

Gestão de trânsito como ferramenta para minimizar os impactos das emissões de gases de efeito estufa

Traffic management as a tool to minimize the impacts of greenhouse gas emissions

Pedro Henrique Damião de Matos¹

RESUMO

Este estudo aborda a gestão de trânsito em Caruaru como uma estratégia essencial para reduzir os impactos ambientais, especialmente os relacionados às emissões de gases de efeito estufa (GEE), com a finalidade de melhorar tanto a mobilidade urbana quanto a qualidade de vida da população. Atualmente, o município enfrenta desafios significativos devido ao crescimento populacional e à expansão da frota veicular, que contribuem para o aumento de congestionamentos e, conseqüentemente, das emissões de GEE. No entanto, observa-se uma lacuna na infraestrutura de transportes e nas políticas públicas voltadas para uma mobilidade urbana sustentável, indicando uma necessidade de expansão e aprimoramento das estratégias de gestão de trânsito. O objetivo geral deste trabalho é analisar a gestão de trânsito em Caruaru e propor intervenções que possam reduzir efetivamente as emissões de GEE. A metodologia empregada incluiu uma análise qualitativa e quantitativa da infraestrutura viária, das políticas de mobilidade urbana, do transporte público e dos dispositivos de controle de tráfego, além de investigações sobre o uso de veículos de baixa emissão e de grande porte. Foram utilizadas fontes documentais, observações diretas e dados fornecidos pela gestão municipal. Os resultados apontam para a necessidade de expansão da malha cicloviária, incentivo à mobilidade ativa, implementação de políticas para a eletrificação da frota e o uso de tecnologias inteligentes de controle de tráfego. A conclusão destaca que o planejamento urbano deve evoluir para fomentar bairros autossuficientes e melhorar a integração entre diferentes modais de transporte, visando um sistema de mobilidade mais eficiente e sustentável.

Palavras-chave: gestão de tráfego; gestão ambiental; impacto; emissões de GEE; sustentabilidade ambiental

¹Pedro Henrique Damião de Matos Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco.
E-mail: pedro.henriquematos@ufpe.br

ABSTRACT

This study addresses traffic management in Caruaru as an essential strategy to reduce environmental impacts, especially those related to greenhouse gas (GHG) emissions, with the aim of improving both urban mobility and the quality of life of the population. Currently, the municipality faces significant challenges due to population growth and the expansion of the vehicle fleet, which contribute to increased congestion and, consequently, GHG emissions. However, there is a gap in the transportation infrastructure and public policies aimed at sustainable urban mobility, indicating a need to expand and improve traffic management strategies. The general objective of this work is to analyze traffic management in Caruaru and propose interventions that can effectively reduce GHG emissions. The methodology employed included a qualitative and quantitative analysis of the road infrastructure, urban mobility policies, public transportation and traffic control devices, as well as investigations on the use of low-emission and large vehicles. Documentary sources, direct observations and data provided by the municipal administration were used. The results point to the need to expand the cycle network, encourage active mobility, implement policies for fleet electrification and the use of smart traffic control technologies. The conclusion highlights that urban planning must evolve to foster self-sufficient neighborhoods and improve integration between different modes of transport, aiming for a more efficient and sustainable mobility system.

Keywords: traffic management; environmental management; impact; GHG emissions; environmental sustainability

DATA DE APROVAÇÃO: 26 de março de 2024.

1 INTRODUÇÃO

A urbanização e o desenvolvimento das cidades impulsionaram a evolução dos transportes e das malhas viárias, facilitando a mobilidade urbana e estimulando o crescimento econômico (ONU, 2022). Com a evolução dos motores e o consequente aumento no consumo de combustíveis fósseis, o setor de transporte se tornou um dos principais responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa (GEE), o que traz significativos impactos tanto a nível global quanto local (IPCC, 2023).

Os transportes têm sido o setor que mais cresce em emissões de GEE na última década, com uma taxa de aumento anual de 1,6%. Em 2017, as emissões globais de CO₂ provenientes dos

transportes foram de 8,04 mil milhões de toneladas, o que representou cerca de 24% do total de emissões de CO₂ relacionadas com a energia (LI, 2020).

A emissão de GEE é particularmente alarmante, pois contribui diretamente para as mudanças climáticas e prejudica a saúde pública. Em 2019, as emissões do setor de transporte, juntamente com aquelas da indústria, geração de energia e queima de resíduos, resultaram em aproximadamente 4,2 milhões de mortes em decorrência da poluição do ar (ONU, 2022). Esse quadro reforça a necessidade de uma gestão de trânsito eficiente, que possa minimizar o consumo de combustível e, conseqüentemente, reduzir as emissões de poluentes.

No contexto brasileiro, Caruaru, uma cidade em contínuo crescimento urbano e aumento da frota de veículos, que dobrou desde 2010 (IBGE, 2023), demanda soluções adequadas para a gestão de trânsito, especialmente considerando os desafios ambientais e sociais da região. Com essa evolução, surgem questões sobre como otimizar o consumo de energia e reduzir as emissões de GEE no tráfego urbano, possibilitando um ambiente mais sustentável.

Diante desse quadro, este estudo buscará analisar as estratégias de gestão de trânsito como uma ferramenta para minimizar os impactos das emissões de GEE, mais adequadas para Caruaru, abordando aspectos ambientais, sociais e econômicos. Ele tratará de informações que poderá servir à cidade na adoção de medidas para desenvolver um ambiente mais sustentável, fornecendo uma análise para apoiar políticas públicas eficazes

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Reduzir as emissões de GEE através de estratégias de gestão de tráfego em um município do agreste pernambucano.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a estrutura e gestão de tráfego na área de estudo;
- Avaliar os impactos do atual cenário;
- Propor intervenções para redução de emissões de GEE.

2 METODOLOGIA

Para avaliar a estrutura e gestão de tráfego na área de estudo, realizou-se a análise detalhada da infraestrutura viária existente em Caruaru. Esse processo incluiu o levantamento de dados quantitativos e qualitativos sobre as vias públicas, veículos, rotas de trânsito e dispositivos de controle de tráfego. A análise foi realizada através de mapas viários, relatórios públicos, literatura e observação direta em pontos da cidade. Além disso, foram estudadas as políticas públicas locais voltadas para a mobilidade urbana, com foco em sua aplicação e efetividade na gestão do tráfego.

Para avaliar os impactos do atual cenário, conduziu-se uma investigação sobre as tecnologias e práticas atualmente implementadas na gestão de trânsito em Caruaru, avaliando a eficácia dessas ferramentas na redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), consultando dados sobre o uso de ferramentas de gestão de tráfego, como semáforos, binários e rotatórias, e avaliados seus impactos na redução de congestionamentos. Além disso, foi realizada uma análise sobre a adoção de veículos de baixa emissão na cidade e sobre as políticas de incentivo para esses veículos.

Por fim, para propor intervenções para a redução de emissões de GEE, elaborou-se recomendações baseadas nas deficiências e potencialidades identificadas nas etapas anteriores, que incluem melhorias na infraestrutura de transporte, aprimoramento das políticas públicas de mobilidade e promoção do transporte sustentável. Essas propostas serão fundamentadas em dados públicos e literatura científica sobre mobilidade urbana sustentável e gestão ambiental, visando a sua aplicação prática.

