

MACAÉ 2030

Futuros cenários além do petróleo



Macaé
PREFEITURA
Secretaria Adjunta | ENSINO SUPERIOR



Prefeitura Municipal de Macaé

Welberth Porto de Rezende

Secretaria Municipal de Educação

Leandra Lopes Vieira

Secretaria Municipal Adjunta de Ensino Superior

Flaviá Picon Pereira

Projeto Macaé 2030

Observatório da Cidade de Macaé

Alice Ferreira Tavares

Organização

Alice Ferreira Tavares
Ana Eliza Port Lourenço
Felipe Dias Ramos Loureiro
Gisele Silva Barbosa
Leila Brito Bergold
Lia Hasenclever
Luana Silva Monteiro
Maria Inês Paes Ferreira

Editorial

Ana Eliza Port Lourenço
Cremilda Barreto Couto
Leila Brito Bergold
Lia Hasenclever
Luana Silva Monteiro
Gisele Silva Barbosa

Revisão

Cláudia de Magalhães Bastos Leite

Revisão e Normalização ABNT

Henrique Barreiros Alves

Diagramação

Raphael Bózeo de Sousa

Fotografia

Raphael Bózeo de Sousa
César Fernandes (divulgação BRK)

Colaboração

Renatta Viana Rodrigues

Instituições de Ensino

FeMASS
UFRJ
NUPEM-UFRJ
UERJ
UFF
IFF
CEDERJ
FAETEC-Rj
UENF
CANDIDO MENDES

Grupo de trabalho interinstitucional

Alfredo Manhães
Aurea Yuki Sugai
Carlos Barboza
Cristina Maria de O. Melo
Elaine Antunes
Erick Zickwolff
Gisele Muniz
Giuliano Alves Borges e Silva
Henrique de A. Carvalho
Henrique Rocha Mendonça
Hugo Bomfim
João Wellington de Assis
José Augusto F. da Silva
José Ricardo Siqueira
Larissa Tavares
Marcelina Marri B. C. França
Maria Gertrudes Justi
Moisés Marinho
Paulo de Tarso
Raul Ernesto Lopez Palacio
Thiago Rocha Gomes

PARTE 2

PLANEJAMENTO URBANO E RURAL SOB A ÓTICA DA SUSTENTABILIDADE NO MUNICÍPIO DE MACAÉ





ESTUDO DE MELHORIA EM INTERSEÇÃO PARA OPERAÇÃO MULTIMODAL: O CASO DA INTERSEÇÃO DA LINHA VERDE E AVENIDA ALUÍZIO DA SILVA GOMES

*Mariana Jagl de P. Barreto¹
Conrado Vidotte Plaza²
Diego Fernandes Neris³
Bruno Barzellay Ferreira da Costa⁴
Beatriz Rohden Becker⁵
Gisele Silva Barbosa⁶*

Resumo: A fluidez no tráfego, na acessibilidade, na segurança e na qualidade de vida da população são alguns dos desafios da mobilidade urbana. Tendo em vista esses aspectos, este trabalho tem por objetivo realizar um estudo de melhoria para a operação multimodal na interseção da Linha Verde e Av. Aluízio da Silva Gomes, na cidade de Macaé/RJ, promovendo maior conforto, segurança e fluidez para os usuários de transportes ativos e motorizados. A metodologia inclui pesquisa qualitativa e quantitativa associada à modelagem computacional para desenvolvimento e análise dos impactos de uma proposta de solução para os problemas enfrentados pelos motoristas, ciclistas e pedestres das vias na interseção de estudo. A proposta de intervenção desse trecho abrange a implementação de uma ciclovia na Av. Aluízio da Silva Gomes e sua conexão com a ciclovia já existente na Av. José Alves Machado (Linha Verde). Para ordenação dos fluxos na interseção, considerou-se a instalação de semáforos. Utilizando modelagem computacional e dados da hora-pico à noite (18h às 18h30), foi possível avaliar o cenário que representa a atual situação do tráfego no local e compará-lo com o cenário contendo as propostas deste trabalho. A análise dos resultados indicou que, após as intervenções propostas, as vias passaram a operar com níveis de serviço dentro do limite indicado na literatura para operação do tráfego. Destaca-se que a Av. Aluízio da Silva Gomes que, atualmente, opera com nível de serviço “F” (fluxo acima da capacidade), passou a operar com nível de serviço “C” na proposta de intervenção.

Palavras-chave: Interseção multimodal; rotatória; ciclovia; modelagem computacional.

1 INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Mobilidade Urbana (Brasil, 2012) visa orientar o desenvolvimento urbano de forma a proporcionar integração entre os diferentes modos de transporte, além da melhoria da acessibilidade e da mobilidade das pessoas e cargas no território urbano. As cidades brasileiras acima de 20 mil habitantes passaram a ser obrigadas a apresentar um Plano de Mobilidade Urbana, que inclui os princípios da circulação viária e as infraestruturas do sistema de mobilidade, inclusive ciclovias e/ou ciclofaixas. Nesse sentido, observa-se um movimento para a promoção da mobilidade urbana sustentável e incentivo ao planejamento e gestão democrática dos sistemas de transportes. No entanto, a utilização multimodal dos espaços resulta em conflitos físicos e sociais que requerem propostas de melhoria que visam contornar os desafios da gestão espacial, operacional e democrática dos diversos modos de transportes disponíveis. Esses desafios são intensificados, principalmente, em interseções viárias, que são os gargalos logísticos em uma cidade. Dentre os desafios, aponta-se a melhoria na fluidez no tráfego, na acessibilidade, na segurança e na qualidade de vida da população.

