos de viagem são informados automaticamente pelo aplicativo. Além disso, os usuários podem contribuir ativamente relatando um incidente, como um acidente de carro ou avaria de um veículo. A coleta dessas informações de trânsito em tempo real é valiosa para as agências de transporte. Com a ajuda desta informação crowdsourced, o transporte pode tornar-se mais seguro, mais rápido, mais eficiente e mais amigo do ambiente.

Em 2014, o Waze iniciou uma colaboração, denominada Programa Cidadãos Conectados (CCP), com agências de trânsito e operadoras rodoviárias para troca de informações de trânsito em tempo real. O objetivo do programa é disponibilizar dados de incidentes relatados pelo Waze para autoridades de trânsito que possam resolver os incidentes relatados e fornecer

aos motoristas do Waze informações aprimoradas em tempo real e baseadas em localização sobre as condições do tráfego rodoviário (Programa Waze Connected Citizens, 2018).

Durante os primeiros anos do programa do PCC, ganhou interesse global. Existem muitas agências de transporte em todo o mundo que colaboram ativamente com o Waze. Sua análise de dados pode ser uma ferramenta útil para auxiliar na diminuição de acidentes de trânsito na região metropolitana de Manaus. Uma vez que o aplicativo fornece informações em tempo real sobre o tráfego, incluindo ocorrências de acidentes, obras, congestionamentos etc. Ao coletar e analisar esses dados, é possível identificar padrões e tendências que podem ajudar a prevenir acidentes de trânsito e diminuir acidentes de trânsito na região metropolitana de Manaus.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar Notificações de Acidentes de Trânsito na Região Metropolitana de Manaus a partir do aplicativo Waze onde cada evento registrado no mapa ao vivo, possui vários metadados, e dos mais variados como acidentes, buracos, engarrafamentos, motoristas entre outros, demonstrando a dinâmica do trânsito. Os dados de notificação de acidentes de trânsito poderão auxiliar na elaboração de políticas públicas de saúde na região metropolitana de Manaus e na criação de um repositório de coleta de dados.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Criar repositório de dados a ser utilizado como API - Application Programming Interface de consulta de informações referentes as notificações de acidentes de trânsito;
- Desenvolver dashboard contendo, além de outros dados, mapa de calor das regiões com maiores índices de acidentes de trânsito na região metropolitana de Manaus conforme dados obtidos por um aplicativo;
- Apresentar indicadores dos acidentes de trânsito da região metropolitana de Manaus, neste momento através das notificações diárias, utilizando um modelo de série temporal. Ao analisar acidentes de trânsito diários, é possível identificar padrões recorrentes ao longo do tempo, como sazonalidades (por exemplo, aumento de acidentes em feriados) e tendências de longo prazo (como uma diminuição gradual ou aumento na frequência de acidentes ao longo

dos anos), dessa forma sendo utilizados pelos tomadores de decisão e elaboradores de políticas públicas para área de saúde

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 O APLICATIVO WAZE

Waze é um aplicativo de navegação com a iniciativa de criar comunidades locais de motoristas que possam compartilhar informações de trânsito entre si. Esses dados de tráfego e estradas em tempo real relatados pelos passageiros conectados são usados para melhorar a qualidade da condução diária de todos. Como acontece com todos os aplicativos de crowdsourcing, o valor do Waze depende muito do número de usuários. Só será possível aproveitar os benefícios do Waze se houver um número suficiente de usuários que gerem informações de trânsito. Quanto mais usuários, mais dados são coletados, o que leva a um cálculo de rota mais preciso (Lenkei, 2018).

Além dos usuários médios, membros muito importantes da comunidade do Waze são os editores de mapas que mantêm o mapa atualizado editando trechos de estradas e marcando interdições de estradas voluntariamente. Eles coletam informações sobre fechamentos de estradas nos sites e serviços dos operadores rodoviários e editam o mapa manualmente. Não há centralização controle sobre seu trabalho, no entanto, o mapa do Waze é muito confiável. Como parte do projeto anterior, a apresentação de uma via específica interditada foi comparada entre o mapa do Waze e vários outros mapas (trafiken.nu, mapas do Google, entre outros). O relatório indicou que o Waze teve a visualização mais detalhada e compreensível dos incidentes entre todos os mapas. Isto mostra o quão valioso é o trabalho voluntário dos editores de mapas (Rudmark & Arnestrand, 2018).

As vantagens do Waze são tangíveis em cidades onde podem ocorrer congestionamentos graves durante os horários de pico e o menor incidente nas estradas podem levar a longas filas de trânsito. Nessas situações, o Waze pode sugerir rotas alternativas e ajudar os motoristas a evitar as estradas congestionadas. Desde que o Waze foi criado em 2006 em Israel, ele ganhou popularidade global, principalmente nas cidades da América do Norte e do Sul, onde também é reconhecido como uma ferramenta padrão para navegação e fonte básica de informações de trânsito (Lenkei, 2018).

3.2 O PROGRAMA CIDADÃOS CONECTADOS DO WAZE

Se uma organização aderir ao CCP, ela terá acesso às informações de trânsito coletadas pelo Waze. Inclui:

- a) alertas de trânsito anônimos e em tempo real relatados por wazers (usuários do Waze);
- b) informações de lentidão de tráfego geradas pelo sistema, e
- c) irregularidades, engarrafamentos incomuns identificados pelo sistema

Em troca, a agência de trânsito compartilha com o Waze suas próprias informações de trânsito, incluindo fechamentos de estradas, incidentes e grandes eventos de trânsito. Existem várias ferramentas de relatórios fornecidas:

- a) Uma API de feed ao vivo para upload de dados no formato de dados próprio do Waze;
- b) Waze Map Editor, uma ferramenta de edição de mapas baseada na web, ou
- c) Relatórios por e-mail.

O Waze disponibiliza seus dados para download por meio da API do Waze (feed de dados). Além disso, para visualizar os incidentes, o Waze desenvolveu um aplicativo web baseado em mapas para operadores de gerenciamento de tráfego. Chama-se Traffic View Tool e pode ser usada para monitorar incidentes e o fluxo de tráfego em tempo real em um mapa. Fornece uma visão geral das condições de tráfego na área monitorada, mas também é possível observar o fluxo de tráfego ao longo de rotas personalizadas.

3.3 GESTÃO DE INCIDENTES DE TRÂNSITO

Um incidente de trânsito pode ser definido como um evento imprevisto que impacta a segurança e/ou a capacidade da rede rodoviária. A gestão de incidentes de trânsito (TIM) é “detecção coordenada, resposta e remoção de incidentes de trânsito e restauração da capacidade de tráfego da forma mais rápida e segura possível” (Leonard, 2017). Num TIM bem organizado, os incidentes são tratados através da utilização de medidas e recursos sistemáticos e coordenados com os seguintes objetivos (Steenbruggen, et al., 2012):

- a) Garantir a segurança no trânsito e a segurança das vítimas de acidentes e dos socorristas;
- b) Reduzir o impacto do incidente no fluxo de tráfego e restaurar o fluxo para

normalidade;

- c) Controlar os danos causados pelo incidente nos veículos e na infraestrutura rodoviária.

A TIM baseia-se na coordenação entre vários órgãos públicos (normalmente a autoridade rodoviária, o operador rodoviário, a polícia, os bombeiros e os serviços de ambulância) e parceiros do sector privado (mídia, fornecedores de navegação rodoviária). A colaboração e coordenação entre estas organizações é crucial para uma gestão de tráfego eficiente. (Leonard, 2017)

Na detecção convencional de incidentes de trânsito existe uma ampla gama de sensores utilizados no monitoramento de tráfego. As tecnologias de sensoriamento podem ser divididas em dois grupos, intrusivas e não intrusivas quanto à sua influência no fluxo de tráfego e na segurança durante a instalação e manutenção (Yu & Prevedouros, 2013). Tradicionais os sensores intrusivos são o loop indutivo ou magnetômetro, enquanto os sensores não intrusivos utilizam tecnologias de processamento de imagem infravermelha, radar, ultrassônica ou de vídeo. Esses sensores são estrategicamente colocados em locais cuidadosamente selecionados, normalmente rodovias e cruzamentos importantes para medir volume de tráfego, velocidade, densidade, tempo de viagem, classe de veículo ou ocupação de faixa. (Weil, et al., 1998)

Durante a última década, os métodos utilizados na detecção de incidentes de trânsito evoluíram muito. Leduc (2008) chamou sensores ao longo da estrada como tecnologias convencionais utilizadas na coleta de dados de tráfego. Ele descreve a tecnologia de dados de carros flutuantes (FCD- Floating Car Data) como um método alternativo, que é uma solução muito promissora e econômica em comparação com os sistemas de detectores fixos. O principal argumento é a cobertura limitada dos sensores.

O conceito do FCD consiste em obter informações de tráfego em tempo real, rastreando o veículo através de celulares ou GPS em todas as estradas. Isso implica que cada carro possua um dispositivo celular ou GPS que atue como sensor da malha viária. Informações como a posição do veículo, a velocidade e a direção da viagem são transmitidas de forma anônima para um centro de processamento central. O FCD representa uma fonte adicional, ou até mesmo complementar, de informações de excelência em relação às tecnologias já existentes. Essas informações contribuem para aprimorar a segurança, eficiência e confiabilidade do sistema de transporte. Tornam-se essenciais para o avanço dos novos Sistemas de Transporte Inteligentes (Leduc, 2008).

Além disso, para enfatizar esta afirmação, ele lista as tecnologias de sensores rodoviários mais comuns e os custos de instalação e manutenção relacionados. Os sensores

rodoviários têm suas limitações e desafios, como é revelado em (Yu & Prevedouros, 2013). Os autores estudaram o desempenho de vários sensores de tráfego não intrusivos em diferentes condições de tráfego e climáticas. Segundo Leduc (2008) a tecnologia FCD é uma forma eficiente de coletar informações de tráfego em tempo real. Abrange uma grande rede rodoviária por um custo muito menor do que as tecnologias de sensores tradicionais. No entanto, ainda existem incertezas sobre o FCD relativamente à qualidade, taxa de penetração, extensão de cobertura em áreas com estradas mais pequenas, etc.

Com base na análise dos estudos revisados, serão oferecidas oportunidades para apoiar as políticas públicas que incorporem o uso das análises de dados coletados do Waze na gestão do tráfego e na redução de acidentes na região metropolitana de Manaus.

3.4 O QUE É UM BIG DATA

Big Data é um termo que se refere a grandes quantidades de dados, tanto estruturados como não estruturados, que são difíceis de serem processados por meios tradicionais de processamento de dados (ALLAM; DHUNNY, 2019). Suas características são: volume (grande quantidade de dados), variedade (dados estruturados e não estruturados), velocidade (geração rápida de dados) e veracidade (confiabilidade dos dados).

A análise de Big Data pode ser realizada através da Inteligência Artificial que é uma forma dos computadores analisarem dados como se fossem humanos e assim imitar padrões de pensamentos e com o aumento de dados e processamento, a precisão dos dados analisados aumenta concomitantemente trazendo uma resposta em tempo real dos dados analisados (ALLAM; DHUNNY, 2019).

As tecnologias tradicionais têm limitações na capacidade de armazenamento de dados assim como ferramentas de gerenciamento sem flexibilização e valores monetários altos para serem adquiridos e assim as empresas não conseguiam armazenar arquivos por longos períodos e nem os gerenciar com eficiência quando obtinham um enorme conjunto de dados. Com a revolução do Big Data pode-se atualmente limpar, processar, analisar, proteger e fornecer um acesso significativo a enormes conjuntos de dados em evolução. Devido a interessante extração de dados do Big Data países como os Estados Unidos e Japão já usam desta tecnologia há anos para lançarem projetos importantes para estratégias tecnológicas nacionais (OUSSOUS, et al. 2018).