Fluxograma 1 Metodologia



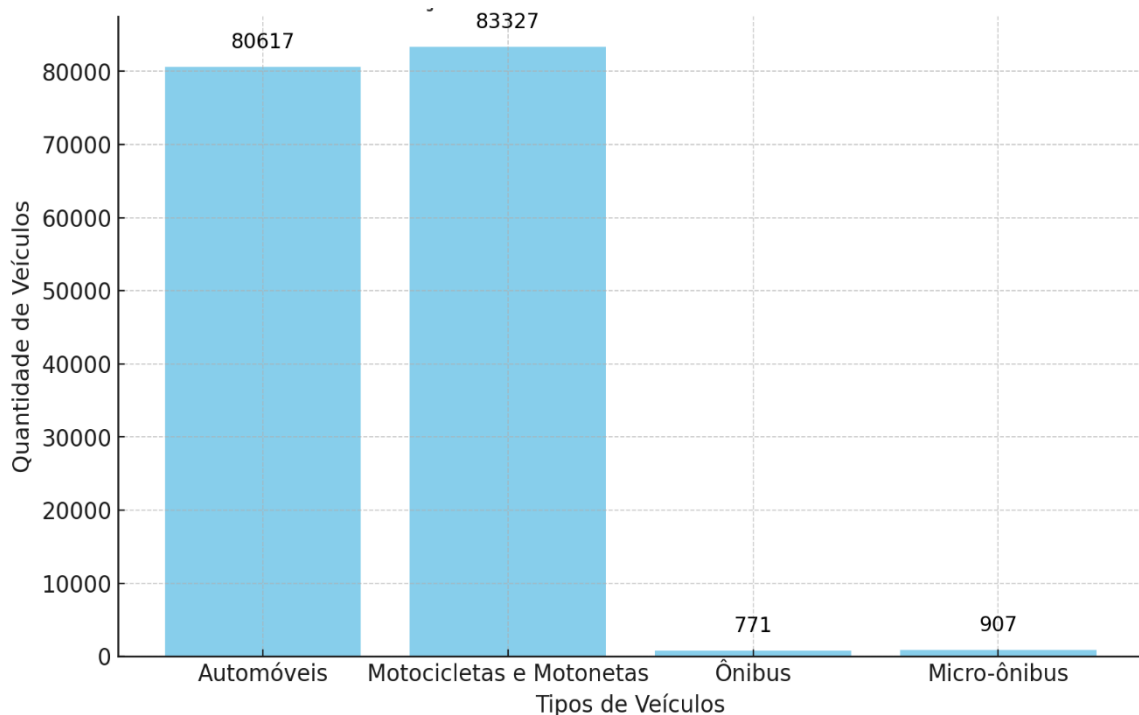
Fonte: Autor (2023)

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Infraestrutura de transportes

Caruaru é uma cidade brasileira situada no estado de Pernambuco, na região nordeste do país. De acordo com o censo realizado em 2022, ela possui uma população de 378.048 habitantes, ela é o segundo município mais populoso no interior pernambucano e o quarto no interior nordestino. Localizado a oeste da capital do estado, Recife, a cidade está a aproximadamente 130 km de distância. Caruaru abrange uma área de 923,150 km², dos quais 80,561 km² compõem o perímetro urbano, e possui 196.896 veículos, dos quais 80.617 são automóveis, 83.327 correspondem a motocicletas e motonetas, 771 ônibus, e 907 micro-ônibus. (IBGE, 2023). Ela é uma importante conexão entre o litoral, agreste e sertão pernambucano.

Gráfico 1 Distribuição de veículos por tipo no perímetro urbano de Caruaru



Fonte: IBGE 2010

3.1.1 Estradas e rodovias

Caruaru é conectada por diversas estradas com função de conectar os distritos da cidade ao seu centro, e rodovias que facilitam o acesso a outras cidades e regiões, sendo estas as mais relevantes no macro trânsito do município.

- **BR-232:** esta rodovia é uma das mais importantes, conectando Caruaru a Recife, a capital do estado, e proporcionando uma via vital para o tráfego entre essas duas localidades. No trecho que intercepta Caruaru, ela é asfaltada, com boas condições de tráfego, e duplicada.
- **BR-104:** esta rodovia conecta os estados de Alagoas até o Rio Grande do Norte, no seu trajeto ela intercepta as cidades de Caruaru, Toritama, e Santa Cruz do Capibaribe. Estas cidades fazem parte do Polo de Confeções do Agreste, um importante motor econômico da região. Em todo o trecho que intercepta Caruaru, ela é asfaltada, com boas condições de tráfego. Entre a Avenida José Rodrigues de Jesus e a comunidade de Terra Vermelha ela é composta por pista simples, nos demais trechos da cidade ela é duplicada.
- **PE-95:** é uma rodovia estadual que desempenha um papel relevante na interligação regional, conectando Caruaru a municípios vizinhos, até a cidade de Limoeiro, ela contribui para a integração do interior pernambucano. No trecho que intercepta Caruaru, ela é asfaltada, com boas condições de tráfego e é composta por pista simples.
- **PE-145:** interliga as cidades de Jataúba a Caruaru, ela é uma conexão de Caruaru com a cidade Brejo da Madre de Deus, importante polo de turismo religioso da região.

3.1.2 Ruas e avenidas

Para realizar uma análise do sistema de infraestrutura viária do município de Caruaru, primeiro é necessário compreender os tipos de vias classificadas pelo Código de Trânsito Brasileiro (CTB), o qual define:

VIA URBANA - ruas, avenidas, vielas, ou caminhos e similares abertos à circulação pública, situados na área urbana, caracterizados principalmente por possuírem imóveis edificadas ao longo de sua extensão.

VIA DE TRÂNSITO RÁPIDO - aquela caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível.

VIA COLETORA - aquela destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade.

VIA LOCAL - aquela caracterizada por interseções em nível não semaforizadas, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas.

VIA ARTERIAL - aquela caracterizada por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade. (BRASIL, 1997, Art. 60)

Tendo como fundamento essas classificações, Caruaru não possui Via de Trânsito Rápido, vale ressaltar que os trechos de rodovias dentro do perímetro urbano, utilizadas como ligação com os demais distritos da cidade tem características de vias deste tipo. Algumas vias se enquadram como arteriais, a exemplo das Avenidas Caruaru, Rui Barbosa, Agamenon Magalhães, José Rodrigues de Jesus, Brasil, Portugal, e Leão Dourado. Como vias coletoras, pode-se citar as ruas Aspigueta Navarro, Armindo Moura, São Vicente Férrer, entre outras. As demais vias urbanas são consideradas vias locais.

3.1.3 Pontes, e viadutos

Caruaru tem sua zona urbana cortada pelo Rio Ipojuca, e em decorrência desta característica geográfica ela possui pontes e passagens molhadas para transpor o curso d'água, a exemplo da ponte Irmã Jerônima, que interliga o Bairro do Indianópolis ao Bairro do Riachão. Caruaru, possui também viadutos, sob as Rodovias 232, 104, e na intersecção entre as Avenidas José Rodrigues de Jesus e Adjar da Silva Casé.

3.1.4 Terminais rodoviários

Com relação ao transporte intermunicipal a cidade possui terminal rodoviário de passageiros que está situado no bairro Caiucá, dispondo de itinerários para todas as regiões do país. São as principais empresas que operam no terminal: Borborema, Caruaruense, Coletivo Turismo, Viação Cruzeiro, Guanabara, Progresso, Expresso São Luiz e Gontijo.

3.1.5 Ferrovias

Com relação ao transporte ferroviário, o terminal de Caruaru foi inaugurado em 1895. Ele foi construído pela Great Western do Brasil e diminuiu o tempo de viagem entre Caruaru e a capital do estado, Recife (Brandão, 2014). A linha férrea foi gradualmente estendida, chegando ao seu extremo em Salgueiro, somente no ano de 1963, sem se conectar a nenhuma outra linha na região. Em 1983, os trens de passageiros foram suprimidos, incluso os que operavam em Caruaru, permanecendo apenas no trecho entre Recife e Jaboatão até 1997 (Freire, 2017). Ao longo do século XX, a ampliação da malha rodoviária colocou em segundo plano o transporte ferroviário (IPHAN, 2023).

3.1.6 Aeroportos

Caruaru possui o Aeroporto Oscar Laranjeiras, localizado no bairro do Caiucá, ele desempenhou um papel significativo na história da região. Inaugurado em 1985, o aeroporto operou voos de passageiros até 2003, quando precisou ser fechado para obras de reparo no pátio (NASCIMENTO, 2019). Em 2022, a concessão foi assumida pela Dix Empreendimentos. Atualmente, o aeroporto oferece voos domésticos para Recife por meio das companhias Azul Brazilian Airlines e Azul Conecta. Embora não haja voos internacionais diretos, o Aeroporto de Caruaru continua sendo um marco e uma opção de transporte para os moradores da região. De acordo com o Ministério de Portos e Aeroportos (2023), 26 municípios que fazem parte do agreste do estado são beneficiados com os voos comerciais partindo de Caruaru. Está prevista uma ampliação nas conexões para cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília. Entre as melhorias previstas está a construção de um novo terminal de passageiros, com extensão de 6.000m² e capacidade para atender 1,1 milhão de passageiros por ano. Outra importante intervenção que está prevista para ser realizada no aeródromo, a ampliação da pista de pouso e decolagem, passando de 1.800 para 2.250 metros. Com essa extensão, o terminal terá a oferta além de novos voos, poderá também receber aeronaves de maior porte, como os modelos Airbus e Boeing, operados pelas principais companhias aéreas do mundo. Os recursos destinados no empreendimento também preveem a construção de um novo pátio e novas pistas de taxiamento de aeronaves, incluindo novos acessos a hangares.