Na Av. Aluizio da Silva Gomes, situada na cidade de Macaé-RJ, localiza-se a Cidade Universitária, com diversas Instituições de Ensino, além da Secretaria Municipal de Educação, Secretaria Municipal Adjunta de Ensino Superior, um shopping e também é uma via de acesso ao Polo *Offshore*, com importantes empresas que suprem as demandas da exploração do petróleo, principal economia do município. Trata-se, então, de uma avenida com grande volume de tráfego, incluindo veículos pesados que, muitas vezes, possuem dimensões especiais para transporte de peças offshore. Ao longo dessa via, não há infraestrutura cicloviária, apesar de parte de seu público utilizar transporte ativo (necessidade já prevista no plano de mobilidade), reduzindo a segurança de ciclistas e pedestres. A principal via de acesso a essa avenida é pela Av. José Alves Machado ou Linha Verde, importante ligação entre bairros e rota de saída da cidade. Nela há uma ciclovia, justificando assim a necessidade da continuidade na Av. Aluizio da Silva Gomes.

A interseção dessas duas importantes vias é caracterizada por uma rotatória com preferência de movimento para a Linha Verde, sem sinalização ou integração com transporte ativo, e que gera expressivo congestionamento, principalmente na Av. Aluizio da Silva Gomes. Assim, essa localidade carece de um planejamento estratégico multimodal que incentive a mobilidade urbana sustentável.

2 OBJETIVO

Este trabalho visa realizar um estudo de melhoria para a operação multimodal na interseção da Linha Verde e Av. Aluizio da Silva Gomes, em Macaé/RJ, promovendo

maior conforto, segurança e fluidez para os usuários de transportes ativos e motorizados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Um país se torna economicamente competitivo quando há infraestrutura viária em condições suficientes para suprir as necessidades produtivas e de deslocamento de seus habitantes (Ruiz-Padillo; Siqueira; Torres, 2020). A matriz de transporte de carga, no Brasil, baseia-se no transporte rodoviário – cerca de 65% (CNT, 2023), portanto é necessário que haja uma adaptação do sistema já existente com o objetivo de melhorar a logística de deslocamento nesse modo. Esse desafio se torna ainda mais complexo em regiões urbanas, onde há conflitos nas necessidades do transporte de carga e do transporte de pessoas.

O conceito de ruas completas já está presente no Plano de Mobilidade Urbana de Macaé (PMU Macaé) divulgado em 2015. O plano prevê a construção de 62 quilômetros de vias cicláveis na cidade, considerando um sistema viário interligado e abrangente (Macaé, 2015). Em outras palavras, o plano prevê a interligação das vias cicláveis, acomoda a integração entre os meios de transporte e realiza a interligação entre os diferentes bairros existentes na cidade.

Fica evidente, portanto, que a construção de uma infraestrutura que atenda a cidade já é interesse da Prefeitura de Macaé. No entanto, ainda se faz necessário o desenvolvimento de projetos que insiram de forma eficiente e funcional essas vias no espaço viário urbano, principalmente no que diz respeito às interseções e a segurança dos usuários. Para que seja possível a elaboração de um projeto coerente, é necessário o levantamento e compreensão dos fluxos e de como solucionar os possíveis conflitos e problemáticas visando atender aos diferentes meios de transportes utilizados.

3.1 ESPAÇOS DESTINADOS AO CICLISTA NO TRÂNSITO

Os movimentos de incentivo ao uso de transporte ativo, como a bicicleta e pedestres, têm ganhado destaque em todo o mundo, principalmente em países com espaço físico reduzido. Carvalho e Freitas (2012) atribuem esse comportamento aos diferentes benefícios gerados por esse meio de transporte que, além de não gerar poluição atmosférica e sonora, ocupam menos espaço físico que os automóveis e possuem menor custo econômico. Além disso, tendem a aproximar as pessoas em vez de segregar e oferecem a oportunidade de praticar atividade física sem que o indivíduo tenha que dispor um tempo extra do seu dia para isso.

Por outro lado, o planejamento urbano afeta diretamente a forma como os deslocamentos nas cidades são realizados. Segundo a Pesquisa Perfil do Ciclista (Associação de Transporte Ativo, 2018), incluindo a opinião de 7.644 ciclistas entrevistados em 25 cidades das diferentes regiões brasileiras, as principais críticas e

problemas enfrentados por eles no dia a dia são relacionados à segurança no trânsito (40,8%) e à infraestrutura (37,9%). Os dados da pesquisa mostram insatisfação com os serviços oferecidos e devem servir de alerta para a gestão pública, visando contornar essas deficiências, além de conduzir o planejamento e desenvolvimento dos transportes em direção à mobilidade urbana sustentável. Observa-se, no cenário mundial da mobilidade urbana, uma mudança nas políticas de transporte, que antes tinham foco nos veículos motorizados e, agora, passaram a priorizar os transportes ativos. Verifica-se situação similar no cenário brasileiro, principalmente a partir da Lei de Mobilidade de 2012 (Brasil, 2012).

Apesar do aumento do incentivo ao uso de bicicletas, ainda existem muitas vias sem espaço destinado a esse modo no Brasil. Nesses casos, de acordo com o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) (Brasil, 1997), na ausência de infraestrutura adequada, as bicicletas devem compartilhar o espaço com os veículos automotores (Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, art. 58º). Assim como a lei prevê que as bicicletas são responsáveis pela segurança dos pedestres, os veículos motorizados são responsáveis pela segurança dos não motorizados. Portanto, é válido ressaltar que as bicicletas possuem preferência em relação aos veículos motorizados que são obrigados a manter o distanciamento lateral mínimo de segurança de 1,5 metro em relação aos ciclistas que estão trafegando na via (Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, art. 201º).