Um exemplo de usabilidade relacionado a notificações de acidentes de trânsito é a coleta em tempo real de fontes como câmeras de segurança, telefones celulares, sistemas de GPS como

o Waze e google maps e sensores de tráfego para monitorar a situação do tráfego em tempo real e identificar rapidamente áreas problemáticas ou pontos críticos. Esses dados podem ser analisados para prever e prevenir acidentes, gerenciar o tráfego de forma mais eficiente e fornecer informações em tempo real a motoristas.

3.5 O QUE É O CROWDSOURCING

O termo Crowdsourcing refere-se ao uso de voluntários dispostos a resolver problemas, desenvolver tecnologias e contribuir com dados (NEVES; DIAS; CORDEIRO, 2018). Traduzindo o termo para o português, significa “colaboração coletiva” ou “contribuição coletiva” o que nos leva a observar que a utilização desta estratégia nos possibilita a aquisição de várias informações acerca de mobilidade urbana que normalmente não são capturadas por meio de abordagem e técnica tradicional (NEVES; DIAS; CORDEIRO, 2018).

Este sistema é criado a partir do fornecimento de dados necessários pelos próprios usuários, através de seus dispositivos móveis trazendo a possibilidade de atualização constante dos dados. Essa cooperação espontânea das pessoas auxilia organizações de vários segmentos, nas organizações privadas há a possibilidade de adquirir vantagens competitivas, principalmente via redução de custos fixos, aumento de margens e reinvestimentos de recursos em outras áreas ou projetos mais alinhados à proposta da empresa. Já no setor público pode contribuir de maneira relevante para diversas ações, execuções e formulações de políticas públicas dos órgãos governamentais conforme as necessidades da população expressas através do crowdsourcing (MOTA; LIMA, 2018; NEVES; DIAS; CORDEIRO, 2018).

Alguns exemplos de crowdsourcing relacionados a notificações de acidentes de trânsito incluem:

- a) Aplicativos de mapas que permitem que os usuários reportem acidentes em tempo real.
- b) Plataformas sociais que permitem que os usuários compartilhem informações sobre acidentes de trânsito em suas localidades.
- c) Sistemas de comunicação por voz que permitem que os usuários compartilhem informações sobre acidentes de trânsito com outros motoristas.
- d) Sensores inteligentes em veículos que podem coletar e compartilhar informações sobre acidentes de trânsito em tempo real.
- e) Sistemas de transmissão de dados que permitem que as autoridades de trânsito e emergência recebam informações sobre acidentes de trânsito diretamente dos

usuários.

3.6 CROWDSOURCING NA DETECÇÃO DE INCIDENTES DE TRÂNSITO

Com a crescente conectividade online e a popularidade das redes sociais, surgiu um novo método para detectar incidentes de trânsito. A mineração das redes sociais para extrair informações sobre incidentes inspirou vários estudos (Georgiou, et al., 2015; Qian, 2016; Xu, et al., 2018). Todos eles referem-se à utilização de big data na detecção de incidentes como uma alternativa eficiente e econômica porque uma grande quantidade de dados está acessível gratuitamente. Foram desenvolvidos modelos de mineração de dados que realizam uma classificação precisa dos dados do Twitter para detectar incidentes.

Um dos problemas da mineração de mídias sociais é a localização dos tweets, já que apenas uma pequena parte deles carrega coordenadas de latitude/longitude. Qian (2016) inventou uma série de analisadores geográficos e geocodificadores para extrair informações de localização dentro dos textos do Twitter. Georgiou, et al. (2015) propuseram um modelo de regressão da gravidade do tráfego baseado apenas no volume social gerado. Alcançaram uma melhoria significativa no desempenho do modelo ao explorar o facto de as pessoas reclamarem em diferentes níveis ao longo do dia.

As vantagens do crowdsourcing em aplicações ITS (Intelligent Transport Systems) é que não há necessidade de implantação de sensores sofisticados nas estradas ou de dispositivos de comunicação complexos dentro dos veículos (Ali, et al., 2012). Poderia ser uma solução especialmente nos países em desenvolvimento, onde as soluções convencionais de monitorização de tráfego não podem ser aplicadas (Roopa, et al., 2013).

Exemplos de serviços de crowdsourcing espacial no setor de transportes são FixMyStreet3, para relatar a necessidade de reparar infraestrutura de transporte, Moovit4 para mapeamento de transporte público ou Waze, um aplicativo de navegação que oferece cálculo de rotas considerando as condições atuais de trânsito informadas pelos próprios usuários. Além do custo reduzido, outra vantagem do crowdsourcing na recolha de dados de trânsito é a capacidade de captar eventos que não são tão fáceis de detectar com sensores, mas que podem ser facilmente registados pelos condutores através dos seus telemóveis.

Ali, e outros. (2012) apresentam CrowdITS, o conceito de como o crowdsourcing pode ser utilizado em aplicações ITS e projetam a arquitetura do sistema. Uma parte importante do conceito consiste em recolher contributos humanos e integrá-los com outras fontes disponíveis. No entanto, os autores apontam que inúmeros desafios ainda precisam ser resolvidos para a

adoção do crowdsourcing nas aplicações ITS. Duas delas são a agregação eficiente de dados e a verificação dos dados de crowdsourcing.

3.7 CARACTERIZAÇÃO DE DADOS DE TRÁFEGO CROWDSOURCED

O Waze é um dos aplicativos de crowdsourcing mais populares na detecção de incidentes de trânsito. A dinâmica da cidade e os padrões de comportamento urbano são aspectos importantes ao projetar uma aplicação que utiliza humanos no processo de sensoriamento. Silva, e outros. (2013) caracterizam a cobertura espacial e temporal dos dados do Waze para compreender a dinâmica da cidade e os padrões de comportamento urbano. Isso poderia ajudar a descobrir as oportunidades para o design de aplicativos usando dados coletados do Waze, bem como suas limitações.

Em particular, mostraram a frequência altamente desigual de relatórios de alerta, tanto espacial como temporalmente, o que está altamente correlacionado com a rotina típica das pessoas. A distribuição espacial dos alertas, analisada numa grelha fina, mostra que a maioria dos quadrantes tem apenas um pequeno número de alertas e os alertas concentram-se em relativamente poucos quadrantes. Essas áreas são normalmente locais com fluxo de tráfego mais intenso. A distribuição temporal dos alertas revela que os alertas são mais comuns em áreas urbanas durante os horários de pico.

3.8 RELACIONANDO E COMBINANDO RELATÓRIOS DE INCIDENTES

Como Ali, et al. (2012) mencionam, um dos desafios na utilização de dados de tráfego crowdsourced é para combinar os alertas relacionados e integrá-los com dados de outras fontes. Eles propuseram uma solução simples, geohashing, para mapear e vincular vários eventos, de diferentes fontes. Baseia-se apenas na distância entre dois locais, não sendo consideradas as características da rede rodoviária.

Apenas a proximidade espacial foi considerada, uma vez que o foco estava em abordar aplicações de ITS que não fossem em tempo real. Santos, e outros. (2017) propuseram uma abordagem mais sofisticada, na medida em que o nome das estradas e o tempo de notificação também são considerados ao combinar os alertas de acidentes do Waze com os dados oficiais de tráfego em Belo Horizonte, Brasil. Eles definem critérios de correspondência espacial e temporal: “dois registros referem-se ao mesmo incidente se foram relatados com intervalo de uma hora um do outro e ocorreram (1) a 50 metros um do outro, ou (2) a 150 metros na mesma

estrada ”. Eles não realizaram nenhuma calibração nem verificaram os critérios. Os limites baseiam-se em suposições, tais como o possível atraso na comunicação de acidentes e a imprecisão das informações de localização disponíveis.

3.9 AVALIAÇÃO DE CONFIABILIDADE

Um dos riscos da recolha de dados através do método de crowdsourcing é a estimativa da fiabilidade da informação recebida. Salamanis, et al. (2016) propuseram uma estrutura probabilística para estimar a confiabilidade de alertas de tráfego crowdsourced. Além da reputação individual do usuário, incluíram no modelo as informações de localização e a velocidade do repórter.

De acordo com a especificação de dados do Waze, existe um mecanismo centralizado oculto para validar as informações de trânsito informadas no Waze. Baseia-se na classificação do repórter e nas confirmações que o alerta recebeu de outros usuários. Apesar deste mecanismo, o Waze não pode garantir que todos os alertas publicados sejam certamente verdadeiros. Uma das bases da aplicação é a confiança na sociedade, de que as informações cadastradas pelos usuários são verdadeiras.

Embora tenha havido casos em que cidadãos furiosos tentaram enganar o Waze reportando falsos incidentes de trânsito (Hendrix, 2016), estes protestos solitários não têm qualquer impacto substancial num sistema verificado por multidões. Um usuário rebelde pode ser facilmente detectado e removido do sistema como aconteceu em (Hendrix, 2016). Mas não é o caso dos ataques programáticos.

Jeske (2013) investigou a privacidade e problemas de autenticidade com o protocolo de comunicação do Google e do Waze. Eles mostraram que os invasores podem manipular anonimamente os dados de tráfego do Waze e influenciar ativamente o software de navegação. Além disso, o ataque não requer nenhum equipamento especial e é relativamente barato. Como foi demonstrado pelos estudantes israelitas, que hackeou com sucesso o Waze fingindo um engarrafamento (Yahav, et al., 2014).

Embora os atos enganosos sejam raros, esses exemplos mostram a vulnerabilidade do Waze. Ao mesclar dados do Waze em sistemas de gerenciamento de tráfego, sempre haverá a questão de quão confiável é um alerta antes de reagir a ele.

3.10 AVALIAÇÃO DE GRAVIDADE

A capacidade de prever a gravidade de um incidente de forma eficiente é muito importante na gestão de incidentes de trânsito. Previsões precisas da gravidade podem ajudar as equipes de emergência a estimar os impactos potenciais e a aplicar medidas apropriadas de resposta a incidentes. A definição e a classificação da gravidade de um incidente não são, no entanto, unificadas entre as diferentes partes envolvidas na gestão de incidentes. Por exemplo, os departamentos de polícia preocupam-se com a segurança pública, enquanto a gestão do tráfego se concentra no fluxo do tráfego e os serviços médicos de emergência na presença e extensão dos ferimentos (Zong, et al., 2013).

Em relação ao efeito do incidente no fluxo de tráfego, as variáveis que influenciam a gravidade são o local do incidente, a data, a hora, o número de faixas afetadas e o tipo do incidente (Leonard, 2017). Vários modelos de previsão de gravidade foram propostos (Chung, 2010); (Anastasopoulos, et al., 2012). (Zong, et al. 2013) mostraram que existe uma forte correlação entre a gravidade e a duração do incidente. No entanto, para aplicar um modelo de previsão de gravidade de forma eficiente, o incidente precisa ser verificado primeiro. Nenhum trabalho anterior foi encontrado que aborde a previsão da gravidade dos alertas do Waze sem se preocupar com outras fontes.

3.11 EVENTOS DE TRÂNSITO

Os acidentes de trânsito (AT) têm se colocado como uma das principais causas de morte, ocupando a 9ª posição no mundo. Dentre as vítimas fatais, 50% são pedestres, motociclistas e ciclistas e, do total de vítimas, 75% são do sexo masculino, sendo a principal causa de morte na faixa etária de 15-29 anos (WHO, 2017). No ano de 2018, a região norte ocupava a quarta colocação no ranking nacional na taxa de mortalidade (BRASIL, 2018).

O Ministério da Saúde classifica acidentes de trânsito como evento de causas externas que podem ser evitáveis e que não são intencionais, sendo um fenômeno multifatorial e que gera consequências variadas (AMBEV e FALCONI, 2017).

Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em sua norma 10.697, o AT é um evento não intencional que resulta em prejuízo a um veículo ou carga e/ou danos físicos em indivíduos e/ou animais. Pelo menos um dos envolvidos deve estar em circulação em via terrestre (ABNT, 1989). De forma mais atual, a Política Nacional de

Redução da Mortalidade por Acidentes e Violência define que acidentes são eventos

não premeditados que podem ser evitáveis e podem gerar consequências físicas e emocionais (BRASIL, 2017).

Os ATs são responsáveis por grande número de lesões não fatais, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS). Para cada morte em acidentes, há pelo menos vinte outras vítimas que sofrem com esse tipo de lesão (BRASIL, 2018a).

O Brasil tem como principal plano para controle do trânsito a lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 que institui o Código de Trânsito Brasileiro (CTB). O CTB conceitua trânsito como a utilização das vias terrestres por pessoas, veículos e animais, isolados ou em grupos, conduzidos ou não, para fins de circulação, parada, estacionamento e operação de carga ou descarga. Por outro lado, o Departamento de Informática do SUS (DATASUS) utiliza o conceito da Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde (CID-10) da OMS para conceituar e classificar os acidentes de transporte. Portanto, acidente de transporte é todo acidente que envolve um veículo usado no momento do acidente, principalmente, para o transporte de pessoas ou de mercadorias, ocorrendo na via pública (DE LIMA, 2019).

Atualmente, tendo uma expansão significativa do número de veículos circulantes nas cidades. Com esse aumento do número de veículos, há a presença do aumento do número de acidentes que envolvem qualquer meio de transporte seja pelo não cumprimento das leis de trânsito ou por outros fatores como a desorganização do trânsito, a deficiência geral da fiscalização, o comportamento dos usuários, uso de bebida alcoólica e a impunidade dos infratores (OLIVEIRA-FRIESTINO et al, 2023).

Observa-se que uma das estratégias que pode ser traçada de medidas preventivas para redução dos índices de acidentes de trânsito é através do perfil das vítimas assistidas pelo Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) que indica através de seu atendimento os grupos com maior risco (LA LONGUINIÈRE et al, 2021).

3.12 IMPACTO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO NA SAÚDE PÚBLICA E CARACTERIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE SAÚDE À POPULAÇÃO

No Brasil, os acidentes de trânsito terrestre (AT) trazem alta prevalência e incidência de morbimortalidade e consequências socioeconômicas sendo considerados assim um dos principais problemas de saúde pública. As maiores prevalências de mortes no trânsito são observadas na Índia e China, respectivamente, o Brasil ocupa a terceira posição. Os AT no Brasil são a segunda causa de morte não natural evitável, sendo responsável por cerca de 40 mil mortes por ano (AMBEV; FALCONI, 2017). Os óbitos e invalidez prolongada ou mesmo permanente comprometem a saúde e qualidade de vida dos cidadãos.

Segundo os dados de mortalidade do Datasus (Ministério da Saúde), no período de 2010

a 2019 houve cerca de 392 mil mortes em sinistros de transporte terrestre (STT) no Brasil, englobando atropelamentos, sinistros com bicicletas, motocicletas, automóveis, caminhonetes, caminhões, ônibus e outros tipos de veículos terrestres (veículos de serviço e fora de estrada). (IPEA, 2023). O sistema de seguridade social e de saúde se mostrou sobrecarregado visto que as mortes e incapacidades decorrentes destes acidentes de trânsito trazem mortes precoces e internações prolongadas, seguidas de reabilitações, afetando diretamente a economia da vítima e sua família já que os indivíduos deixam de trabalhar temporariamente ou permanentemente devido as lesões e incapacitações (PAIVA et al, 2015). Em 2018, o Brasil contou com 209.571 casos de internação e muitos seguros por invalidez pagos pelo seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre (DPVAT). A região Norte foi responsável por 11% das internações, nesse período, com 23.237 pacientes (BRASIL, 2018a).

Conforme cita Gomes (2016) e Calil (2019), as lesões mais frequentes em acidentes de trânsito são:

.... fraturas, contusões, luxações, escoriações, injúrias cerebrais e medulares. Elas atingem inúmeras regiões do corpo, a depender do mecanismo do trauma, como extremidades, quadril, cabeça, face, tórax e abdômen. Dentre os agravos decorrentes desse evento traumático, as que mais acometem motociclistas são as musculoesqueléticas, localizadas principalmente nos membros inferiores/quadril, membros superiores, superfície externa e cabeça. Nos pedestres, ocorrem mais contusões, fraturas e lesões cerebrais, sendo a cabeça, pescoço, face, extremidades e tórax as regiões mais atingidas, tornando essas as vítimas fatais mais frequentes. Os ciclistas, assim como os pedestres, apresentam, sobretudo, contusões, fraturas e lesões cerebrais, e as regiões mais atingidas são extremidades, cabeça e tronco. Ocupantes de veículo fechado apresentam, em especial, contusões, fraturas e lacerações, e as partes do corpo mais atingidas são face, tórax, abdômen e extremidades.

Diante de todas as repercussões e complexidade do AT, no âmbito social e financeiro, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceram no plano de ações da Agenda 2030 para desenvolvimento sustentável como meta a redução do número de mortes e lesões consequentes de acidentes de trânsito até 2020, em nível global. Podemos observar que ainda faltam medidas eficazes de redução e com os anos, caso não atendam à meta, os AT podem assumir em 2030 a sétima causa de morte no mundo (WHO, 2015).

4 MÉTODO DA PRODUÇÃO

O método proposto para a elaboração deste relato técnico mantém rigor científico com a finalidade de explorar aspectos de uma aplicação prática que contribui para um melhor conhecimento de um problema típico das grandes cidades que pode fornecer indícios da interação entre estes.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO WAZE

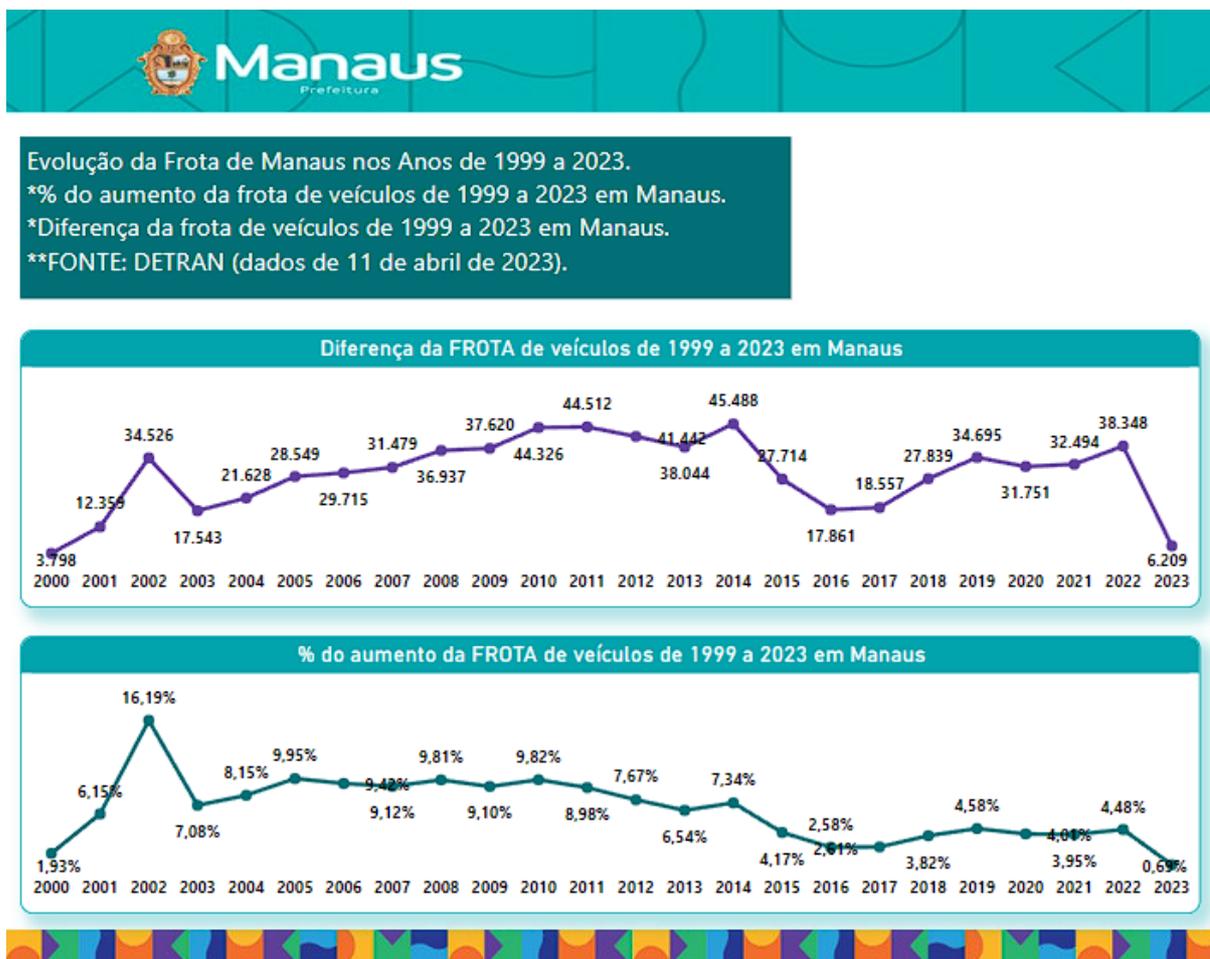
- a) Waze utiliza vários mecanismos para coletar dados de notificações de acidentes de trânsito;
- b) Principal mecanismo de coleta de dados do Waze é através dos usuários ativos do aplicativo, que podem relatar acidentes, engarrafamentos, radares e outros problemas de trânsito enquanto estão dirigindo;
- c) Aplicativo também pode se integrar com outros sistemas, como as informações de trânsito das autoridades locais através de órgãos e entidades executivos de trânsito dos Municípios, para coletar e integrar dados adicionais sobre acidentes de trânsito;
- d) A utilização de seus algoritmos avançados de análise de dados pode processar e agregar as notificações de acidentes de trânsito recebidas dos usuários e outros sistemas, e gerar insights e informações úteis;
- e) Waze também usa mecanismos de validação de dados, como a verificação de fontes e a validação cruzada com outras fontes de dados, para garantir a precisão e a confiabilidade das notificações de acidentes de trânsito;
- f) Esses mecanismos permitem que o Waze colete e processe dados de acidentes de trânsito de forma rápida e precisa, e forneça informações valiosas para melhorar a segurança no trânsito e auxiliar no planejamento de políticas públicas de mobilidade.

4.2 CRESCIMENTO DA FROTA E MEDIÇÕES DE CONGESTIONAMENTOS

É possível utilizar os dados coletados das fontes de informações, que estão em poder dos órgãos responsáveis pelo trânsito e juntamente com os dados do Waze que disponibiliza de forma gratuita e atualizado a cada dois minutos, e avaliar o crescimento da frota, trabalhar nas medições de congestionamentos na cidade de Manaus

A cidade de Manaus tem o sétimo maior tempo de deslocamento entre os vinte maiores municípios do Brasil. A média na capital, é de 41 minutos, 10 minutos a menos comparado a média de São Paulo (SP), a maior cidade do País, de 51 minutos. Os dados são do estudo Desigualdades Socioespaciais de Acesso a Oportunidades nas Cidades Brasileiras – 2019, do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

Figura 1- Evolução da Frota de Manaus de 1999 até 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como é apresentado na Figura 1, são informações coletadas de forma manual que são alimentadas em planilhas no sentido de apresentar a evolução da frota de Manaus nos anos de 1999 até 2023, no primeiro quadrante, é demonstrada a evolução do aumento de veículos de forma quantitativo e logo abaixo, no Segundo quadrante em forma de percentual.