3.1.7 Ciclovias, ciclofaixas e ciclorrotas

De acordo com o Ministério dos Transportes (2022):

Ciclovía: uma pista própria destinada à circulação de ciclos, separada fisicamente do tráfego comum.

Ciclofaixa: parte da pista de rolamento destinada à circulação exclusiva de ciclos, delimitada por sinalização específica.

Ciclorrota: vias sinalizadas que compõem o sistema ciclável da cidade interligando pontos de interesse, ciclovias e ciclofaixas, de forma a indicar o compartilhamento do espaço viário entre veículos motorizados e bicicletas, melhorando as condições de segurança na circulação (BRASIL, 2022)

Baseado nessa classificação, a cidade de Caruaru possui ciclovias, ciclofaixas e ciclorrotas, sendo o trecho em ciclorrota compreendido entre a Avenida Zé Tatu e a Rua José Carlos Macaé, o trecho em ciclofaixa compreendido entre a Rua Nazaré da Mata e a Avenida Zé Tatu, e todo o restante da malha cicloviária da cidade corresponde a ciclovias. De acordo com a Prefeitura Municipal de Caruaru (2020), o município possui cerca de 8 km de malha cicloviária, exclusivamente na rota em que outrora trafegavam as locomotivas e possui cerca de 7 km de ciclofaixas em fase de projeto, mas sem perspectiva para sua implantação. As ciclovias se estendem desde a Rua Goiás na Divisa entre os bairros do Salgado e do Cedro, até a Avenida Caruaru no bairro do Jardim Boa Vista, e da Rua Manoel Bezerra da Silva até a Rua Camila de Freitas, ambas no bairro Kennedy (Figura 1).

Figura 1 Malha Cicloviária em Caruaru - PE



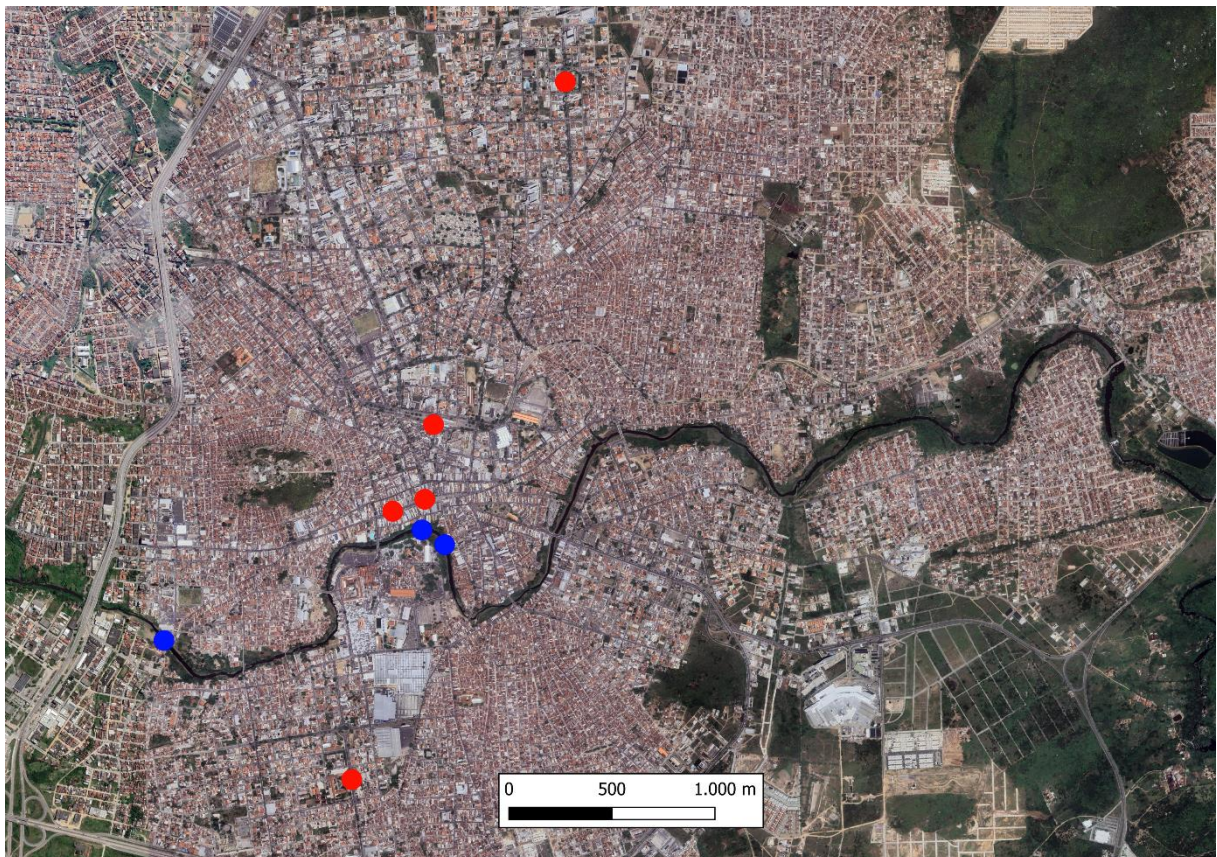
Fonte: Adaptado Google Earth (2023)

Esse panorama da infraestrutura para bicicletas, reflete diretamente na mobilidade ativa, que por sua vez, se refere ao uso de meios de transporte que dependem do esforço humano, como caminhar e andar de bicicleta (BRASIL, 2023). Esse tipo de mobilidade é uma alternativa sustentável e saudável para deslocamentos nas cidades, reduzindo a queima de combustíveis fósseis que geram GEE, e aliviando o trânsito.

3.1.8 Faixas de travessia de pedestres, passarelas e calçadas

No quesito de infraestrutura para pedestres, Caruaru possui cinco (05) faixas de travessia de pedestres elevadas (FTPE), localizadas respectivamente: Rua 15 de Novembro (02), Rua Silva Filho (01), Avenida Portugal (01), Avenida Cícero José Dutra (01), centenas de faixas de travessia de pedestres (FTP) distribuídas pela cidade, das quais cinquenta e sete (57) foram revitalizadas e implantadas nos meses de Janeiro e Fevereiro de 2024, possui também três (03) passarelas, localizadas nos bairros do São Francisco, e Nossa Senhora das Dores, e calçadas nas áreas centrais da cidade (Figura 02).

Figura 2 Passarelas (azul), Faixas Elevadas de Travessia de Pedestres (vermelho)



Fonte: Adaptado Google Earth (2023)

3.2 Políticas públicas

Existem inúmeras políticas públicas aplicadas e em desenvolvimento na cidade de Caruaru com o intuito de minimizar impactos de empreendimentos no trânsito, melhorar a mobilidade, otimizar o tráfego no município e consequentemente reduzir as emissões de gases de efeito estufa, podendo ser citada a Lei complementar municipal Nº 091, DE 30 DE MARÇO DE 2022. A qual estabelece as normas ordenadoras e disciplinadoras para construção, utilização e ocupação dos lotes inseridos no perímetro urbano do município de Caruaru, e entre outras providências, prevê: apresentação de Relatório de Impacto de Trânsito (RIT) para empreendimentos PGT's ou que causem impactos na área que está inserido, prevendo medidas mitigatórias a serem implantadas na área de influência do estabelecimento. A mesma lei prevê uma Câmara de Controle Urbano (CCU) que é responsável pela promoção, discussão e monitoramento da política de desenvolvimento urbano e ambiental do Município.

3.3 Transporte público interurbano

Com relação ao transporte interurbano, o órgão responsável é a Autarquia Municipal de Mobilidade Trânsito e Transporte de Caruaru (AMTTC), que possui atualmente contrato com três empresas (Coletivo Transportes, Capital do Agreste, e Auto Viação Tabosa) prestando este serviço, dispostas em 54 rotas, e 1163 paradas de ônibus. Em sua grande maioria dos pontos de parada os ônibus sucedem-se a cada meia hora nos bairros, das 05:00 às 23:00, nas áreas centrais da cidade esse intervalo é menor, e entre 23:00 e 05:00 eles sucedem-se a cada hora. As linhas de ônibus abrangem todos os bairros da cidade, inclusive a zona rural. Existem quatro terminais de ônibus na cidade, nas Ruas 15 de Novembro, Silva Filho, e Cap. João Velho, e na Avenida Maria José Lyra. É uma tendência que as linhas com mais demandas de passageiros são as linhas que cortam os bairros mais populosos, a exemplo do bairro do Salgado, e Xique-Xique. Caruaru possui um Sistema de Integração Temporal no transporte público. Esse sistema permite que os passageiros façam integração entre diferentes linhas de ônibus num intervalo de 60 minutos, após a primeira viagem, na segunda viagem, a tarifa oferece desconto de 50%, dentro do intervalo (CARUARU, 2022).