Por outro lado, quando há espaço destinado à circulação de bicicletas, a locomoção deve ser realizada, preferencialmente, nesse local, fornecendo maior segurança aos ciclistas. Dentre os espaços destinados aos ciclistas no trânsito, podem-se identificar as ciclovias, ciclofaixas, ciclorrotas e espaços compartilhados com pedestres, conforme CTB (Brasil, 1997) e Sousa (2021):

a) A ciclovia é caracterizada como uma pista própria destinada à circulação de ciclos, separada fisicamente do tráfego comum. Portanto, são espaços totalmente segregados, normalmente com desnível em relação às pistas de rolamento e/ou com separação física, promovendo maior segurança aos ciclistas. Essas separações podem ser feitas com o uso de meio-fio, canteiro, grade, área verde e outros elementos físicos previstos na legislação.

b) A ciclofaixa é o nome dado para a parte da pista de rolamento delimitada por sinalização e destinada à circulação de ciclos. Difere das ciclovias por não possuir barreira física que separe a pista de rolamento do espaço destinado aos ciclistas, estando os dois no mesmo nível separados por faixas pintadas no chão. As ciclofaixas podem possuir piso diferenciado e ter seu espaço delimitado por tachões, mas essas delimitações não são regra.

c) As ciclorrotas, diferente das ciclofaixas e ciclovias, não são caminhos destinados exclusivamente ao uso de bicicletas. São caracterizadas por uma sinalização de uma rota mais segura e que possui um tráfego mais calmo para a locomoção de ciclistas. De forma clara, as ciclorrotas podem ser definidas como trajeto, sinalizado ou não, mais

indicado para que os ciclistas possam transitar nos bordos da via junto com o tráfego geral.

d) Espaços compartilhados com pedestres são prioritariamente destinados aos pedestres, porém os ciclistas dividem essa mesma área desde que tenha sinalização específica. Esses espaços podem ser passeios, ilhas, passarelas, passagens subterrâneas entre outros, desde que tenha condições favoráveis à circulação.

Apesar da priorização da bicicleta perante o veículo na questão de segurança viária, as interseções são os locais onde há conflitos entre os diversos modos de transporte operados na cidade, necessitando assim um estudo detalhado desses dispositivos com a finalidade de induzir os motoristas na redução de velocidade (Szeliga, 2022) e, conseqüentemente, reduzindo a severidade de potenciais colisões com pedestres e ciclistas.

3.2 SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

Conforme já mencionado, um dos grandes desafios ao se projetar vias é criar soluções que atendam de forma eficiente às diferentes necessidades dos usuários do tráfego. Apesar de ser uma área complexa e da necessidade de encontrar profissionais especializados no desenvolvimento desses estudos, os modelos computacionais se posicionam como um importante aliado para prever o funcionamento do tráfego e, assim, auxiliar no planejamento de cidades. De acordo com Guidorizzi *et al.* (2009), a simulação é uma técnica utilizada para compreender o comportamento e as reações de determinados sistemas por meio da elaboração de modelos matemáticos. Ou seja, trata-se de modelos matemáticos que visam representar a realidade de forma a permitir uma análise estratégica de uma situação real e, assim, dar apoio à tomada de decisão e à elaboração de soluções analíticas para o sistema estudado.

Para que o modelo matemático tenha o melhor desempenho possível ao representar o trecho em estudo e indicar o melhor projeto de intervenção para melhoria dos fluxos e da segurança dos usuários da via, faz-se necessário o adequado planejamento do levantamento de dados do local em estudo, além da definição dos parâmetros e finalidade da aplicação na ferramenta de simulação. Essa característica é de extrema importância, visto que os simuladores trazem como principal desvantagem a desconfiança de que o modelo consiga exprimir um sistema real e válido, problema comum em modelos matemáticos e experimentos em laboratório (Mclean, 1989).

No geral, as simulações de tráfego podem ser classificadas em três modelos: microscópicos, macroscópicos e mesoscópicos. O primeiro, modelo microscópico, possui um maior nível de detalhamento quando comparado aos outros dois. Nesse caso, os veículos são tratados individualmente, sendo o modelo frequentemente baseado no método *car-following*, ou seja, na relação existente entre o veículo estudado e o veículo à sua frente e o comportamento de cada um dos motoristas (Brambila, 2008). Por outro

lado, o modelo macroscópico tem como característica a análise de um conjunto de indivíduos trafegando em uma via ou trecho de via. Esse modelo não considera as decisões tomadas por indivíduos de forma particular, mas sim em conjunto (Paravisi *et al.*, 2006). Já o modelo mesoscópico é uma combinação dos dois modelos anteriores. Dessa forma, para realização da simulação, o modelo utiliza certo nível de detalhamento, porém trata os veículos ou as interações de forma agrupada (Araújo, 2003). A aplicação final da simulação é a maior condicionante para a escolha do modelo a ser adotado. Para estudos de interseções, objeto deste estudo, a modelagem microscópica é a melhor alternativa devido ao alto nível de detalhes e à maneira como o comportamento dos veículos é reproduzida.

A simulação e análise da fluidez do tráfego estão diretamente ligadas às relações entre as características de volume, de densidade e de velocidade dos fluxos. Assim, ao criar um modelo computacional de uma via já existente, visando minimizar os desvios entre os resultados do modelo e a situação real que esse representa, é importante que haja um planejamento e levantamento adequado das condições reais da via por meio de pesquisas de tráfego, além do ajuste adequado dos parâmetros na etapa de calibração do modelo. Conforme previsto no Manual de Estudos de Tráfego, elaborado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT, 2006), são necessárias informações como dimensões físicas do local, características do tráfego e regulamentação do tráfego. O Manual de Estudos de Tráfego estabelece, ainda, que os levantamentos para caracterização do tráfego devem abranger os horários nos quais ocorrem os maiores fluxos de veículos, denominados de “horas de pico”, pois são nesses momentos que ocorrem a solicitação máxima das vias e interseções.

Dentre os principais *softwares* utilizados para modelagem de tráfego, após análise comparativa, Ratrouf e Rahman (2009) destacam que o VISSIM, software baseado em modelos microscópicos, é um dos três softwares mais adequados para vias arteriais e rodovias congestionadas, além de ser ideal para redes integradas de rodovias e ruas. Em termos de desempenho, o software produz pouco atraso e uma boa capacidade de estimativa quando comparado ao fluxo de tráfego. Por fim, vale destacar que o VISSIM possui uma interface amigável, facilitando, assim, a elaboração dos modelos de simulação.