Com essas informações, é possível avaliar o impacto do crescimento da frota na cidade em relação ao congestionamento do trânsito e trabalhar em políticas públicas que possam ajudar a melhorar a mobilidade urbana. Por exemplo, medidas como investimentos em transporte público, criação de novas vias e ampliação de ciclovias e ciclofaixas podem ajudar a aliviar o trânsito e melhorar a circulação na cidade.

O Instituto Municipal de Mobilidade Urbana (IMMU) realiza estudos e pesquisas periodicamente para avaliar a situação do trânsito na cidade, como a Pesquisa Origem e Destino, que é realizada a cada 10 anos e tem como objetivo identificar as principais características dos deslocamentos dos moradores da cidade. Além disso, o instituto também

disponibiliza dados sobre acidentes de trânsito, fluxo de veículos, infrações de trânsito, entre outros indicadores.

5 MECANISMOS ADOTADOS

O Waze coleta informações de incidentes de motoristas e parceiros. Os incidentes relatados aparecem no app e no mapa ao vivo do Waze e são atribuídos aos Wazers que enviaram os alertas.

Cada evento registrado no mapa ao vivo do Waze, possui vários metadados, e pode ser dos mais variados tipos: Acidentes, Buracos, Engarrafamentos, Motoristas e Outros. Os incidentes são agrupados em duas categorias principais: acidentes e perigos. Os acidentes podem ser categorizados como "grave" ou "leve", e os perigos são classificados como "na via", "no acostamento" ou "perigo climático". Os incidentes são importantes para informar os motoristas sobre problemas na via, mas não alteram as rotas. Já as interdições afetam a escolha do trajeto.

Levando em consideração a utilização de soluções sem custos e sistema operacional que seja leve e rápido, o que pode ser tornar um ambiente ideal para sistemas de tempo real, como servidores web e aplicativos de banco de dados, optei por utilizar Linux, sendo a distribuição Debian na versão 10. Dessa forma, minha configuração de hardware, ficou conforme demonstrado abaixo: 4 CPUS, 8 GB de Memória RAM, 500 GB de HD, Requisitos de rede: Acesso à internet e liberação das portas 9200,3000 e 80 para acesso externo

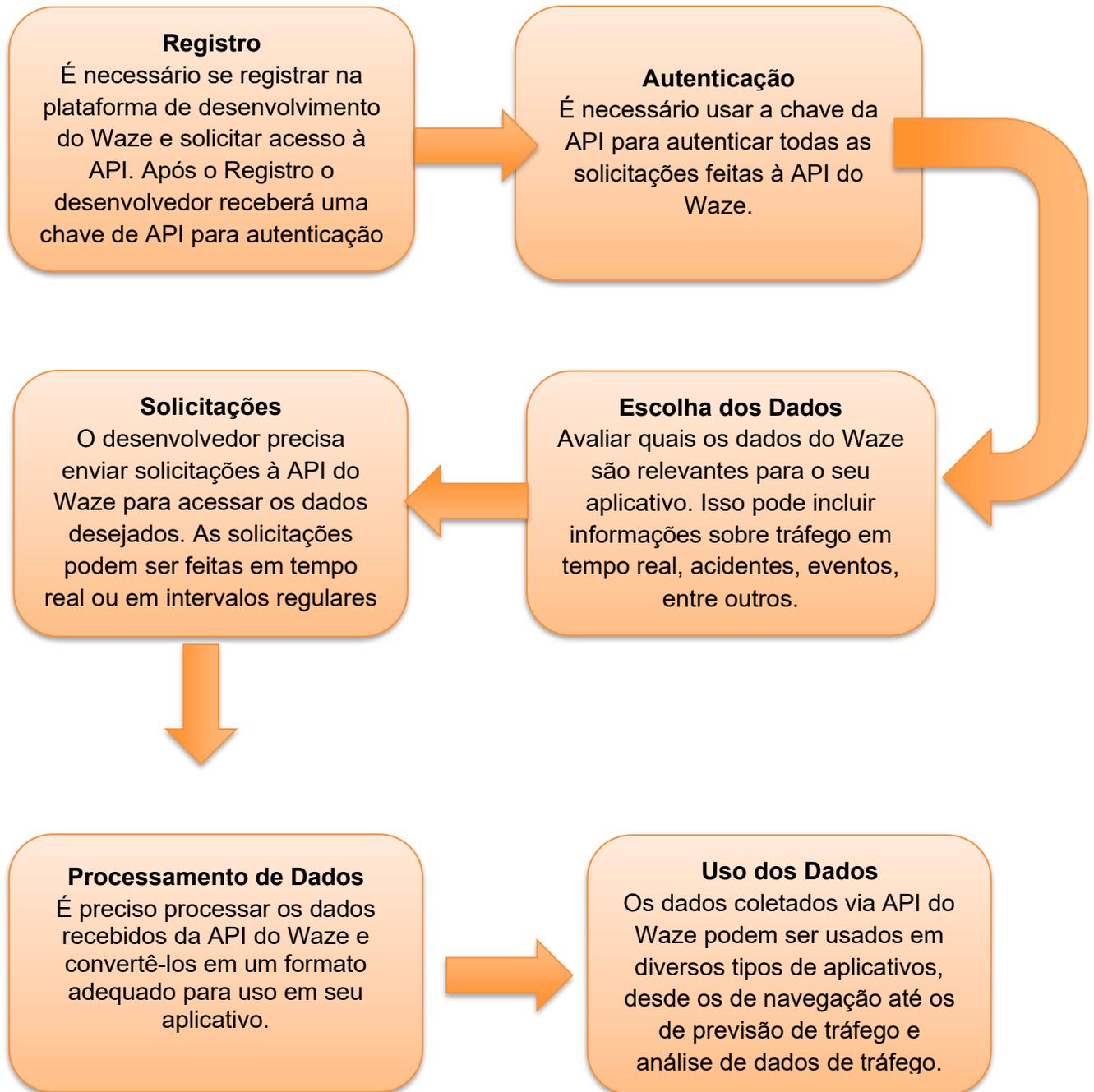
Seguindo a otimização de serviços quanto a gestão da infraestrutura, optei pela configuração de um Docker, que oferece a capacidade de empacotar e executar um aplicativo em um ambiente isolado denominado container. Com isso consigo reduzir significativamente o atraso entre escrever o código e executá-lo na produção.

5.1 COLETA DE DADOS

A coleta de dados, é composta por script desenvolvido em Python que é executado em um determinado intervalo de tempo.

Utilização do Elasticsearch, que é o banco de dados não relacional utilizado para iniciar o container do banco de dados, é preciso rodar 2 containers, o primeiro faz uma configuração, e o segundo utiliza essa configuração para executar o banco de dados de fato.

Figura 2 - Processo de coleta de dados via API do Waze.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na figura 2 observamos que para coletar dados via API do Waze, é necessário seguir os seguintes passos: Cadastro: Primeiramente, é necessário se cadastrar no portal de desenvolvedores do Waze para obter uma chave de acesso à API.

Autenticação: Com a chave de acesso, é possível autenticar-se na API e acessar os

dados. Consulta de dados: Utilizando a API, é possível fazer consultas para obter dados específicos, como notificações de acidentes de trânsito, informações de trânsito, entre outros. A API do Waze oferece diversas funcionalidades para consultas incluindo já dados históricos, dados atuais e dados futuros.

Utilização dos dados: Uma vez obtidos os dados, é possível utilizá-los de acordo com as necessidades de cada projeto ou aplicativo.

Políticas de uso: É importante observar as políticas de uso da API do Waze, que incluem limites de uso, regras de uso dos dados e restrições de uso.

Figura 3 - Processo de criação de um repositório.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Escolha de um serviço de armazenamento: Há diversas opções de serviços de armazenamento disponíveis, como Amazon S3, Google Cloud Storage, Microsoft Azure Blob Storage, Dropbox, entre outros. No nosso caso, foi escolhido o Localweb. É importante escolher um serviço que atenda às necessidades de armazenamento e orçamento do projeto.

Na figura 3, detalhamos sobre a Criação da conta e do bucket: Depois de escolher o

serviço de armazenamento, é necessário criar uma conta e criar um bucket (ou contêiner) para armazenar os dados coletados. O processo de criação varia de acordo com o serviço escolhido, mas geralmente é bastante intuitivo.

Definição da estrutura de diretórios: É importante definir uma estrutura de diretórios clara e organizada para facilitar a gestão e a busca dos dados armazenados. Por exemplo, pode-se criar pastas para cada tipo de dado coletado ou para cada período de coleta.

Configuração das permissões de acesso: Para garantir a segurança dos dados armazenados, é importante configurar as permissões de acesso ao bucket. É possível definir quem pode acessar, visualizar, editar e excluir os dados armazenados.

Integração com a ferramenta de coleta de dados: É importante integrar o repositório com a ferramenta de coleta de dados para que os dados coletados sejam automaticamente armazenados no bucket criado. Isso pode ser feito por meio de uma API ou de ferramentas de integração disponibilizadas pelo serviço de armazenamento escolhido.

Monitoramento e gestão: É importante monitorar regularmente o volume de dados armazenados, o desempenho do serviço de armazenamento e a integridade dos dados. É possível configurar alertas para notificar sobre eventuais problemas ou anomalias.

5.2 ANÁLISE DESCRITIVA E QUANTITATIVA

Após a limpeza dos dados do Waze dos relatórios oficiais de incidentes, foi realizada a análise descritiva dos dados do Waze. O foco foi examinar o tipo de alerta do Waze e revelar as características temporais e espaciais. Conforme mencionado anteriormente, o estudo foi delimitado para investigar apenas tipos de alerta específicos.

A distribuição temporal dos alertas foi analisada de forma modesta e diária, à semelhança de (Silva, et al., 2013). A distribuição espacial dos alertas foi analisada numa perspectiva nacional e municipal mais detalhada. O primeiro examinou a disseminação dos alertas em nível municipal para identificar regiões onde o uso do Waze é proeminente. A partir do número de alertas relatados em uma região, podemos inferir a extensão do uso do Waze naquela área. Após esta etapa, a área de estudo foi limitada à região onde a popularidade do Waze é desvio aproximadamente uniforme e local não influenciaria o resultado da análise.

Esta última análise, mais detalhada, analisou o número de alertas por tipo de estrada para compreender a distribuição dos alertas numa escala mais detalhada.

Em (Silva, et al., 2013), a distribuição dos alertas foi estudada em uma grade fina, que pode se ajustar bem para analisar a dinâmica da cidade e os padrões de comportamento urbano.

No entanto, os incidentes de trânsito estão concentrados ao longo da rede rodoviária. Examinar a distribuição numa grelha ocultaria detalhes valiosos. Em vez de utilizar uma grelha, uma análise da distribuição dos incidentes ao longo da rede rodoviária foram realizados. Uma abordagem semelhante foi usada em um projeto para detectar pontos críticos de colisão de automóveis com base em dados históricos do Waze em Louisville, KY, EUA (Duer, et al., 2018).

5.3 ANÁLISE DO VALOR DE CONFIABILIDADE FORNECIDO PELO WAZE

Existem estudos que discutem a avaliação da confiabilidade de relatórios de incidentes em sistemas baseados em crowdsourcing. Salamanis, et al. (2016) examinaram como os usuários podem ser classificados para mostrar sua confiabilidade. Na verdade, o Waze avalia a confiabilidade de seus usuários classificando-os, no entanto, o algoritmo e os fatores de influência são confidenciais. Uma vez que os dados obtidos a partir do feed de dados do CCP não contêm qualquer informação sobre o relator, o modo de avaliar a fiabilidade dos relatórios é limitado.