O uso de ônibus em vez de carros pode reduzir as emissões de gases de efeito estufa ao diminuir a quantidade de veículos e combustíveis fósseis utilizados. Com maior capacidade de transporte, os ônibus reduzem o dióxido de carbono (CO₂), per capita e, se modernizados para opções de baixa emissão, tornam-se ainda mais eficientes. O dióxido de carbono (CO₂) é de

longe o gás de efeito estufa mais prevalente emitido por veículos motorizados. Cada galão de gasolina queimado libera 8,9 kg de CO₂ (BAILEY, 2008).

No ano de 2017 a Autarquia Municipal de Defesa Social, Trânsito e Transportes (Destra), implementou na Rua Capitão João Velho uma faixa exclusiva de ônibus, com planos de ampliação para a Rua Duque de Caxias e Avenida Agamenon Magalhães, a circulação exclusiva durou cerca de um ano. Atualmente não existe nenhuma faixa exclusiva para ônibus na cidade de Caruaru. Entretanto existem ruas no centro da cidade que não são permitidas o trânsito de caminhões e veículos de transporte alternativos, como vans de transporte intermunicipal.

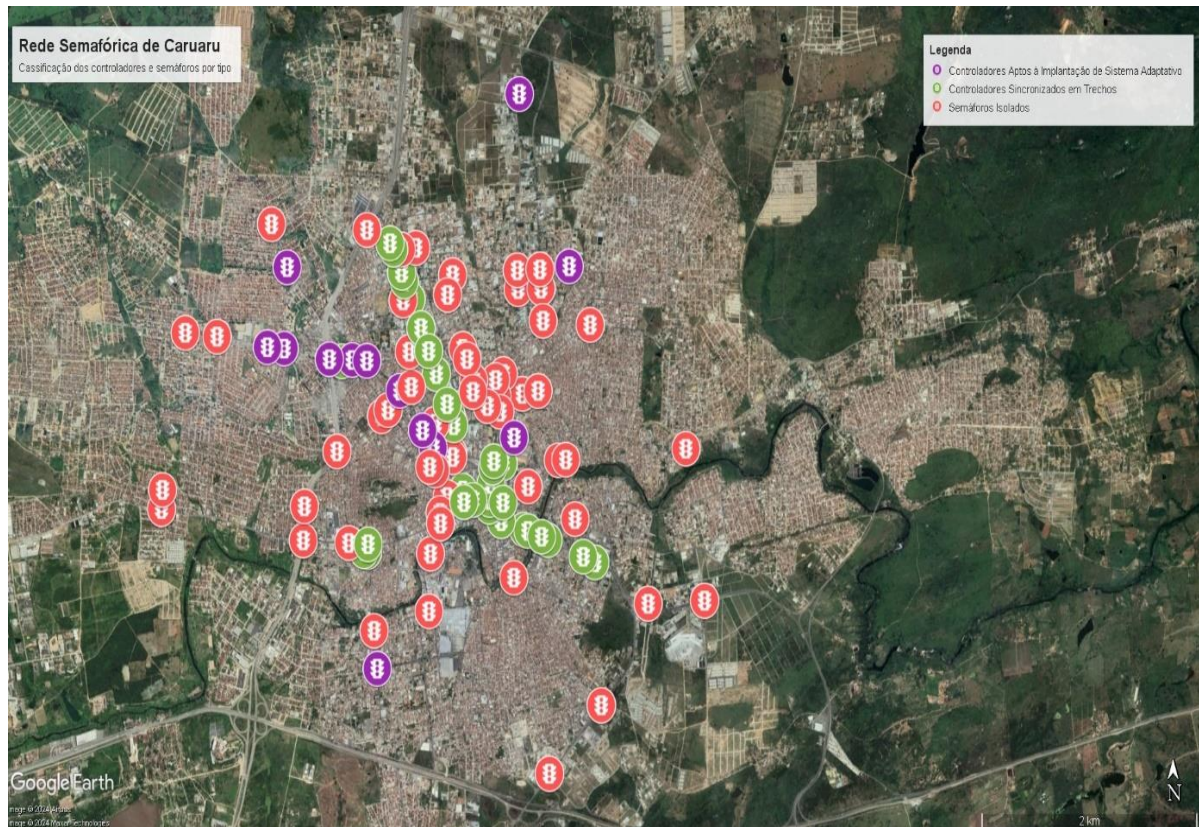
3.4 Dispositivos de controle de tráfego

Os dispositivos de controle de tráfego referem-se ao conjunto de tecnologias e ações com o objetivo de ordenar o fluxo de veículos nas vias públicas. Estes dispositivos visam otimizar a circulação, melhorar a segurança viária e minimizar congestionamentos.

3.4.1 Semáforos

Atualmente a cidade de Caruaru possui cento e três (103) cruzamentos semaforizados ativos. Os semáforos em funcionamento possuem as seguintes características: possuem tecnologia que permite integração com sistema adaptativo (12) cruzamentos, possuem controladores sincronizados em trechos (32) cruzamentos, e os demais são semáforos isolados (59) cruzamentos, conforme evidencia a Figura 3. Eles são operados pela empresa SERTELL, que também possui contrato para gestão do estacionamento rotativo público de Caruaru. Os semáforos da cidade operam de maneira independente, cada um possui sua programação individual, e não existe conectividade entre todos eles, apenas entre alguns (32) cruzamentos e em alguns trechos. Em situações que exigem a alteração dos tempos semafóricos, estes precisam ser realizados de maneira física, uma vez que o sistema não é conectado a uma rede central ou possui tecnologia adaptativa em funcionamento para ajustar os mesmos automaticamente. Fato este que dificulta ajustes tempestivos nos mesmos, necessitando que uma equipe se desloque ao local para realizar os respectivos ajustes.

Figura 3 Disposição dos Cruzamentos com Semáforos em Caruaru- PE



Fonte: Adaptado Google Earth (2023)

3.4.2 Binários

O sistema binário de trânsito transforma ruas ou avenidas paralelas e próximas, de mão dupla, em vias de sentido único. Esse sistema tem como objetivo melhorar o fluxo de veículos e tornar a via mais fluída, contribuindo para o uso eficiente do espaço e a diminuição de conflitos entre veículos, pedestres e ciclistas.

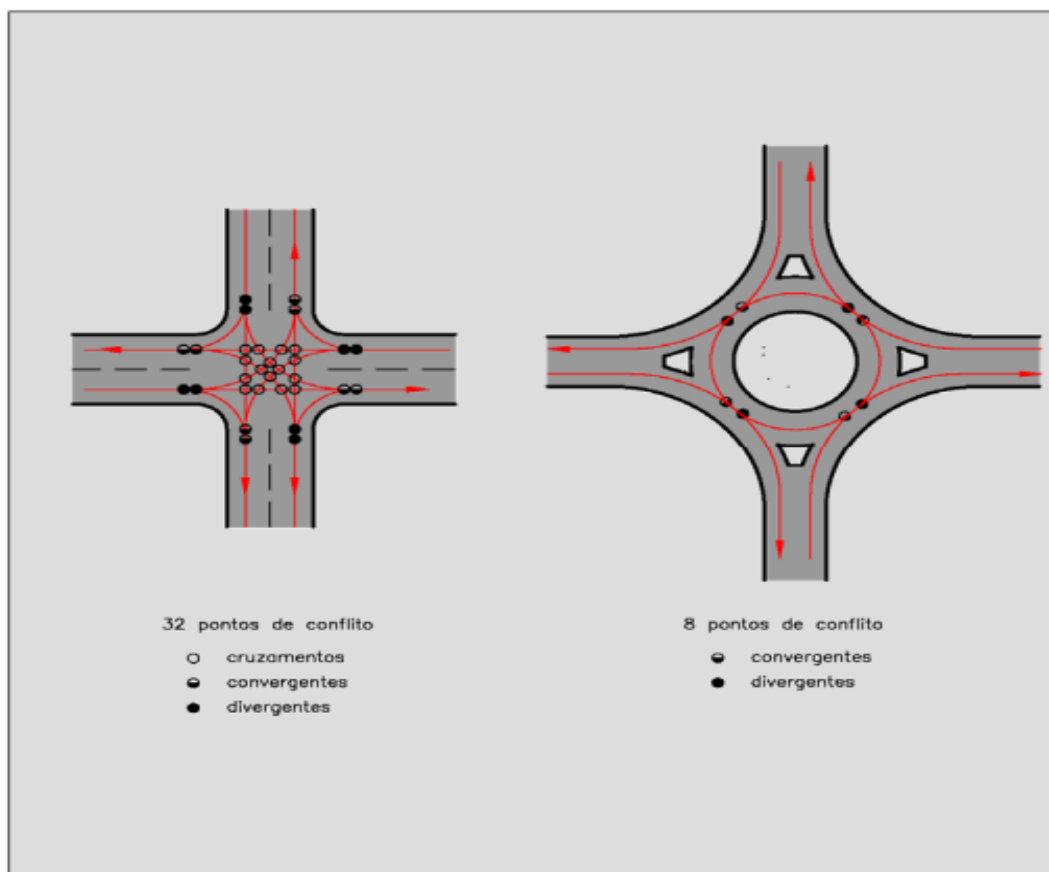
Fernandes (2016), em sua pesquisa avaliou a influência da implantação de binários como solução operacional de planejamento de trânsito no transporte público urbano. Nela, verificou que os sistemas binários não só aumentaram o número de pessoas transportadas por hora pela via, como também melhorou a mobilidade das vias envolvidas no estudo.