3.3 AVALIAÇÃO DO TRÁFEGO EM ROTATÓRIAS

A capacidade de uma via está relacionada às suas condições operacionais, de forma a considerar a quantidade máxima de veículos que consegue transitar por ela em determinado intervalo de tempo sob condições usuais da via e do tráfego (Setti, 2009). Em outras palavras, trata-se de sua capacidade de acomodar o fluxo de tráfego. No entanto, essa capacidade é influenciada por diferentes características físicas e operacionais do trecho da via, como velocidade dos veículos, geometria da via,

densidade e volume de veículos e, até mesmo, composição modal. Portanto, para avaliar a qualidade das viagens realizadas na via, são utilizados os níveis de serviço.

Os níveis de serviço fornecem uma avaliação qualitativa do tráfego e podem ser classificados em seis categorias nomeadas de A a F, onde A indica o melhor caso e F indica o grau máximo de saturação da via. Quando se trata de interseções, os níveis de serviço podem ser determinados a partir do atraso crítico das filas, ou seja, o tempo médio de espera dos veículos na interseção. O Manual de Projetos de interseções (Brasil, 2005) indica que as vias que compõem as rotatórias devem admitir, no máximo, nível “D” para que haja uma boa condição de operação do tráfego no trecho.

Descreve-se, a seguir, cada uma dessas classificações e o respectivo intervalo de tempo médio de espera dos veículos conforme Brasil (2005):

a) Nível A: A maioria dos veículos da corrente de tráfego pode passar livremente pela interseção, praticamente sem sofrer atraso. Atraso crítico: menor que 10 segundos.

b) Nível B: A capacidade de deslocamento dos veículos da corrente secundária é afetada pelo fluxo preferencial. Os tempos de espera são pequenos, com atraso crítico entre 10 e 15 segundos.

c) Nível C: Os motoristas da corrente secundária têm que estar atentos a um número expressivo de veículos da corrente principal. Começam-se a formar retenções de veículos, mas sem grande extensão e duração. Os tempos de espera são sensíveis, entre 15 e 25 segundos.

d) Nível D: A maioria dos motoristas da corrente secundária é forçada a efetuar paradas, com sensível perda de tempo. Para alguns dos veículos os tempos de espera podem ser elevados. Mesmo que se formem retenções de extensões maiores, elas voltam a reduzir. O movimento do tráfego permanece estável. O atraso crítico compreende-se entre 25 e 35 segundos.

e) Nível E: Formam-se retenções de veículos, que não se reduzem enquanto permanecerem os mesmos volumes de tráfego. Pequenos aumentos das interferências entre veículos podem provocar colapso do tráfego. Foi atingida a capacidade. Os tempos de espera tornam-se muito elevados, entre 35 e 50 segundos.

f) Nível F: O número de veículos que chegam à interseção durante um longo intervalo de tempo é superior à capacidade. Formam-se longas e crescentes filas de veículos, com elevados tempos de espera, superiores a 50 segundos. Esta situação é aliviada apenas com sensível queda dos volumes de tráfego. A interseção está sobrecarregada.

São diversas as formas de operar interseções do tipo rotatórias. Por exemplo, há estudos que incluem mudanças na configuração da infraestrutura, como as turbo-rotatórias. Essas, apesar de possibilitarem o aumento da capacidade, demandam um aumento significativo no espaço físico necessário, trabalhos mais onerosos e necessidade da compreensão de todos os usuários do dispositivo, o que pode tornar complexa a viabilidade dessa alternativa (Solek *et al.*, 2020).

Neris (2018) explica que, no caso de rotatórias em que o tempo de espera dos veículos em vias não prioritárias é alto, principalmente acima de 35 segundos, a implantação de semáforos pode ser justificável. A sinalização semafórica não só auxilia na ordenação do fluxo de veículos e pedestres como também adverte situações perigosas na interseção (Brasil, 2005).

De acordo com Neris (2018), os semáforos induzem a formação de filas e, conseqüentemente, o tráfego em pelotões. Simplificando esse fenômeno, todo veículo que chega ao trecho no período de vermelho do semáforo fica retido e passa a fazer parte desse pelotão. Quando o semáforo muda para a fase de verde, o fluxo é então dispersado. Assim, quando existe uma situação de fluxo de veículos retido devido ao semáforo, é necessário que o tempo de verde efetivo seja suficiente para que haja a dispersão do pelotão formado, mantendo-se o equilíbrio do sistema. Cabe ressaltar que, quando o sistema trabalha na máxima capacidade, a quantidade de saída e entrada de veículos no trecho se igualam.

Justamente por realizar a retenção de veículos, os semáforos ajudam no ordenamento do fluxo de tráfego, que, junto à interseção no formato rotatório, que reduz o número de pontos de conflitos, simplificam o processo de tomada de decisão dos motoristas. Assim, apesar de ser contraintuitivo, a implementação de semáforos em interseções operadas com rotatórias com alto fluxo de veículos pode evitar a formação de congestionamento nas vias próximas, facilitar a operação multimodal da via e corroborar para a segurança de seus usuários.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O objeto de estudo deste trabalho é a interseção da via arterial Av. Aluizio da Silva Gomes com a Av. José Alves Machado (Linha Verde), definida pela presença de uma rotatória. A imagem aérea do trecho de estudo é apresentada na Figura 1. Como destacado anteriormente, importantes polos de geração de viagens são localizados na Av. Aluizio da Silva Gomes, como a Cidade Universitária, com diversas Instituições de Ensino, além da Secretaria Municipal de Educação, Secretaria Municipal Adjunta de Ensino Superior e um *shopping*, além de ser acesso ao Polo *Offshore*, com importantes empresas que suprem as demandas da exploração do petróleo, principal economia do município. Cabe ressaltar, ainda, que um edifício hospitalar está em construção nessa via (SECOM, 2021), o que impactará ainda mais na demanda local.

A Av. Aluizio da Silva Gomes possui acesso apenas pelo Polo *Offshore* e pela Av. José Alves Machado, também conhecida por Linha Verde, principal via de ligação da região em estudo com importantes bairros do município, como Aeroporto, Glória, Centro e Aroeira. Essa avenida também é rota de saída da cidade de Macaé em direção à Rodovia Governador Mário Covas (BR-101).