A única informação disponível é um valor que indica a confiabilidade do alerta, calculado pelo Waze. Pela especificação dos dados sabemos que se baseia na classificação do repórter e nas confirmações que o alerta recebeu de outros usuários. E sabemos que o número de confirmações depende do número de usuários que passam pelo alerta. Na etapa anterior, inferimos o número de usuários em uma área a partir do número de alertas ali relatados. A seguir, foi examinado como o valor de confiabilidade fornecido pelo Waze se relaciona com a distribuição espacial dos alertas.

5.4. IDENTIFICANDO ALERTAS RELACIONADOS

O feed de dados do Waze contém alertas e não relatórios de incidentes distintos. Em muitos casos observou-se que o mesmo incidente é relatado diversas vezes. Para aproximar o número de incidentes distintos relatados pelo Waze, os alertas relacionados precisam ser agregados. Para identificar os alertas relacionados, o comportamento de relatório de incidentes dos usuários foi explorado primeiro. Silva, e outros. (2013) estudaram a atividade de notificação na perspectiva de um utilizador, mas neste estudo o objetivo foi examinar a atividade de notificação na perspectiva de um incidente. Nesse sentido, a duração do alerta de incidente no feed de dados desempenha um papel importante. Ou seja, os alertas não persistem para sempre,

eles desaparecem do Waze após um determinado tempo, independente do incidente ter sido resolvido ou não.

Se dois alertas estão relacionados ou não, é uma questão de proximidade no tempo e no espaço. Ali, et al. (2012) propuseram o uso de geohash para determinar se dois incidentes estão próximos um do outro. É uma abordagem rápida e fácil, mas omite as características da rede viária. Ou seja, se dois alertas estão próximos um do outro, não estão necessariamente relacionados.

Por exemplo, dois alertas sobre estradas paralelas, mas ainda separadas. Santos e outros autores (2017) considerado os nomes das estradas também ao encontrar alertas relacionados, o que é uma abordagem mais favorável e também é aplicada neste estudo. A calibração dos limites de proximidade no tempo e no espaço não fez parte deste estudo, as restrições utilizadas em (Santos, et al., 2017) foram aplicadas com pequenas modificações.

5.5. AVALIAÇÃO DA GRAVIDADE

A gravidade dos incidentes de trânsito pode ser vista sob diferentes pontos de vista (Leonard, 2017). Este estudo focou no impacto dos incidentes ocorridos no fluxo de tráfego. O Waze não fornece nenhuma indicação sobre a gravidade dos alertas no feed de dados. Infelizmente, também não havia informações de gravidade dos alertas nos dados históricos, o que não permitiu a construção de um modelo para previsão de gravidade. A questão é: se ainda existe uma maneira de prever a gravidade dos alertas do Waze quando nenhuma informação de qualquer outra fonte de dados é disponível.

Um modelo de regressão de gravidade baseado no volume de tweets foi proposto por (Georgiou, et al., 2015). Usando a ideia deles, este estudo sugere avaliar a gravidade de um alerta do Waze investigando os alertas e engarrafamentos relacionados. Os engarrafamentos relacionados podem ser identificados de forma semelhante à forma como os alertas relacionados foram detectados na etapa anterior. O método é demonstrado através de um caso de incidente.

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Resultados coletados no período de setembro de 2022 até janeiro de 2023. A partir desses números, podemos observar um aumento gradativo nas notificações ao longo dos meses,

com um pico em dezembro de 2022. Isso pode indicar um aumento do tráfego de veículos na cidade ou uma maior conscientização dos usuários do Waze em relação a notificar problemas no trânsito.

Figura 4 - Mapa de Calor, Quantidade de Notificações por Mês e Top 10 Bairros.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 4 é demonstrado o resultado da coleta de setembro de 2022 até janeiro de 2023, onde o Mapa de Calor que é uma representação geoespacial e está no canto direito, apresenta cores azuis mais intensas representando uma maior concentração de ocorrências. Cada área é representada por uma cor mais intensa, variando de acordo com a quantidade de notificações.

No primeiro quadrante, são apresentados através de barras empilhadas, os 10 bairros com o maior número de notificações. Ela exibe informações como o nome do bairro e a quantidade de notificações correspondente.

No quadrante abaixo, é apresentada a quantidade de notificações por mês, sendo demonstrado por gráfico de linha tracejada e mostra a distribuição da quantidade de notificações acumulados ao longo do período.

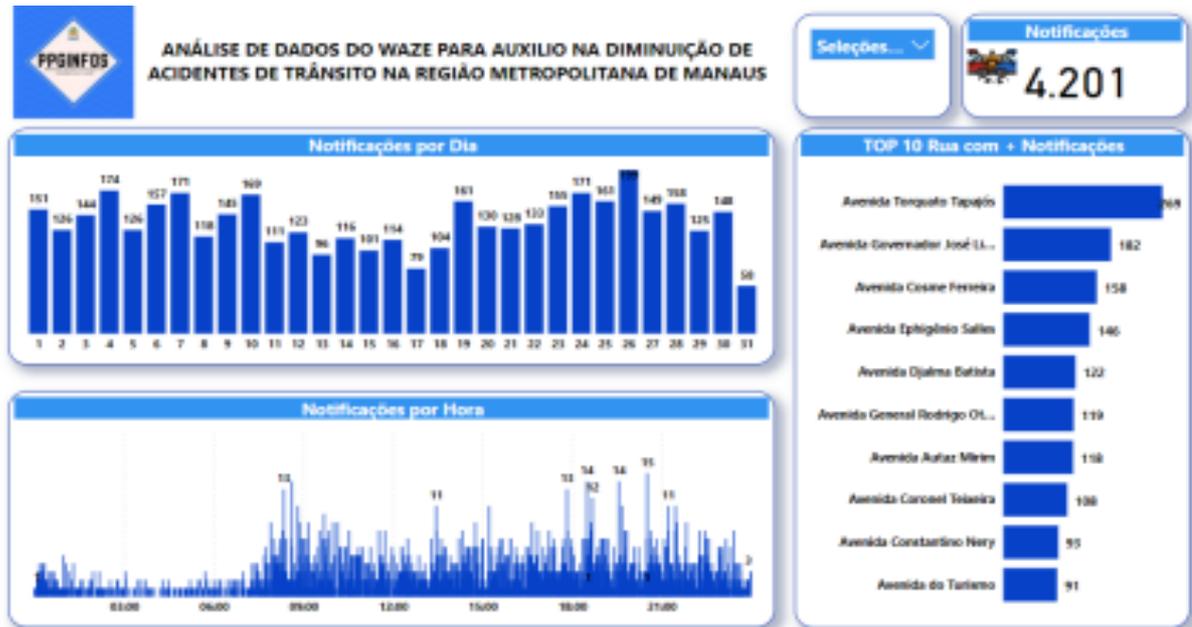
Figura 5 - Notificações por dias da semana e os Top 10 Bairros.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 5, no primeiro quadrante é demonstrado o resultado da coleta de setembro de 2022 até janeiro de 2023, através do gráfico de colunas onde claramente são apresentados a evolução dos números por dia, no quadrante abaixo suas movimentações por idas da semana e no canto direito os 10 bairros com mais notificações durante esse período.

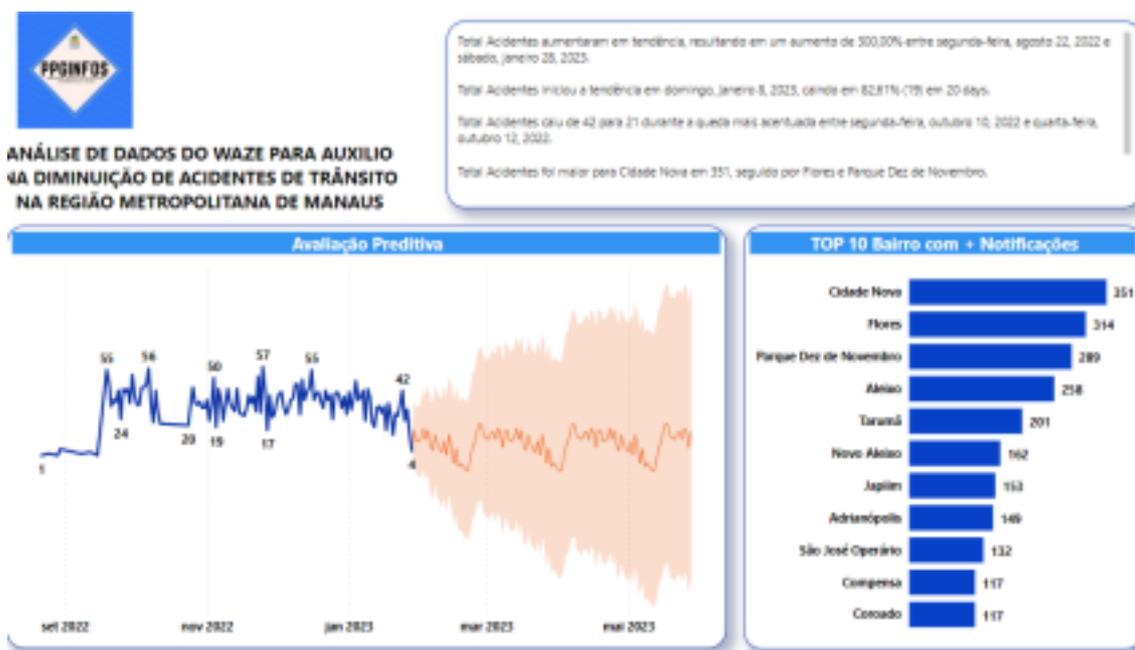
Figura 6 - Notificações por horário de pico e as top 10 ruas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 6, no primeiro quadrante é demonstrado o resultado da coleta de setembro de 2022 até janeiro de 2023, através do gráfico de colunas onde claramente são apresentados a evolução dos números por dia, no quadrante abaixo suas alterações pelo horário durante a semana e no canto direito as 10 ruas com mais notificações durante esse período.

Figura 7 - Avaliação Preditiva, relatório por I.A e os Top 10 Bairros.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 7, no primeiro quadrante superior, foi criado um relatório através de recursos do próprio power BI que utiliza inteligência artificial como o Key Influencer que ajuda a entender os fatores que afetam uma métrica específica além do Q&A (Perguntas e Respostas) e Quick Insights que é um recurso de insight rápido permitindo a exploração do processamento de linguagem natural em cima de dados semiestruturados, resultado da coleta de janeiro de 2023.

No mesmo quadrante, é apresentado um gráfico de série temporal ou gráfico de tendência, é uma representação visual das estimativas futuras com base em dados históricos. Ajuda a entender padrões e tendências em dados ao longo do período e para fazer projeções sobre o comportamento futuro. Na horizontal representa os meses coletados com a projeção até maio de 2023, já na vertical representa as notificações diárias e suas oscilações e as Linhas de Previsão, que são linhas contínuas que extrapolam além dos dados históricos e indicam as estimativas futuras. Elas são geradas a partir de modelos estatísticos ou algoritmos de previsão. Intervalo de Confiança a escala numérica pode variar dependendo da unidade da variável.

E no quadrante do canto direito os 10 bairros com mais notificações durante esse período.

Dadas as estatísticas sobre os acidentes em setembro de 2023, você pode utilizar diversas análises estatísticas e métodos de predição para extrair informações e fazer projeções.

A análise preditiva é o processo de usar dados para prever resultados futuros. O processo usa análise de dados, machine learning, inteligência artificial e modelos estatísticos para encontrar padrões que possam prever comportamentos futuros.