O município de Caruaru possui binários distribuídos por inúmeros bairros da cidade, podendo-se citar os binários entre a rua Francisca Lira Florêncio e avenida Marcionilo Francisco da Silva no bairro Mauricio de Nassau, entre as ruas Santa Luzia e Barão de Caruaru no bairro do Salgado, entre as ruas 15 de Novembro e Duque de Caxias no centro, e entre a avenida Leão Dourado e Rua Ilhéus no bairro Kennedy.

3.4.3 Rotatórias

A rotatória é uma forma de interseção viária em que o tráfego é organizado em torno de uma ilha central circular. Ela permite a circulação contínua dos veículos em uma direção geralmente anti-horária. As rotatórias são projetadas para permitir o cruzamento de vários caminhos e diminuir o risco de sinistros de trânsito que poderiam ocorrer em sua ausência. Elas forçam os motoristas a reduzir a velocidade, diminuindo os pontos de conflito e contribuindo para a segurança viária e a fluidez do trânsito (Figura 4). Também são conhecidas como giratórias ou rótulas, dependendo da região, (DNIT, 2005). Existe no município uma dezena de rotatórias, podendo utilizar-se como exemplo a presente na Avenida Leão Dourado, no cruzamento com a Avenida João Soares Machado, no cruzamento entre as ruas Santa Maria da Boa Vista com a São Vicente Ferrer, e a próxima a ponte da amizade na Avenida Lourival José da Silva. A cerca de 20 anos atrás existia uma quantidade maior de rotatórias, mas estas deram lugar a cruzamentos semaforizados, a exemplo do cruzamento entre a Avenida Rio Branco, com a Rua Armando da Fonte.

Figura 4 Pontos de conflito em uma intersecção de quatro ramos, e em rotatória



Fonte: DNIT (2005)

3.4.4 Controle de veículos nos horários de pico

De maneira contrária a essas alternativas, o fato de a maioria das pessoas irem trabalhar, deixar e buscar seus filhos nas escolas, e voltarem do trabalho em horários semelhantes, causa uma piora na mobilidade do sistema viário nos horários de pico. Pode se destacar o período matutino compreendido entre as 06:30 e às 08:00, e vespertino compreendido entre às 17:00 e às 18:30 (HUANG, 2019). Esse fenômeno ocorre nas ruas centrais, e nas principais avenidas e acessos dos bairros da cidade, podendo-se destacar o acesso da Avenida Agamenon Magalhães advindo da BR-104, acesso ao bairro Xique-Xique (um dos bairros com maior crescimento populacional do município) pela estrada de mesmo nome, acesso ao bairro do Salgado (bairro mais populoso de Caruaru) advindo da Avenida Brasil, e acesso ao Boa Vista advindo da Avenida Caruaru e Rua Santa Maria da Boa Vista. Existe no município áreas em que dependendo do horário não é permitido trafegar (caminhões e veículos de transporte alternativo), e estacionar em decorrência do dia e horário. A exemplo do que ocorre na Rua 15 de Novembro, onde não é permitido parar e estacionar de segunda-feira a sexta-feira, das 07:00 às 19:00.

3.5 Veículos

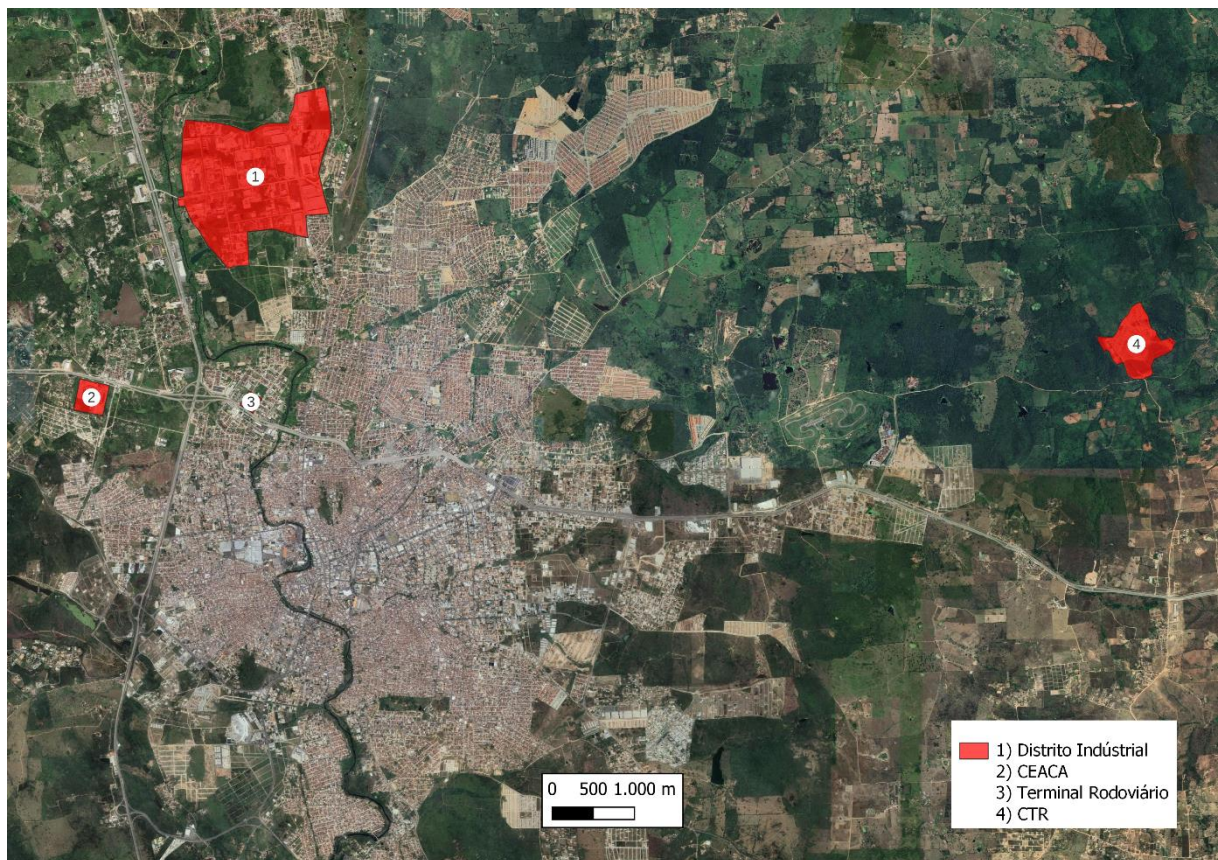
A cidade tem uma das maiores taxas de veículos por habitantes do estado de Pernambuco, são cerca de 1 veículo para cada par de habitantes (IBGE, 2023). Esse fato, tendo em vista que o crescimento da cidade ocorreu de maneira orgânica, não planejada, voltada para o entorno da sua área central, faz com que exista uma alta demanda de vagas de estacionamento no centro da cidade e nos seus arredores. Com ruas estreitas, e com muitos veículos estacionados, a mobilidade urbana é prejudicada. O município possui cerca de 1300 vagas de estacionamento público regulamentado para automóveis e 450 vagas para motocicletas (estacionamento rotativo pago), além dos estacionamentos privados.