Figura 1 - Imagem aérea do trecho de estudo representando a Av. Aluizio da Silva Gomes (em azul), Av. José Alves Machado (em verde), interseção de ligação entre as avenidas (em vermelho) e importantes polos de geração de viagens (em amarelo)



Fonte: Mapa do Google Maps adaptado pelos autores (2022)

Enquanto é observada uma ciclovia em praticamente toda a extensão da Linha verde, ou seja, da rotatória que contém o Obelisco Macaé até a Rua Professora Irene Meireles, acesso ao bairro Cancela Preta (aproximadamente 4,1 km), não há nenhum tipo de espaço destinado à circulação de ciclistas na Av. Aluizio da Silva Gomes, apesar de parte de seu público utilizar transporte ativo e ser uma necessidade já prevista no plano de mobilidade. Portanto, os ciclistas utilizam os bordos da pista de rolamento para circulação enquanto compartilham o espaço com os veículos automotores, resultando em inseguranças, como ilustrado na Figura 2.

A interseção dessas duas importantes vias é caracterizada por uma rotatória com preferência de movimento para a Linha Verde, sem sinalização ou integração com transporte ativo. Cabe destacar que, em horários de pico, o fluxo na rotatória é intenso, uma vez que recebe o fluxo de estudantes, funcionários e clientes do entorno, principalmente da Cidade Universitária e do Polo Offshore, resultando em expressivo congestionamento, principalmente na Av. Aluizio da Silva Gomes, enfatizando a necessidade de um planejamento estratégico multimodal no local, capaz de promover a mobilidade urbana sustentável.

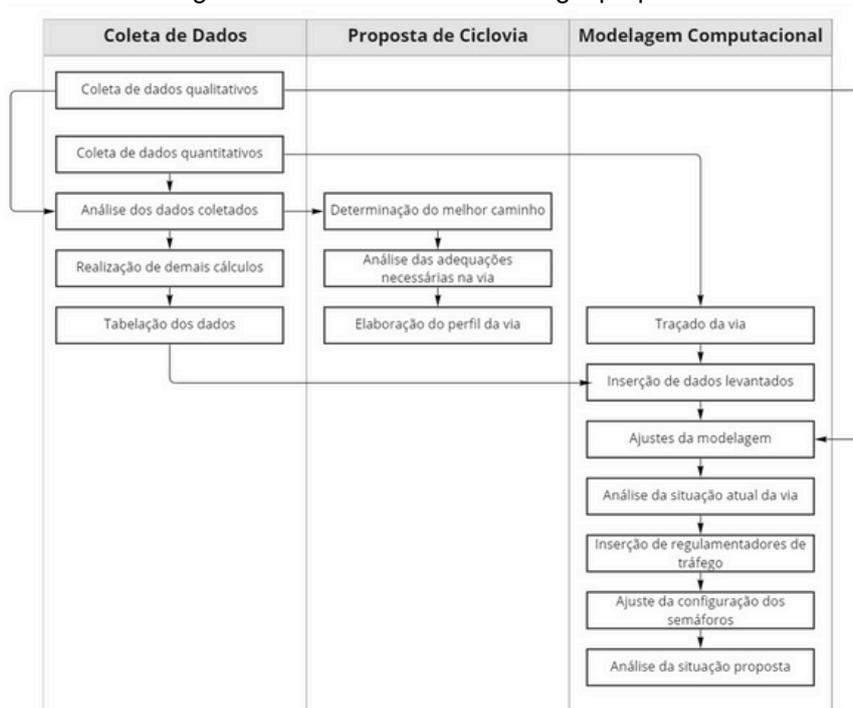
Figura 2 - Ciclistas e veículos pesados compartilhando o espaço na interseção em estudo.



Fonte: Do próprio autor (2022)

Para alcançar o objetivo deste trabalho, elaborou-se uma metodologia contendo três etapas principais, conforme ilustrado na Figura 3: i) coleta de dados, ii) proposta de ciclovia e iii) modelagem computacional.

Figura 3 - Estrutura da metodologia proposta.



Fonte: elaborado pelo autor (2022)

4.1 COLETA DE DADOS

O início da pesquisa contou com a análise de imagens capturadas de satélites, utilizando-se o *Google Earth* para melhor entendimento do local estudado. Dessa forma, foi possível realizar um estudo prévio do trecho identificando: (1) possíveis rotas de tráfego, (2) pontos de interseção, (3) direções dos fluxos de veículos, (4) possíveis locais para realizar as medições em campo, (5) densidade de veículos em diferentes horários do dia e visão geral do entorno. Posteriormente, foram realizados levantamentos em

campo para a coleta de dados geométricos da via, a identificação das sinalizações existentes nos trechos analisados e a contagem manual do fluxo veicular. Esses dados subsidiaram a elaboração do projeto da ciclovia e o modelo de simulação, garantindo que as simulações criadas exprimissem uma situação mais próxima ao problema real do trecho de estudo, além de fornecer uma análise coerente da condição do tráfego no local.

4.2 PROPOSTA DE CICLOVIA

A partir das informações coletadas, a segunda etapa do trabalho consiste em avaliar o local mais apropriado para a disposição de uma infraestrutura cicloviária na Av. Aluízio da Silva Gomes e sua conexão com a ciclovia já existente da Linha Verde. Dentre os tipos de espaços destinados ao ciclista, optou-se pela implementação de uma ciclovia para maior nível de segurança dos ciclistas, uma vez que há barreira física entre o fluxo de veículos automotores que inclui veículos pesados e os ciclistas. Nesse sentido, a elaboração da proposta de ciclovia foi respaldada pela Lei Complementar Nº 141/2010 (Macaé, 2010) do Código de Urbanismo do Município de Macaé, garantindo que o traçado da via esteja de acordo com as normas municipais. A elaboração do projeto foi desenvolvida utilizando-se o *software* Autodesk AutoCAD 2021.