Figura 8 - Avaliação Preditiva, relatório por I.A e os Top 10 Bairros.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na figura 8, A análise preditiva realizada teve como objetivo estimar o número de notificações nos 10 bairros com mais notificações. O total de notificações observado foi de 32, enquanto a previsão gerada pelo modelo foi de 27. Este resultado indica que o modelo subestimou ligeiramente o número real de notificações.

Além disso, foram estabelecidos limites de confiança para a previsão. O limite superior foi definido em 42 notificações, indicando o valor máximo que o modelo considera plausível com um certo nível de confiança. Por outro lado, o limite inferior foi estabelecido em 11 notificações, representando o valor mínimo esperado com a mesma confiança.

Esses limites de confiança são essenciais para avaliar a precisão da previsão e fornecer um intervalo de valores em torno da estimativa central. Neste caso, os limites de confiança sugerem que, embora a previsão seja de 27 notificações, o número real pode variar entre 11 e 42 notificações com um determinado nível de confiança.

Portanto, esta análise preditiva fornece uma estimativa útil, mas é importante ter em mente a possibilidade de variação dentro dos limites estabelecidos. A precisão da previsão dependerá de diversos fatores, como a qualidade dos dados e a robustez do modelo utilizado.

6.1 ANÁLISE DE FREQUÊNCIA

Uma análise de frequência é uma forma de resumir e apresentar a distribuição de frequências dos diferentes valores em um conjunto de dados. No caso dos seus dados de setembro de 2023, que incluem o número de acidentes graves, leves e sem informações para cada dia da semana, a análise de frequência pode ser feita da seguinte maneira:

Figura 9 - Análise de dados do Waze ,com as classificações de Acidentes Graves, Leves e sem Informação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Este dashboard fornece uma visão completa dos acidentes de trânsito em setembro de 2023 e sugestões acionáveis para reduzir a incidência desses incidentes no futuro. A interatividade e a variedade de visualizações facilitam a análise e a tomada de decisões informadas.

O Waze, classifica os acidentes com base em sua gravidade da seguinte forma:

Graves:

Acidentes considerados graves são aqueles que envolvem lesões significativas, danos sérios aos veículos ou bloqueio de uma ou mais vias. Podem exigir a intervenção de serviços de emergência, como ambulâncias ou bombeiros.

Leves:

Acidentes classificados como leves são aqueles que envolvem danos menores aos veículos ou lesões mínimas. Esses incidentes geralmente não exigem uma resposta de emergência imediata.

Sem Informações:

Esta classificação é usada quando os detalhes específicos sobre a gravidade do acidente não estão disponíveis. Pode ocorrer quando a informação inicial é limitada ou quando os usuários não fornecem detalhes suficientes sobre o incidente.

Essas classificações ajudam os usuários do Waze a tomarem decisões informadas sobre a rota a ser seguida, levando em consideração a situação do tráfego em tempo real. Além disso, fornecem dados valiosos para aprimorar a precisão das estimativas de tempo de chegada e ajudar na detecção de padrões de tráfego e segurança viária.

É importante notar que, embora o Waze forneça essa classificação, a precisão das informações sobre a gravidade dos acidentes depende da contribuição dos próprios usuários. Portanto, em alguns casos, pode haver variações na precisão das classificações.

Figura 10 - Análise de dados do Waze, com as classificações de Acidentes Graves.



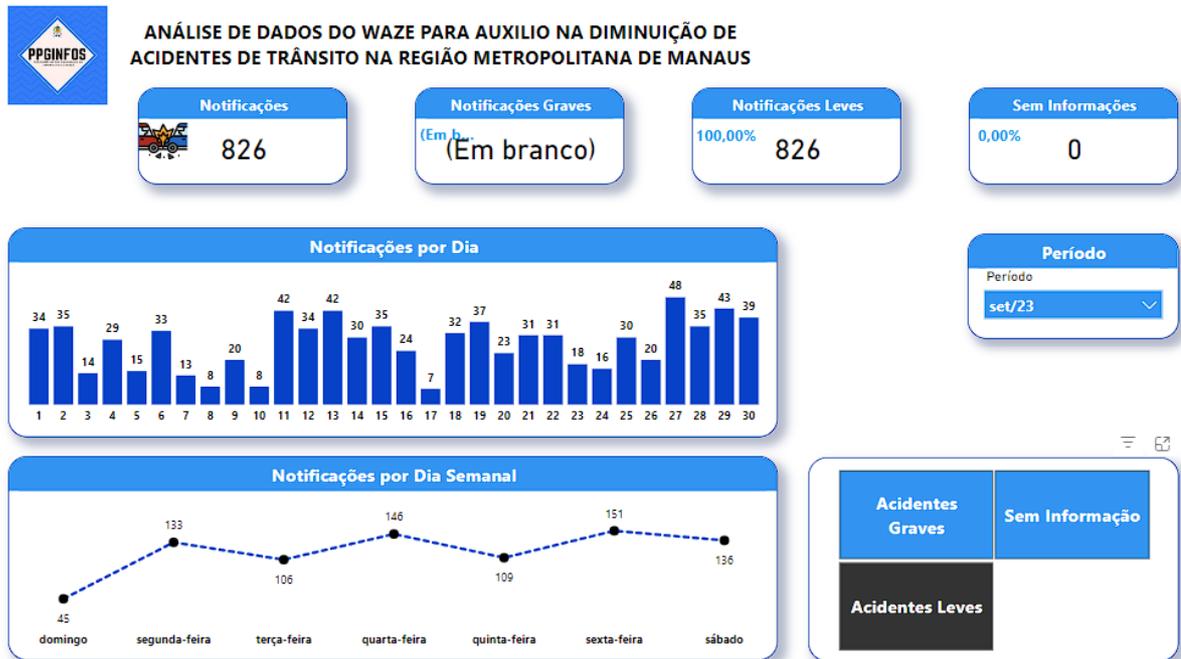
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 10 obtivemos a análise de dados do Waze, com as classificações de Acidentes Graves em setembro de 2023, que nos mostrou que o mínimo foram 3, o máximo foram 21, a média foi ~ 11.7 , a mediana se apresentou em 11.5, tivemos uma moda de 12 (ocorre em três dias) além do desvio Padrão de ~ 6.1 e a variância se apresentou em ~ 37.6 .

Distribuição de Frequências: Observou-se que no mesmo período supracitado apresentou-se o maior número de acidentes por dia foi no dia 01 com 21 notificações, que só se repetiu uma única vez no mês com esse quantitativo, já o dia com menor número de acidentes foi o dia 03 com apenas 3 notificações. Os outros dias se mostraram com variações de 4 a 19 acidentes por dias intercalados e sem correlações.

Acidentes Leves:

Figura 11 - Análise de dados do Waze, com as classificações de Acidentes Leves.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 11 obtivemos a análise de dados do Waze, com as classificações de Acidentes Leves em setembro de 2023, que nos mostrou que o mínimo foram 7, o máximo foram 48, a média foi $\sim 26,8$, a mediana se apresentou em 29, tivemos uma moda de 35 (ocorre em três dias) além do desvio Padrão de $\sim 10,5$ e a variância se apresentou em $\sim 110,8$.

Distribuição de Frequências: Observou-se que no mesmo período supracitado apresentou-se o maior número de acidentes por dia foi no dia 27 com 48 notificações, que só se repetiu uma única vez no mês com esse quantitativo, já o dia com menor número de acidentes foi o dia 17 com apenas 7 notificações. Os outros dias se mostraram com variações de 8 a 43 acidentes por dias intercalados e sem correlações.

Figura 12 - Análise de dados do Waze, com as classificações de Acidentes sem Informação.



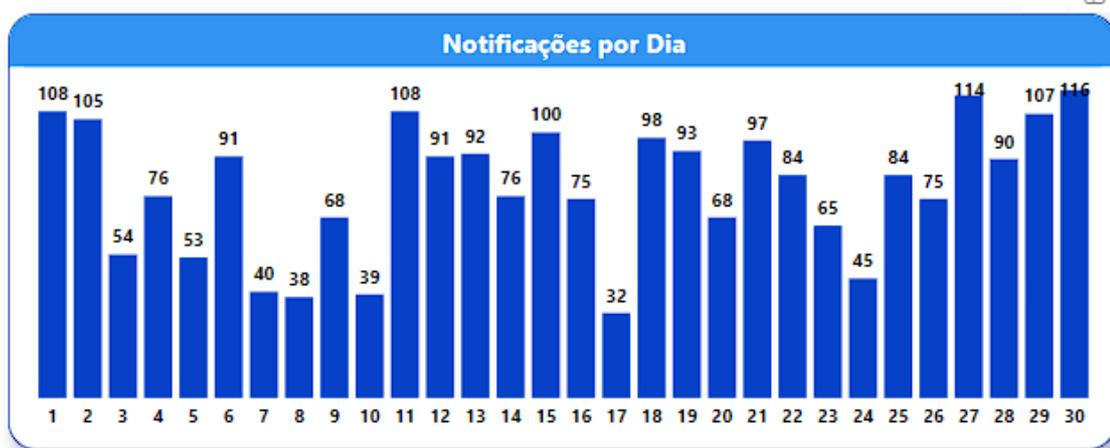
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 12 obtivemos a análise de dados do Waze, com as classificações de Acidentes Sem Informações em setembro de 2023, que nos mostrou que o mínimo foram 16, o máximo foram 62, a média foi ~ 41.3 , a mediana se apresentou em 41, tivemos uma moda de 43 (ocorre em dois dias) além do desvio Padrão de ~ 12.3 e a variância se apresentou em ~ 151.8 .

Acidentes Sem Informações: Observou-se que no mesmo período supracitado apresentou-se o maior número de acidentes por dia foi no dia 30 com 62 notificações, que só se repetiu uma única vez no mês com esse quantitativo, já o dia com menor número de acidentes foi o dia 7 com apenas 16 notificações. Os outros dias se mostraram com variações de 18 a 57 acidentes por dias intercalados e sem correlações.

Análise Descritiva:

Figura 13 – Notificações por Dia



Fonte: Elaborado pelo autor.

Média: Para avaliar o número médio de acidentes por dia em setembro de 2023.

A média é calculada somando todos os valores e dividindo pelo número total de observações.

$$\text{Média} = \frac{\sum x}{n}$$

Onde x representa os valores individuais e n é o número total de observações.

Calculando a média para os dados fornecidos:

$$\frac{108 + 105 + 54 + 76 + 53 + 91 + 40 + 38 + 68 + 39 + 108 + 91 + 76 + 100 + \dots + 116}{30}$$

$$\text{Média} \approx 75,7$$

Mediana: Indica o valor central dos dados e pode ser útil para entender a distribuição dos acidentes.

Mediana = Valor do meio

Para o conjunto de dados fornecido, após ordenação: Mediana = 76

Variância e Desvio Padrão: Avaliam a dispersão dos dados em relação à média.

Mínimo e Máximo: Podem ajudar a identificar os valores que dividem a distribuição, entre o valor mínimo e o valor máximo.