3.5.1 Veículos de grande porte

A cidade possui quatro polos significativos com trânsito de veículos de grande porte (carga e passageiros de acordo com DNIT, classificação A-H), sendo eles o Distrito Industrial situado no bairro do Alto do Moura, a Central de Abastecimento de Caruaru (CEACA) situada no bairro da Cidade Alta, a Rodoviária (já mencionada neste artigo), e a Central de Tratamento de Resíduos (CTR) situado na zona rural, representados na Figura 5, numerados de 01-04,

respectivamente. Os principais acessos para esses Polos Geradores de Tráfego (PGT) são as BR-232 e BR-104, Avenida Leão Dourado (acesso ao Distrito Industrial), e Avenida Mariele Franco (acesso ao CTR). Embora o trânsito desses veículos nesses PGT's seja expressivo, eles pouco causam impactos com relação a congestionamentos, em decorrência da sua descentralização, proximidade com vias bem dimensionadas (rodovias), e esse fluxo de veículos não concorre com a grande maioria dos veículos no centro da cidade.

Figura 5 Polos significativos com trânsito de veículos de grande porte



Fonte: Adaptado Google Earth (2023)

3.5.2 Veículos de baixa emissão

A emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) decorrente de veículos, tem como principal fator o combustível que a frota utiliza como fonte de energia. No Brasil existem atualmente 115.116.532 veículos, dos quais 111.795.501 são movidos a alguma forma de combustível fóssil (diesel, gasolina, flex), 4.460.717 são movidos exclusivamente a álcool, e 289.177 são eletrificados, dos quais 101.070 são exclusivamente elétricos. (IBGE, 2023)

Em Caruaru 193.516 dos veículos são movidos a combustíveis fósseis (diesel, gasolina, flex),

6.194 são movidos exclusivamente a álcool, e 292 são eletrificados (possuem a opção, ou são parcialmente movidos a energia elétrica, híbridos), dos quais apenas 1 consta como exclusivamente elétrico. (IBGE, 2023). Atualmente existem duas (02) vagas públicas para veículos elétricos durante recarga na cidade, localizadas respectivamente na Rua Visconde de Inhaúma, número 51, e Avenida Osvaldo Cruz, número 160.

No Brasil existem diversos incentivos fiscais para veículos elétricos e eletrificados, a exemplo do projeto aprovado na Comissão de Ciência e Tecnologia (CCT) no Senado Federal, o qual estabelece uma política de incentivo tributário à pesquisa de desenvolvimento da mobilidade elétrica no Brasil (PL 6.020/2019). O projeto determina que as empresas beneficiadas por renúncias fiscais no programa de inovação Rota 2030 - Mobilidade e Logística, deverão aplicar 1,5% do benefício tributário em pesquisas sobre o desenvolvimento da tecnologia para veículos elétricos. (SENADO FEDERAL, 2022)

3.6 Planejamento urbano

Caruaru é dividido em zonas, e é regido pelo Plano Diretor do Município (Prefeitura de Caruaru, 2022). Este plano é o instrumento básico da política municipal de desenvolvimento territorial sustentável para todo o território do município, compreendendo áreas urbanas e rurais. Esta divisão define áreas com usos específicos, como residencial, comercial e industrial. A maior parte da população, 236.466 pessoas, está localizada em área urbana (IBGE, 2010). Essas áreas urbanas mais densamente habitadas são os principais geradores de demanda para o transporte público, inclusive na cidade de Caruaru. Uma das consequências de um planejamento urbano bem realizado, onde se distribui os PGT's, se descentraliza as atividades e postos de trabalho, e limita a verticalização das construções em determinadas áreas, é a redução dos deslocamentos de longa distância desnecessários, e consequentemente promovendo um trânsito mais sustentável e a redução de emissão de GEE.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com SITATI (2022), o congestionamento do tráfego contribui significativamente para as emissões de gases com efeito de estufa, especialmente as emissões de CO₂. Neste contexto a consequência ambiental mais grave, embora também a menos imediata, do congestionamento do tráfego é aumento das emissões de GEE. Embasando-se nesses conceitos,

é possível analisar a infraestrutura de transporte existente em Caruaru, identificando pontos que podem ser aprimoradas para promover modos de transporte mais sustentáveis.

A integração entre linhas de ônibus interurbanos com os terminais de transporte, rodoviária e aeroporto, é crucial para um sistema de transporte público eficaz. Ela permite um trânsito eficiente entre diferentes PGT's, promovendo redução nos congestionamentos e representa uma alternativa sustentável ao traslado (KNEIB, 2020). Além disso, facilita o acesso a diversas áreas urbanas, melhorando a mobilidade geral da população. Políticas que incentivem essa conexão são fundamentais para tornar a cidade mais dinâmica e integrada, contribuindo para um ambiente sustentável e uma melhor qualidade de vida para os passageiros que utilizam esses modais.

PÉREZ, (2020) descreveu o tempo de viagem como uma das barreiras mais importantes que impedem a mudança na escolha de modais de transporte, e evidenciou como a distância de deslocamento é outro fator limitante no traslado a pé ou bicicleta até o destino. Nash e Mitra, (2019) evidenciaram a relação entre topografia local, acessibilidade, estrutura urbana, tipo de residência do bairro, e a disponibilidade de infraestruturas adequadas (calçadas ou ciclovias) com a escolha do tipo de transporte utilizado.

Caruaru enfrenta desafios significativos na mobilidade, incluindo: ciclovias apenas no sentido longitudinal do eixo da cidade, poucos calçadões e faixas de travessia de pedestres elevadas. A expansão de ciclovias, calçadões e travessias elevadas para pedestres é vital para a mobilidade urbana e a redução das emissões de gases de efeito estufa. Pode-se citar a necessidade de conexão entre os bairros, e entre os parques da cidade, promovendo assim uma malha cicloviária ampla e integrada. Estas infraestruturas incentivam o uso de meios de transporte não poluentes, e promovem a acessibilidade e segurança, contribuindo para uma cidade mais sustentável e habitável. Além disso, tais estruturas promovem um ambiente urbano mais saudável e agradável, estimulando a atividade física e reduzindo a dependência de veículos motorizados. Investimentos nessas infraestruturas são passos importantes para melhorar a qualidade de vida dos residentes de Caruaru, alinhando-se com esforços globais para combater as mudanças climáticas.

O município, tem todos os bairros contemplados com linhas de ônibus, e com um tempo de intervalo entre eles aceitável, nenhuma linha demora mais que uma hora para repetir o trajeto nos pontos, mas é necessário ampliar a oferta de linhas de ônibus, principalmente nos bairros mais populosos, ampliar as integrações existentes, promover incentivos financeiros para o uso do transporte público, aumentar os investimentos na qualidade do serviço prestado, veículos modernos e confortáveis, tarifas acessíveis, realizar campanhas evidenciando os benefícios da

sua utilização, promover mais segurança, garantir a previsibilidade, e redução dos tempos de viagens através da criação de faixas exclusivas para ônibus.

Os sistemas de controle de semáforos têm sido amplamente utilizados para monitorar e controlar o fluxo de veículos. Porém, com o aumento do número de veículos públicos (ônibus) e particulares (automóveis, motos e caminhões), os centros urbanos estão se tornando cada vez mais populosos. Tal fenômeno leva ao congestionamento do tráfego e aumenta a poluição ambiental e sonora. Para conter o surgimento de tais problemas, as grandes cidades estão adotando soluções tecnológicas, materializando o conceito de cidades inteligentes (DE OLIVEIRA, 2020).

Tendo isto em vista é importante realizar a implementação de rede de semáforos integrada em uma central e autônoma, tal disposição permite alterações mais tempestivas nos tempos semaforicos, sem necessidade de deslocamento para realizar tais ajustes, ou até mesmo, o sistema se autorregula. Estes semáforos são chamados de “inteligentes” pois funcionam sob demanda: o tempo que o semáforo permanece verde ou vermelho depende da quantidade de veículos na via naquele momento. Automaticamente, ele se regula ao longo do dia para melhor gerenciar o fluxo de trânsito. Podendo proporcionar a chamada “onda verde”, na qual o fluxo de veículos é facilitado, por um maior tempo de permissão de trafegar para as vias com maior quantidade de veículos.