4.3 MODELAGEM COMPUTACIONAL

Estruturado o cenário com a infraestrutura multimodal, parte-se para a avaliação da fluidez e a segurança da operação nessas vias a partir da modelagem computacional. O modelo adotado para simulação foi o modelo microscópico. Esse método foi escolhido devido ao alto nível de detalhes e à maneira como o comportamento dos veículos é reproduzida, sendo a melhor alternativa para estudos de interseções. No caso deste estudo, os veículos são considerados individualmente, logo cada elemento tem sua própria tomada de decisão. Além disso, a escolha do modelo permitirá a inserção de controladores de tráfego, permitindo avaliar o impacto das propostas e, assim, selecionar a melhor opção para mitigação dos problemas da via.

As simulações foram realizadas utilizando o *software* PTV Vissim 2022, que permite avaliar, a interseção a partir de cenários contendo os projetos propostos neste estudo. A modelagem computacional teve início com a calibragem do modelo matemático a partir das informações coletadas na primeira etapa, o que permitiu analisar o funcionamento atual da via (cenário atual). A partir desse modelo inicial, avaliou-se a implantação das propostas de intervenção para o trecho, incluindo sinalização semafórica. A partir dos resultados, buscou-se avaliar o desempenho qualitativo do tráfego, a partir da classificação em níveis de serviço e se verificou os impactos resultantes do projeto no fluxo local, a partir da comparação dos resultados do cenário

“nada a fazer” com os resultados dos cenários com os projetos propostos.

5 RESULTADOS

Apresenta-se, a seguir, a proposta de ciclovia para a Av. Aluizio da Silva Gomes e os resultados da modelagem computacional para avaliação da operação multimodal da interseção em estudo.

5.1 PROPOSTA DE CICLOVIA

Em levantamento em campo, obteve-se que a pista de rolamento possui 10 m de largura, sendo 5 m em cada sentido de tráfego, além de passeios irregulares para pedestres com 2,1 m. Devido às variações do perfil transversal da via, preocupou-se em realizar as medições nos pontos críticos, com menor largura. Baseado nos dados levantados, foi traçado um perfil de ciclovia para a Av. Aluizio da Silva Gomes, desenvolvida com base na largura média da via de 14,2 m.

De acordo com o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNER, 1999), os valores recomendados para a largura da faixa de rolamento de pistas pavimentadas situam-se entre 3,00 e 3,60 metros, de acordo com a classe da via. Apesar da largura da pista de rolamento da via em estudo ser de 10 m, a sinalização horizontal define apenas uma faixa por sentido, sem acostamentos nas bordas da pista. Dessa forma, a proposta consiste em realizar o estreitamento da pista de rolamento para 7,0 m, com faixas de tráfego de 3,5 m, sem prejuízo aos fluxos veiculares, resultando em um espaço de 3,0 m para a implementação de uma ciclovia na via.

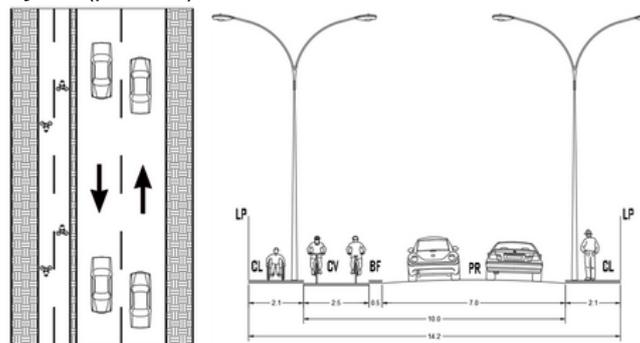
A ciclovia foi então dimensionada com 2,5 m de largura, permitindo o fluxo de bicicletas em sentidos contrários, com 0,5 m reservados para a barreira física necessária para separar o fluxo de veículos do fluxo de bicicletas. A Figura 4 apresenta a planta e perfil esquemático da avenida, após a inclusão da ciclovia no trecho.

Optou-se por localizar a ciclovia no bordo da pista de rolamento no lado Sul da Av. Aluizio da Silva Gomes, lado onde fica localizado o *Shopping Plaza Macaé* e oposto à Cidade Universitária. A escolha desse lado justifica-se por possuir menos pontos de cruzamentos com veículos (como entradas e saídas de edificações), ser uniforme em toda a extensão da via e, ainda, baseado no comportamento atual do fluxo de bicicletas, que já circulam na avenida por esse caminho. Além disso, ao avaliar os fluxos da rotatória em estudo, observou-se menor quantidade de pontos de conflito e possibilidade de maior fluidez do tráfego com a ciclovia localizada desse lado.

De acordo com a NBR 9050/2020, as calçadas e vias exclusivas de pedestres devem garantir uma faixa livre (passeio) com largura mínima de 1,2 m. Porém, observou-se que há obstáculos ao longo do passeio, reduzindo a largura efetiva. Portanto, recomenda-se, ainda, que haja uma reestruturação das vias para pedestres, conforme a

NBR 9050/2020, principalmente para atendimento das dimensões necessárias para acessibilidade e mobilidade universal e inclusiva, considerando rampas e piso tátil. recomenda-se, ainda, que haja uma reestruturação das vias para pedestres, conforme a NBR 9050/2020, principalmente para atendimento das dimensões necessárias para acessibilidade e mobilidade universal e inclusiva, considerando rampas e piso tátil.

Figura 4 -Vista em planta e perfil da proposta apresentada para a Av. Aluizio da Silva Gomes. Onde: LP – Linha de perfil; CL – Calçada (passeio); CV – Ciclovia; BF – Barreira física; PR – Pista de rolamento

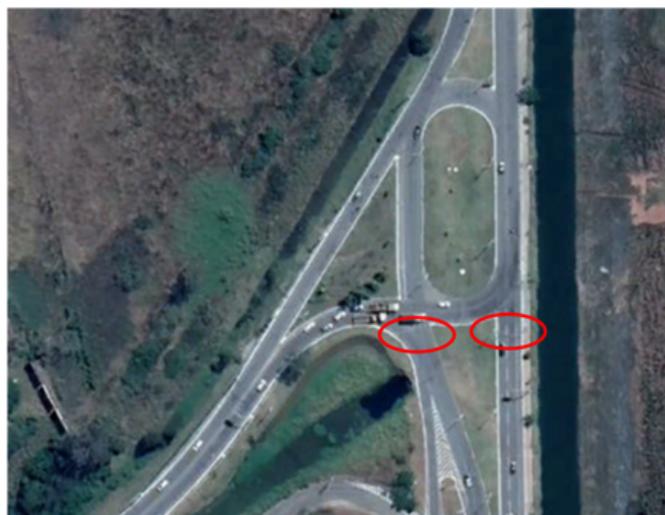


Fonte: elaborado pelo autor (2022)