Mínimo: 32

Máximo: 116

A variância mede a dispersão dos dados em relação à média. O desvio padrão é a raiz quadrada da variância e fornece uma medida da variabilidade dos dados.

$$\text{Variância} = \frac{\sum(x-\mu)^2}{n}$$

$$\text{Desvio Padrão} = \sqrt{\text{Variância}}$$

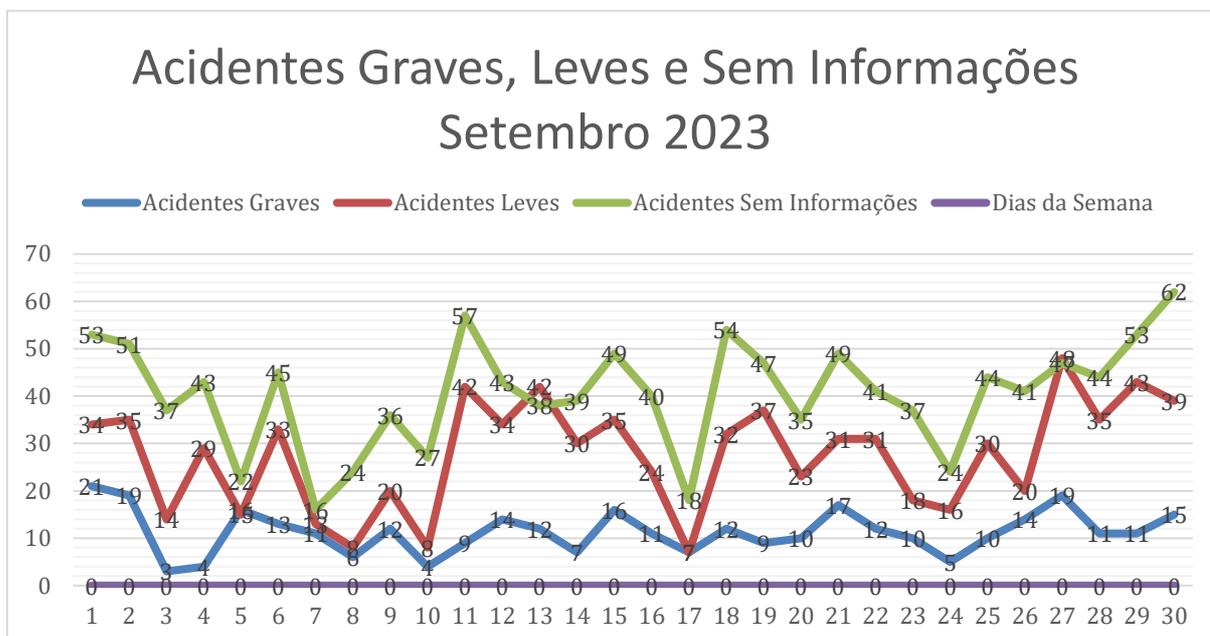
Onde x são os valores individuais, μ é a média e n é o número total de observações.

Variância $\approx 767,43$

Desvio Padrão $\approx 27,71$

Uma análise de proporções é uma maneira de avaliar a contribuição relativa de diferentes categorias em relação ao total. No contexto dos dados fornecidos, que incluem o número de acidentes graves, leves e sem informações para cada dia da semana, podemos realizar a análise de proporções da seguinte forma:

Figura 14 - Acidentes graves, leves e sem informações - setembro de 2023



Fonte: Elaborado pelo autor.

Acidentes Graves: 340

Acidentes Leves: 826

Acidentes Sem Informações: 1216

Agora, podemos calcular as proporções para cada categoria:

Proporção de Acidentes Graves:

Proporção = (Número de Acidentes Graves / Total de Acidentes) * 100

Proporção = (340 / 2382) * 100 ≈ 14.26%

Proporção de Acidentes Leves:

Proporção = (Número de Acidentes Leves / Total de Acidentes) * 100

Proporção = (826 / 2382) * 100 ≈ 34.68%

Proporção de Acidentes Sem Informações:

Proporção = (Número de Acidentes Sem Informações / Total de Acidentes) * 100

Proporção = (1216 / 2382) * 100 ≈ 51.05%

Estas proporções representam a distribuição relativa dos diferentes tipos de acidentes nos dados fornecidos. Elas indicam que aproximadamente:

14.26% dos acidentes são graves,
34.68% dos acidentes são leves, e
51.05% dos acidentes não possuem informações disponíveis.

Avaliando por dia da Semana:

Sexta-feira:

Proporção de Acidentes Graves: 19.44%
Proporção de Acidentes Leves: 31.48%
Proporção de Acidentes Sem Informações: 49.07%

Sábado:

Proporção de Acidentes Graves: 18.10%
Proporção de Acidentes Leves: 33.33%
Proporção de Acidentes Sem Informações: 48.57%

Domingo:

Proporção de Acidentes Graves: 8.11%
Proporção de Acidentes Leves: 26.67%
Proporção de Acidentes Sem Informações: 65.22%

Segunda-feira:

Proporção de Acidentes Graves: 9.26%
Proporção de Acidentes Leves: 29.63%
Proporção de Acidentes Sem Informações: 61.11%

Terça-feira:

Proporção de Acidentes Graves: 12.73%
Proporção de Acidentes Leves: 24.24%
Proporção de Acidentes Sem Informações: 63.03%

Quarta-feira:

Proporção de Acidentes Graves: 11.11%

Proporção de Acidentes Leves: 29.44%

Proporção de Acidentes Sem Informações: 59.44%

Quinta-feira:

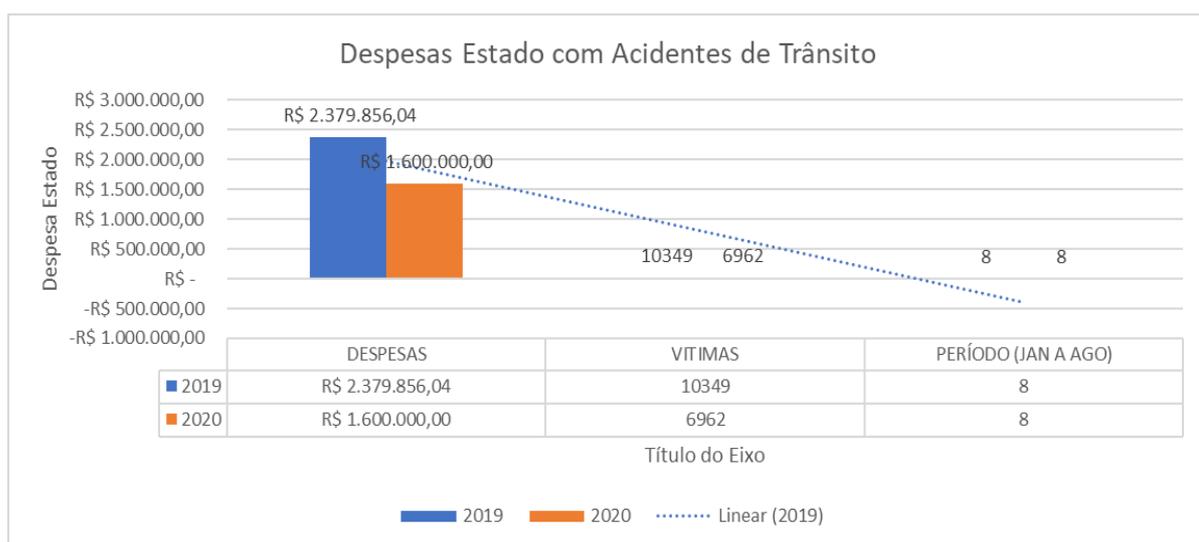
Proporção de Acidentes Graves: 8.02%

Proporção de Acidentes Leves: 24.50%

Proporção de Acidentes Sem Informações: 67.48%

Essa análise de proporções oferece uma visão clara da distribuição dos diferentes tipos de acidentes nos dados fornecidos. Isso pode ser útil para entender a gravidade geral dos acidentes e direcionar esforços de prevenção de acordo com a frequência e a gravidade dos incidentes.

Figura 15 - Dados coletados no Site da SES-AM, sobre despesas do Estado com vítimas de acidentes de trânsito na capital.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 15, é apresentado a diminuição dos acidentes, o índice de atendimentos nas unidades de urgência e emergência de vítimas de acidentes de trânsito reduziu 32,72% em relação ao mesmo período do ano passado, claro que nesse caso a queda nos números teve

influência das medidas de isolamento social tomadas pelo Governo do Estado durante o pico da pandemia de Covid-19.

Saber com antecedência as principais vias onde ocorrem mais acidentes pode trazer diversos ganhos em termos de prevenção e redução de custos associados. Vou listar alguns possíveis ganhos e depois calcular o impacto financeiro e quantitativo relevante com base nos custos de 2019 e 2020:

Vamos considerar os dados fornecidos anteriormente:

- a) **2019:** Foram atendidas 10.349 vítimas de acidentes de trânsito com um custo de R\$ 2.379.856,05 milhões.
- b) **2020:** Foram atendidas 6.962 vítimas de acidentes de trânsito com um custo de R\$ 1,6 milhão.

Suponhamos que, com base nos dados do Waze, foi possível identificar as principais vias onde ocorrem acidentes, e medidas foram tomadas para melhorar a segurança nessas vias.

Se essas medidas foram eficazes e conseguiram reduzir o número de vítimas em 20% em relação a 2019, e em 10% em relação a 2020, teríamos:

a) **Redução em 2019:**

Novo número de vítimas em 2019 = $10.349 \times 20\% \approx 8.279$ vítimas

Custos estimados em 2019 = 8.279 vítimas \times R\$ 230,09 por vítima \approx R\$ 1.901.423,91 milhão.

b) **Redução em 2020:**

Novo número de vítimas em 2020 = $6.962 \times 10\% \approx 6.266$ vítimas

Custos estimados em 2020 = 6.266 vítimas \times R\$ 230,09 por vítima \approx R\$ 1.440.001,14 milhão

Comparando com os custos originais de 2019 e 2020, o impacto financeiro seria de:

a) **Redução de Custos em 2019:**

Economia \approx R\$ 2.379.856,05 milhões - R\$ 1.901.423,91 milhão \approx R\$ 478.432,14 milhão

b) **Redução de Custos em 2020:**

Economia \approx R\$ 1.6 milhão - R\$ 1.440.001,14 milhão \approx R\$ 159.998,86 mil reais

Lembrando que esses são cálculos hipotéticos baseados nas suposições feitas. A eficácia

real das medidas dependerá da implementação eficiente e da coleta precisa dos dados do Waze, além de outros fatores externos.

7 CONCLUSÃO

A mobilidade urbana na cidade de Manaus ainda se apresenta como um grande desafio para a população, uma vez que se faz necessários mais estudos a fim de se utilizar meios tecnológicos que possam auxiliar desde a educação no trânsito até o uso da inteligência de dados para melhor implementação das políticas públicas de redução dos acidentes de trânsito e atingir a redução de 50% as taxas de mortes e lesões no trânsito até o ano de 2030, conforme o PNATRANS (Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito).

Na pesquisa realizada obteve-se o resultado com os 10 bairros com mais notificações ficando em primeiro lugar o bairro de Flores com 2,3 mil notificações, seguido dos bairros Cidade Nova, Aleixo e Parque Dez de Novembro com no mínimo 1,9 mil notificações no mês. Estes bairros caracterizam-se pelas suas extensões territoriais, alto número de população residente e por possuírem as principais rotas de deslocamento entre as zonas da cidade de Manaus com grande fluxo de veículos em vários horários diferentes e pistas de média e alta velocidade como a Avenida Torquato Tapajós, Avenida Governador José Lindoso, Avenida Cosme Ferreira e Avenida Ephigênio Salles, justificando assim que estas estejam listadas como as 4 primeiras em relação ao top 10 de ruas com mais notificações.

Nos resultados da pesquisa com os bairros com mais notificações, podemos apresentar ainda os bairros que tiveram as menores taxas como o Japiim, São José Operário, Chapada, Novo Aleixo apresentando menos de mil notificações por mês associados às Avenida Djalma Batista, Avenida Autaz Mirim e Avenida General Rodrigo Otávio.

Com esses números de notificações é possível identificar alguns pontos críticos em que a ocorrência de acidentes pode estar mais concentrada. Por exemplo, se houver um aumento significativo de notificações em um determinado cruzamento, pode ser que haja uma questão de sinalização inadequada ou problemas de visibilidade. Nesse caso, pode ser necessário fazer melhorias na infraestrutura do local para diminuir o risco de acidentes.