Em consonância com os semáforos autônomos, é importante realizar a ampliação de binários e rotatórias, onde os estudos de engenharia mostrarem sua necessidade, pois essas intervenções desempenham um papel significativo na melhoria da mobilidade, na redução de congestionamentos e conseqüentemente na diminuição das emissões de gases de efeito estufa. Essas intervenções promovem viagens mais rápidas e menos tempo gasto em congestionamentos.

A fim de superar o congestionamento do tráfego, o desenho de rotatórias é uma solução difundida de gestão de tráfego em áreas urbanas. Na maioria dos países, as rotatórias têm sido amplamente adotadas como alternativa aos cruzamentos sinalizados devido à sua facilidade de operação e diminuição de pontos de conflito. Melhorando a eficiência de utilização do combustível e reduzindo as emissões de gases de efeito estufa, pois os veículos mantêm um movimento mais constante, evitando as paradas frequentes e as acelerações associadas aos semáforos (HEMAVATHY, 2023). A expansão dessas infraestruturas é uma estratégia importante para Caruaru não apenas melhorar a mobilidade e a segurança, mas também contribuir para esforços mais amplos de sustentabilidade ambiental.

Caruaru possui uma boa segregação entre os veículos de carga e de passeio, tal prática deve ser continuada. Devem ser ampliadas as infraestruturas de suporte para motoristas de caminhões, pontos de descanso e pernoite. As vias que dão acesso aos polos de maior fluxo de veículos de grande porte devem ser mantidas em boas condições, e suas ampliações devem ser concebidas prevendo o maior desgaste no pavimento em decorrência do peso, e suas geometrias devem possibilitar as manobras destes veículos.

Com relação aos veículos de baixa emissão, eletrificados, ou mesmo a álcool. É importante que sejam ampliadas e difundidas as estações de carregamento para os veículos eletrificados, que sejam implementadas políticas públicas de incentivo a compra, e abastecimento desses veículos, incentivos fiscais, subsídios, e a implementação de zonas de baixa emissão, onde o uso de veículos poluentes é desestimulado ou limitado. Os veículos elétricos tem um potencial de ser um marco na transição energética do transporte de passageiros. A combinação dos veículos híbridos com veículos elétricos pode até levar a efeitos de descarbonização eficientes (XU, 2020).

5 CONCLUSÕES

A gestão de trânsito em Caruaru emerge como uma ferramenta vital para mitigar os impactos ambientais, particularmente na redução das emissões de gases de efeito estufa. A cidade apresenta pontos positivos, como a existência de uma infraestrutura de transportes de carga segregada de veículos de passeio, abrangência de linhas de transporte coletivo, e a existência de uma malha cicloviária. No entanto, há um potencial significativo para melhorias, especialmente na ampliação de ciclovias, ciclofaixas e ciclorrotas, além da ampliação de faixas de travessia de pedestres elevadas, que podem incentivar a mobilidade ativa e reduzir a dependência de veículos a combustão.

Neste contexto, não há muito que possa ser feito na cidade com relação as geometrias das vias centrais, pois qualquer alteração maior envolveria muitas desapropriações, tendo em vista o crescimento orgânico dela. Mas, por meio do plano diretor do município, é possível garantir que as novas vias criadas no município, tenham dimensionamento adequado, baseando-se no padrão de crescimento da frota de veículos. A concentração de serviços no centro da cidade, causam congestionamentos, especialmente durante os horários de pico. Medidas no âmbito da descentralização dos serviços, ampliação do trabalho realizado de maneira remota, horários assíncronos de chegada e saída no trabalho das diferentes categorias, são importantes para distribuir os fluxos de veículos de maneira mais homogênea e diminuir os veículos no

centro da cidade. É importante manter, e realizar estudos mais detalhados sobre a necessidade de ampliação de áreas com restrição de circulação, parada e estacionamento, sobretudo nas áreas centrais da cidade.

Com isso, a relevância deste estudo reside na sua capacidade de fornecer informações e métodos práticos e aplicáveis, embasados na literatura científica, para orientar políticas públicas e práticas de gestão de trânsito em Caruaru. Ao considerar as especificidades locais, este trabalho visa contribuir para a construção de soluções eficazes que minimizem os impactos das emissões de GEE, promovendo, assim, uma transição rumo a uma mobilidade urbana mais sustentável e resiliente.

É importante que sejam estudadas e difundidas políticas públicas na promoção de um transporte público mais eficiente e na eletrificação da frota de veículos, visando veículos de baixa emissão. A implementação de dispositivos de controle de tráfego, como semáforos inteligentes e a ampliação de rotatórias e binários, pode contribuir para um fluxo de trânsito mais eficaz, diminuindo os congestionamentos e, conseqüentemente, as emissões de poluentes.

O planejamento urbano deve ser orientado para a criação de bairros autossuficientes, reduzindo a necessidade de deslocamentos longos e promovendo a integração de diferentes meios de transporte. É necessário realizar uma avaliação contínua da eficácia das políticas públicas e a implementação de estratégias inovadoras são essenciais para garantir um transporte mais eficiente e sustentável, alinhado com os objetivos globais de sustentabilidade.

Recomenda-se que pesquisas futuras realizem cálculos mais aprofundados das emissões de gases de efeito estufa em Caruaru, considerando as variações sazonais, os horários de pico, e as tipologias dos veículos utilizados. Um estudo pormenorizado que examine as emissões geradas por diferentes modais de transporte, como automóveis, motocicletas, e ônibus, poderá fornecer uma visão mais precisa do impacto de cada um desses modais nas emissões totais da cidade. Adicionalmente, uma análise prospectiva com cenários simulados de redução gradual de veículos a combustão e incremento de veículos elétricos ou híbridos permitiria projeções robustas para embasar políticas públicas. Tal abordagem quantitativa e detalhada oferece um fundamento sólido para decisões estratégicas com vistas à redução das emissões, auxiliando, assim, na formulação de políticas de mobilidade urbana que estejam alinhadas aos compromissos globais de sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

ARINIELLO, Alex; PRZYBYL, Bart. **Roundabouts and sustainable design**. In: **Green Streets and Highways 2010: An Interactive Conference on the State of the Art and How to Achieve Sustainable Outcomes**. 2010. p. 82-93.

BAILEY, Linda; MOKHTARIAN, Patricia L.; LITTLE, Andrew. **The broader connection between public transportation, energy conservation and greenhouse gas reduction**. Fairfax, VA: ICF International, 2008.

BARTH, Matthew; BORIBOONSOMSIN, Kanok. **Real-world carbon dioxide impacts of traffic congestion**. Transportation research record, v. 2058, n. 1, p. 163-171, 2008.

BORGES, Breno Albuquerque Brandão. **Patrimônio ferroviário e autenticidade: avaliação do Conjunto Ferroviário de Caruaru**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/13264> Acesso em: 01, março, 2024.

BRASIL. Lei nº 9.503/1997. Institui **Código de Trânsito Brasileiro**. Brasília, DF: Congresso Nacional, 1997.

BRASIL. **Aeroporto de Caruaru receberá investimentos de R\$ 140 milhões**. Agência Gov, 2024. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202403/fundamental-para-expansao-comercial-de-pernambuco-aeroporto-de-caruaru-recebera-investimentos-de-r-140-milhoes-do-mpor>. Acesso em: 01, março, 2024.

BRASIL. **Plano de Mobilidade Ativa**. Disponível em: <https://www.semob.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2022/07/plano-mobilidade.pdf>. Acesso em: 01, março, 2024.

CARUARU. **LEI COMPLEMENTAR Nº 091, DE 30 DE MARÇO DE 2022. Estabelece as normas ordenadoras e disciplinadoras para construção, utilização e ocupação dos lotes inseridos no perímetro urbano do município de Caruaru**. Disponível em: <https://caruaru.pe.gov.br/lei-complementar-no-091-de-30-de-marco-de-2022/>. Acesso em: 01, março, 2024.

Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito**. 1ª edição – Brasília: Contran, 2022. (Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito; Sinalização Cicloviária; Volume 8). Disponível em: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/docs/copy_of__08__MBST_Vol._VIII__Sinalizacao_Cicloviaria.pdf Acesso em: 04 de março 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **MANUAL DE PROJETO DE INTERSEÇÕES**. 2ª edição – Brasília: DNIT, 2005. (MANUAL DE PROJETO DE INTERSEÇÕES). Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de>

manuais/vigentes/718_manual_de_projeto_de_intersecoes.pdf Acesso em: 04 de março 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **CONTAGEM, CLASSIFICAÇÃO DOS VEÍCULOS E PESO**. 1ª edição – Brasília: DNIT, 2005. (CONTAGEM, CLASSIFICAÇÃO DOS VEÍCULOS E PESO, ANEXO V). Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/licitacoes/audiencias-publicas/audiencias-publicas-2023/consulta-publica-pncv/anexo_14078979_anexo_v___contagem__classificacao_peso.pdf Acesso em: 04 de março 2023.

DE OLIVEIRA, Luiz Fernando Pinto; MANERA, Leandro Tiago; DA LUZ, Paulo Denis Garcez. **Development of a smart traffic light control system with real-time monitoring**. IEEE Internet of Things Journal, v. 8, n. 5, p. 3384-3393, 2020.

FERNANDES, C.W.N.; TAGLIALENHA, S.L.S.; TIBURCIO, F.S.; SILVA, V.M.D. **Análise da Utilização de Vias Binárias como Solução Operacional no Planejamento do Transporte Público Urbano**. 7 Congresso Luso Brasileiro para Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. Contrastes, Contradições e Complexidades. Maceió – Brasil, 05 a 07 de outubro de 2016

FERREIRA, Adaiane Tamires Gonçalves. **Levantamento da sincronização semafórica da Avenida Portugal**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/43830>. Acesso em: 01, março, 2024.

FREIRE, Maria Emília Lopes. **Patrimônio ferroviário: a preservação para além das estações**. 2017. Teses de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/29429> Acesso em: 01, março, 2024.

GHAZAL, B.; EIKHATIB K.; CHAHINE K. **Smart traffic light control system**. In: 2016 third international conference on electrical, electronics, computer engineering and their applications (EECEA). IEEE, 2016. p. 140-145.

GOVERNO DE PERNAMBUCO. **Via Parque**. Disponível em: <https://conheca.caruaru.pe.gov.br/site/via-parque>. Acesso em: 01, março, 2024.

HEINEN, Eva; VAN WEE, Bert; MAAT, Kees. **Commuting by bicycle: an overview of the literature**. Transport reviews, v. 30, n. 1, p. 59-96, 2010.

HEMAVATHY, M.; MALARVIZHI, Ganapathi. **Designing a Roundabout to Overcome Traffic Congestion at a Four-Armed Intersection**. Engineering Innovations, v. 7, p. 95-103, 2023.

HUANG, Zhao et al. **A peak traffic congestion prediction method based on bus driving time**. Entropy, v. 21, n. 7, p. 709, 2019.

International Airport Review (2018), ‘**LabCampus at Munich Airport welcomes MIT in cooperation agreement**’, available at:

<https://www.internationalairportreview.com/news/77420/labcampus-munich-airport-mit/> Acesso em: 01, março, 2024.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). **Relatório Síntese - Mudança Do Clima 2023**. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-do-ipcc/arquivos/pdf/IPCC_mudanca2.pdf. Acesso em: 15, novembro, 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Frota de veículos**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/caruaru/pesquisa/22/28120?ano=2022>. Acesso em: 15, novembro, 2023.

Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). **Começa requalificação do Pátio da Antiga Estação Ferroviária de Caruaru (PE)**. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/noticias/detalhes/5778/comeca-requalificacao-do-patio-da-antiga-estacao-ferroviaria-de-caruaru-pe>. Acesso em: 15, novembro, 2023.

KNEIB, Erika Cristine. **Transporte público coletivo e mobilidade: a relevância da governança interfederativa**. Redes. Revista do Desenvolvimento Regional, v. 25, n. 3, p. 1123-1143, 2020.

LI, Yanxia et al. **A study of high temporal-spatial resolution greenhouse gas emissions inventory for on-road vehicles based on traffic speed-flow model: A case of Beijing**. Journal of cleaner production, v. 277, p. 122419, 2020.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Frota de Veículos - 2024**. 1ª edição – Brasília: SENATRAN, 2005. (Frota de Veículos - 2024). Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2024>

MCNEIL, Nathan. **Bikeability and the 20-min neighborhood: How infrastructure and destinations influence bicycle accessibility**. Transportation research record, v. 2247, n. 1, p. 53-63, 2011.

NASCIMENTO, Willian Eduardo do. **Análise da infraestrutura aeroportuária do Aeroporto Oscar Laranjeira - Caruaru/PE**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia), Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande - Paraíba - Brasil, 2019. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/23630> Acesso em: 01 mar. 2024.

NASH, Sean; MITRA, Raktim. **University students' transportation patterns, and the role of neighbourhood types and attitudes**. Journal of transport geography, v. 76, p. 200-211, 2019.

Organização das Nações Unidas (ONU). **The Sustainable Development Goals Report 2022**. Disponível em: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022.pdf>. Acesso em: 15, novembro, 2023.

PÉREZ-NEIRA, David; RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, Ma Pilar; HIDALGO-GONZÁLEZ, Cristina. **The greenhouse gas mitigation potential of university commuting: A case study of the University of León (Spain)**. Journal of Transport Geography, v. 82, p. 102550, 2020.

PORTUGAL, L.; LENISE GRANDO GOLDNER. **Estudo de Pólos Geradores de Tráfego e de seus impactos nos sistemas viários e de transportes**. São Paulo Edgard Blücher, 2003.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CARUARU – AMTTC (AUTARQUIA MUNICIPAL DE TRÂNSITO E TRANSPORTES DE CARUARU). **Ações de mobilidade urbana, integração Temporal e dez novos ônibus coletivos para Caruaru**. Disponível em: <https://amttc.pe.gov.br/site/noticia.php?id=22>. Acesso em: 01, março, 2024.

Autarquia Municipal de Defesa Social, Trânsito e Transportes (Destra). **Faixa exclusiva para ônibus em Caruaru**. Destra, 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/caruaru-regiao/noticia/2016/11/rua-capitao-joao-velho-recebe-faixa-exclusiva-para-onibus-em-caruaru-pe.html>. Acesso em: 29 de fevereiro 2024.

REQUIA, Weeberb J. et al. **How clean are electric vehicles? Evidence-based review of the effects of electric mobility on air pollutants, greenhouse gas emissions and human health**. Atmospheric Environment, v. 185, p. 64-77, 2018.

Rua Capitão João Velho recebe faixa exclusiva para ônibus em Caruaru, PE. **Caruaru e Região**, 10 nov. 2016. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/caruaru-regiao/noticia/2016/11/rua-capitao-joao-velho-recebe-faixa-exclusiva-para-onibus-em-caruaru-pe.html>. Acesso em: 01, março, 2024.

SERTTEL. **Objetivos da SERTTEL**. Disponível em: <http://www.serttel.com.br/sobre/>. Acesso em: 29 de fevereiro 2024.

Senado Federal. **Incentivo a veículos elétricos passa na CCT**. Senado Federal, 2024. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2022/05/19/incentivo-a-veiculos-eletricos-passa-na-cct#:~:text=O%20projeto%20determina%20que%20as,da%20tecnologia%20para%20ve%C3%ADculos%20el%C3%A9tricos.> . Acesso em: 29 de fevereiro 2024.

SPERLING, Daniel; SALON, Deborah. **Transportation in developing countries: An overview of greenhouse gas reduction strategies**. 2002.

SITATI, Cynthia N. et al. **A street-level assessment of greenhouse gas emissions associated with traffic congestion in the city of Nairobi, Kenya**. Clean Air Journal, v. 32, n. 1, p. 1-12, 2022.

XU, Lei et al. **Greenhouse gas emissions of electric vehicles in Europe considering different charging strategies**. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 87, p. 102534, 2020.

YAN, Xiaoyu et al. **Effects of ethanol on vehicle energy efficiency and implications on ethanol life-cycle greenhouse gas analysis.** Environmental science & technology, v. 47, n. 11, p. 5535-5544, 2013.

PEDRO HENRIQUE DAMIÃO DE MATOS

Gestão de trânsito como ferramenta para minimizar os impactos das emissões de gases de efeito estufa

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Áreas de concentração: infraestrutura de transportes, engenharia ambiental

Aprovado em 26 de março de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr Gilson Lima da Silva (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Renato Mahon Macêdo (Avaliador)
Universidade Federal de Pernambuco

Eng. José Floro de Arruda Neto (Avaliador)
Universidade Federal de Pernambuco