Em termos de segurança dos usuários, a proposta de ciclovia conta com uma barreira física, promovendo a restrição da área de circulação das bicicletas e impedindo seu contato com o fluxo de veículos automotores. Para a interligação com a ciclovia na Linha Verde, considera-se a implantação de um semáforo visando controlar o tráfego de veículos e permitir que os ciclistas façam a travessia com menor risco de sofrer acidente de trânsito. A localização da travessia é identificada na Figura 5. Com a finalidade de promover a segurança também dos pedestres, consideram-se faixas de pedestre no local. As fases semaforizadas são discutidas na sessão de modelagem computacional.

Visando promover a segurança viária do local, é importante destacar, ainda, a necessidade de adequação da sinalização horizontal e vertical nas vias, conforme a regulamentação vigente, a fim de orientar os fluxos das alterações realizadas.

Figura 5 - Indicação da localização das faixas de travessia na Linha Verde.



Fonte: Mapa do Google Maps adaptado pelos autores (2022)

5.2. AVALIAÇÃO DA OPERAÇÃO DA INTERSEÇÃO

Discute-se, a seguir, os resultados das etapas de levantamento de dados e de modelagem computacional desenvolvidos para a avaliação da operação multimodal da interseção em estudo.

5.2.1 Levantamento de dados

Como discutido anteriormente, para uma adequada simulação do tráfego na rotatória, faz-se importante o levantamento dos dados que caracterizam os fluxos e a via. Apesar de o trecho ser composto por uma via arterial, uma rotatória e uma via de trânsito rápido, a velocidade máxima permitida é de 50 km/h. No entanto, em horários de pico, é possível observar congestionamento e presença de guardas de trânsito que fazem a gestão do fluxo de veículos da rotatória, principalmente na Linha Verde sentido Aroeira (sentido norte). O tráfego local é composto por transporte ativo (pedestres e ciclistas), transporte coletivo (ônibus), transporte individual (automóveis e motocicletas) e, ainda, transporte pesado (veículos de carga e de dimensões especiais).

O PMU Macaé (Macaé, 2015) define três períodos de pico para os deslocamentos na urbe: das 6:30 às 9:00, das 11:30 às 14:00 e das 17:00 às 20:00. Para a interseção em estudo, a partir de contagens manuais classificadas durante os períodos picos, o PMU apresentou os seguintes volumes totais de veículos:

- a) Carro, Táxi e Van de passageiro: 21.686;
- b) Ônibus e Van de passageiro: 1.345;
- c) Caminhão e Van de carga: 1.833;
- d) A pé: 319.

Observa-se que o PMU não apresentou contagem de bicicletas nessa interseção em estudo. No entanto, foram identificados volumes de bicicletas nos seguintes pontos de contagem que incluem as duas vias que compõem a rotatória em estudo:

- a) Interseção da Linha Verde com a Rua Alcides Mourão: 235 bicicletas;
- b) Interseção da Avenida Aluísio da Silva Gomes com Avenida Prefeito Aristeu Ferreira da Silva: 174 bicicletas.

Outro ponto importante a ser destacado é que o PMU não detalha os fluxos de acordo com os possíveis movimentos dentro da rotatória, o que é de suma importância para a modelagem, mas sim apresenta apenas os totais na interseção. Para contornar o problema, realizou-se a contagem manual dos fluxos de veículos na interseção avaliada com objetivo de identificar a necessidade de atualização da contagem veicular, já que o PMU Macaé foi publicado em 2015, e, principalmente, estratificar os volumes totais de acordo com os movimentos na rotatória.

As medições foram realizadas em dia útil, em uma quinta-feira, das 18:00 às 18:30, horário em que é possível observar grande fluxo de veículos e congestionamento no local

(horário-pico). Nesse levantamento, não foi realizada distinção do tipo de veículo. O volume foi dividido em dois intervalos: primeiros 15 minutos e últimos 15 minutos de contagem. A informação detalhada de fluxos na rotatória permitiu calibrar o modelo e entender o funcionamento da interseção para que sejam propostas as intervenções adequadas para o local.

Em comparação com a contagem realizada para o PMU Macaé, é possível verificar que os valores são próximos. No caso dos dados fornecidos pela secretaria, em oito horas de medição, foram contabilizados 24.864 veículos, resultando em média 1.554 veículos em um intervalo de 30 minutos. Já durante a contagem manual, observaram-se 1.579 veículos. Considerando o crescimento anual estimado no PMU Macaé, esse valor é relativamente menor que o esperado para o ano de 2022. No entanto, destaca-se que a contagem de volume de veículos ocorreu em fevereiro de 2022, quando as atividades econômicas ainda estavam sendo retomadas após a pandemia de COVID-19, mas ainda com utilização de sistemas remotos de ensino e trabalho, resultando na redução do volume de deslocamentos urbanos. Apesar de o número ser menor que o esperado para o ano, neste trabalho foram utilizados os valores obtidos por meio da contagem manual para construção dos simuladores, análise dos dados e desenvolvimento da proposta de intervenção.