Além disso, a análise desses números pode ajudar na identificação de padrões de comportamento dos motoristas, como horários em que há maior incidência de notificações, ou tipos de notificações mais frequentes, como colisões traseiras ou atropelamentos. Isso pode ajudar na elaboração de campanhas educativas mais efetivas, que sejam direcionadas para os comportamentos mais arriscados.

Em relação aos custos do SUS especificamente relacionados a acidentes de trânsito, é possível que estes sejam significativos, já que os acidentes podem gerar uma demanda intensa por serviços de emergência, hospitalização e reabilitação, entre outros. No entanto, é importante

ressaltar que os custos reais podem variar bastante de acordo com cada caso específico.

Com intuito de melhoria no trânsito e educação dos motoristas, a Prefeitura de Manaus iniciará a implantação de radares de velocidade em avenidas onde foram registrados aumento no número de acidentes de trânsito na capital, conforme um estudo feito pelo órgão e após a instalação dos equipamentos, os motoristas ainda terão um período educativo 90 dias, sem cobrança de multas trazendo assim benefícios de reeducação no trânsito atrelado à diminuição de acidentes automobilísticos (Globo Notícias, 2024).

Em resumo, a análise desses números pode ser um bom ponto de partida para pensar em medidas de prevenção de acidentes, utilizar outras fontes de dados e integrar essas informações para se obter uma visão mais completa e precisa da situação do trânsito de Manaus, mas é importante lembrar que a segurança no trânsito é uma questão complexa que envolve diversos fatores, e que a solução não está em uma única ação ou medida isolada.

REFERÊNCIAS

- ALI, Kashif et al. Crowdits: Crowdsourcing in intelligent transportation systems. In: **2012 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)**. IEEE, 2012. p. 3307-3311.
- ALMEIDA, R. L. F. D. et al. **Via, homem e veículo: fatores de risco associados a gravidade dos acidentes de trânsito**. Rev Saude Publica, São Paulo, v. 47, n. 4, p. 718- 731, 2013. Disponível em: http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&. Acesso em: 20 mai. 2023.
- ALLAM, Zaheer; DHUNNY, Zaynah A. **Sobre big data, inteligência artificial e cidades inteligentes**. Cidades, v. 89, pág. 80-91, 2019.
- AMBEV, S.A.; FALCONI. **Retrato da segurança viária no Brasil**. 2017. https://www.ipea.gov.br/acessooportunidades/publication/2019_td2535_aop_primeiro/
- ANASTASOPOULOS, Panagiotis Ch et al. A multivariate tobit analysis of highway accident-injury-severity rates. **Accident Analysis & Prevention**, v. 45, p. 110-119, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **ABNT NBR 10.697: Pesquisa de acidentes de trânsito – terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos Não Transmissíveis e Promoção da Saúde. **Viva: Vigilância de Violências e Acidentes: 2013 e 2014**. Brasília: Ministério da Saúde, 2017.
- CARVALHO, I.C., SARAIVA, I.S. **Perfil das vítimas de trauma atendidas pelo serviço de atendimento móvel de urgência**. Rev Interdiscip. 2015;8(1):137-48.
- CALIL AM, et al. **Mapeamento das lesões em vítimas de acidentes de trânsito: revisão sistemática da literatura**. Rev Latino-Am Enfermagem 2019;17(1):121-7. DOI: 10.1590/S0104-11692009000100019.
- CHUNG, Younshik. Development of an accident duration prediction model on the Korean Freeway Systems. **Accident Analysis & Prevention**, v. 42, n. 1, p. 282-289, 2010.
- CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA. **Em dez anos, acidentes de trânsito consomem quase R\$ 3 bilhões do SUS**. Disponível em: <https://portal.cfm.org.br/noticias/em-dez-anos-acidentes-de-transito-consomem-quase-r-3-bilhoes-do-sus/>. Acesso em 12 mar. 2023.
- DE LIMA, Tamires Feitosa et al. **Análise epidemiológica dos acidentes de trânsito no Brasil**. Encontro de Extensão, Docência e Iniciação Científica (EEDIC), v. 5, n. 1, 2019.
- DUER, G.; NI, S.; PROVOST, D. Automobile Collision Prediction in Louisville, KY. 2018. Disponível em: <https://gduer.github.io/Collision-Prediction-in-Louisville-KY/>
- GEORGIU, Theodore et al. Mining complaints for traffic-jam estimation: A social sensor application. In: **Proceedings of the 2015 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining 2015**. 2015. p. 330-335.

GLOBO NOTÍCIAS. Amazonas - Amazônica. **Novos radares de velocidade serão instalados em Manaus em um mês.** Março de 2024. Acesso em abril de 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2024/03/10/novos-radares-de-velocidade-serao-instalados-em-manaus-em-um-mes-motoristas-terao-periodo-educativo-diz-prefeito.ghtml>

GOMES ATL, et al. **Caracterização dos acidentes de trânsito assistidos por um serviço de atendimento móvel de urgência.** J Res Fundam Care 2016;8(2):4269-79. DOI: 10.9789/2175-5361.2016.v8i2.4269-4279.

HENDRIX, Steve. Traffic-weary homeowners and Waze are at war, again. Guess who's winning. **The Washington Post**, 2016. Disponível em: https://www.washingtonpost.com/local/traffic-weary-homeowners-and-waze-are-at-war-again-guess-whos-winning/2016/06/05/c466df46-299d-11e6-b9894e5479715b54_story.html

JESKE, Tobias. Floating car data from smartphones: What google and waze know about you and how hackers can control traffic. **Proc. of the BlackHat Europe**, p. 1-12, 2013.

LA LONGUINIÈRE, A.C. et al. **Perfil dos acidentes de trânsito atendidos por serviço de atendimento móvel de urgência.** Enferm Foco. 2021;12(4):801-5.

LEDUC, Guillaume. Road traffic data: Collection methods and applications. **Working Papers on Energy, Transport and Climate Change**, v. 1, n. 55, p. 1-55, 2008.

LENKEI, Zsolt. Crowdsourced traffic information in traffic management: Evaluation of traffic information from Waze. 2018.

LEONARD, Debroah L. **Incident Traffic Management Response.** 2017. Tese de Doutorado. Walden University.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Óbitos por causa externas – Brasil 2018.** Brasília: Ministério da Saúde; 2018. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sim/cnv/ext10uf.def>. Acesso em: 18 jul 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Morbidade Hospitalar do SUS por Causas Externas – Brasil 2018a.** Brasília: Ministério da Saúde; 2018b. Acesso em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/fiuf.def>. Acesso em: 18 jul 2023.

MELO, W. A. DE; MENDONÇA, R. R. **Caraterização e distribuição espacial dos acidentes de trânsito não fatais.** Cadernos Saúde Coletiva, 9 abr. 2021.

MOTA, João Moisés Brito; LIMA, Afonso Carneiro. **Efetividade do crowdsourcing como apoio à Segurança Pública.** Revista de Administração Contemporânea, v. 22, p. 683-703, 2018.

NEVES, Diego Vieira; DIAS, Felipe Cordeiro Alves; CORDEIRO, Daniel. **Uso de aprendizado supervisionado para análise de confiabilidade de dados de crowdsourcing sobre posicionamento de ônibus.** In: Anais do I Workshop Brasileiro de Cidades Inteligentes. SBC, 2018.

NOTA TÉCNICA IPEA. **Custos dos acidentes de trânsito no brasil: estimativa implicada com base na atualização das pesquisas do ipea sobre custos de acidentes nos aglomerados urbanos e rodovias.** Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/12250>.

Acesso em: 20 jan. 2023.

OLIVEIRA-FRIESTINO, Jane Kelly et al. **Distribuição espacial da mortalidade por acidentes de trânsito terrestre antes e após a Lei Seca em Santa Catarina, Brasil.** Revista Enfermagem Contemporânea, v. 12, p. e5026-e5026, 2023.

OUSSOUS, Ahmed et al. **Big Data technologies: A survey.** Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences, v. 30, n. 4, p. 431-448, 2018.

PAIVA L, et al. **Readmissions Due to Traffic Accidents at a General Hospital.** Rev Latino-Am Enfermagem. 2015;23(4):693-9.

QIAN, Zhen Sean et al. **Real-time incident detection using social media data.** Pennsylvania. Dept. of Transportation, 2016.

RIOS, P. A. A. et al. **Acidentes de trânsito com condutores de veículos: incidência e diferenciais entre motociclistas e motoristas em estudo de base populacional.** Revista Brasileira de Epidemiologia, v. 22, 2019.

ROOPA, T.; IYER, Anantharaman Narayana; RANGASWAMY, Shanta. **CroTis-crowdsourcing based traffic information system.** In: **2013 IEEE International Congress on Big Data.** IEEE, 2013. p. 271-277.

RUDMARK, D. e ARNESTRAND, E. *Samarbeten para informações de tráfego mais importantes.* Trafikverket, RISE Vitória. 2018

SALAMANIS, Athanasios et al. A probabilistic framework for the reliability assessment of crowd sourcing urban traffic reports. **Transportation Research Procedia**, v. 14, p. 4552-4561, 2016.

SAMU-AM. SERVIÇO DE ATENDIMENTO MÓVEL DE URGÊNCIA DO AMAZONAS. **Samu Manaus registrou mais de 8 mil atendimentos em acidentes de trânsito em sete meses.** Disponível em: <https://www.manaus.am.gov.br/noticias/balanco/samu-manaus-registrou-mais-de-8-mil-atendimentos-em-acidentes-de-transito-em-sete-meses>. Acesso em: 02 jun. 2023.

SANTOS, Salatiel Ribeiro; DAVIS JR, Clodoveu Augusto; SMARZARO, Rodrigo. Analyzing traffic accidents based on the integration of official and crowdsourced data. **Journal of Information and Data Management**, v. 8, n. 1, p. 67-67, 2017.

SES-AM. SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE DO AMAZONAS. **Estado já gastou R\$ 1,6 milhão com atendimentos a vítimas de acidentes de trânsito em 2020.** Disponível em: <https://www.saude.am.gov.br/estado-ja-gastou-r-16-milhao-com-atendimentos-a-vitimas-de-acidentes-de-transito-em-2020/>. Acesso em: 19 jun. 2023.

SILVA, Thiago H. et al. Traffic condition is more than colored lines on a map: characterization of waze alerts. In: **Social Informatics: 5th International Conference, SocInfo 2013, Kyoto, Japan, November 25-27, 2013, Proceedings 5.** Springer International Publishing, 2013. p. 309-318.

STEENBRUGGEN, John; KUSTERS, Michel; BROEKHUIZEN, Gerrit. Best practice in European traffic incident management. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 48, p.

297-310, 2012.

Weil, R., Wotton, J. e Garcia-Ortiz, A. (1998). Detecção de incidentes de trânsito: Sensores e Algoritmos. *Modelagem Matemática e Computacional* vol. 27, 257-291.

World Health Organization (WHO). **Global status report on road safety 2015**. Geneva: WHO; 2015 Acesso em 30 jul 2023. Disponível em: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/.

XU, Shishuo; LI, Songnian; WEN, Richard. Sensing and detecting traffic events using geosocial media data: A review. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 72, p. 146-160, 2018.

YAHAV, E. et al. Exploiting social navigation. **arXiv preprint arXiv:1410.0151**, 2014.

YU, Xin; PREVEDOUROS, Panos D. Performance and challenges in utilizing non-intrusive sensors for traffic data collection. 2013.

ZONG, Fang et al. Predicting severity and duration of road traffic accident. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2013, 2013.