5.2.2 Modelagem computacional

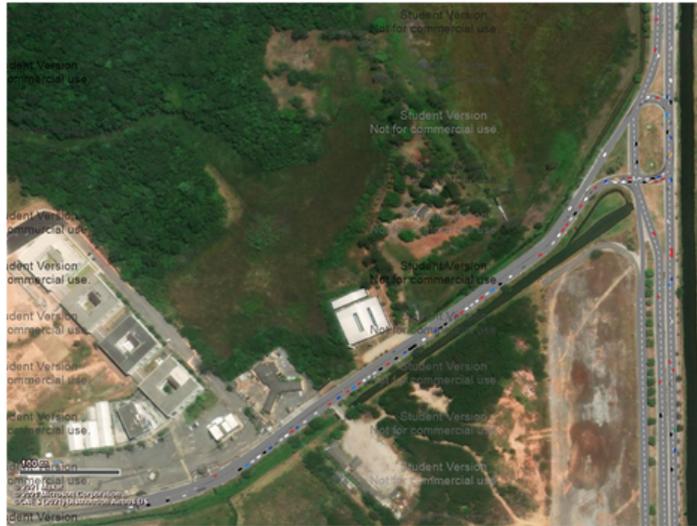
A partir de imagens de satélites e dos dados coletados, utilizando-se o *software* PTV Vissim 2022, criou-se o modelo atual da via, calibrado a partir dos dados de velocidade e reguladores de tráfego existentes na via. Vale ressaltar que, para melhor análise do fluxo no trecho, o volume contabilizado durante a contagem foi convertido para volume horário. Uma vez que foram utilizados os dados da contagem realizada entre 18:00 e 18:30, a simulação então representa o comportamento do fluxo do período pico da noite.

Diante da inclusão de todos esses dados iniciais, foi realizada a validação dos dados por meio da execução da simulação, cujos ajustes necessários foram realizados para que o modelo representasse a situação mais próxima da realidade do tráfego analisado. Dentre esses ajustes, foram identificadas as áreas de conflito, realizada a determinação das vias com preferência de circulação e inseridos os pontos de parada do fluxo de veículos. Além disso, também foi necessário calibrar as tomadas de decisão na interseção, inserindo-se a porcentagem do volume de veículos que trafega por cada via do projeto.

A Figura 6 ilustra a formação de filas durante o processo de simulação do horário pico da noite. É possível identificar congestionamento, principalmente, no fluxo de veículos provenientes da Av. Aluizio da Silva Gomes. Esse congestionamento é esperado, decorrente, principalmente, do alto fluxo pendular dos deslocamentos de

veículos na região que suprem a oferta de emprego na região. Na interseção, a preferência de movimento é para os veículos que transitam na linha verde, prejudicando a sua entrada na interseção e, conseqüentemente, causando atrasos.

Figura 6 - Simulação do fluxo atual de veículos no trecho de estudo.



Fonte: elaborada com programa PTV Vissim a partir dos dados dos autores (2022)

A partir da análise do modelo inicial, que representa a situação atual da via, foi criado um cenário para avaliar o impacto da ciclovia proposta para a Av. Aluizio da Silva Gomes, interligada à ciclovia já existente na Linha Verde, com sinalização semafórica. Os semáforos foram separados em três grupos, definidos como GP01, GP02 e GP03 e alocados, conforme a Figura 7.

O ciclo semafórico foi configurado com duração de 1 minuto e 30 segundos, ou seja, depois de passado esse tempo, o sistema reinicia a programação. A divisão desse tempo contou com três estágios de configuração, conforme ilustrado na Figura 7:

a) O primeiro estágio libera a passagem dos veículos que circulam pela Linha Verde (GP01) e dos que partem da Av. Aluizio da Silva Gomes para o sentido Sul da Linha Verde (GP03). Visando à segurança veicular nesse estágio, devem-se considerar as seguintes alterações na infraestrutura:

- Ser considerada uma faixa exclusiva para os veículos do fluxo GP03, evitando o ponto de conflito de convergência com o fluxo GP01 Norte-Sul.
- Indicação PARE na rotatória para os veículos que pretendem entrar na Av. Aluizio da Silva Gomes, de forma a evitar o ponto de conflito de cruzamento com o fluxo GP01 Norte-Sul.

b) O segundo fecha todos os semáforos abertos, permitindo a travessia dos ciclistas e pedestres na interseção.

c) O terceiro estágio permite a passagem dos veículos provenientes da Av. Aluizio da Silva Gomes para a Linha Verde (GP02 e GP03).

Considera-se, na interseção para os transportes ativos, espaço seguro para a travessia dos ciclistas e dos pedestres separadamente, conforme indicado na Figura 7. Dessa forma, os ciclistas podem realizar a travessia em cima do veículo. No entanto, o

tempo semafórico deve ser dimensionado de forma suficiente para os pedestres executarem a travessia, já que são os que possuem menor velocidade.

A velocidade referência para pedestres é de, aproximadamente, 1,2 m/s. Porém, a literatura indica a necessidade de menores velocidades para a inclusão de pessoas com mobilidade reduzida (Duim *et al.*, 2017). A travessia em estudo possui, aproximadamente, 42 m de uma calçada a outra e foi programado 45 s para a travessia, resultando em uma velocidade de, aproximadamente, 0,93 m/s. Cabe ressaltar que o fluxo GP03 deve respeitar o fluxo de pedestres, conforme indicado pela legislação.

Figura 7 - Configuração dos grupos de semáforos e indicação de sinalização para travessia de ciclistas e pedestres.



Fonte: elaborado pelos autores (2022)

Uma vez que o congestionamento foi observado, principalmente, na Av. Aluizio da Silva Gomes, a partir dos resultados da simulação, a primeira análise consistiu em observar o tempo em que os veículos levavam para percorrer um trecho de 500 m nessa via. Na situação atual, o tempo tem início em 42 segundos e aumenta, gradativamente, conforme o congestionamento se forma, chegando a 138 segundos para percorrer esse

mesmo trecho, com valor sempre crescente indicando a saturação da via. Já para o cenário com sinalização semafórica, o tempo de deslocamento teve início em 38 segundos e, ao contrário do que ocorria anteriormente, o tempo oscilou entre seus registros, tendo o maior valor atingido equivalente a 68 segundos. Essa oscilação é resultado da regularização do tráfego, uma vez que o tempo aumenta quando o sinal está fechado e, após sua abertura, o tempo diminui conforme a Av. Aluizio da Silva Gomes é esvaziada e há equilíbrio operacional da via.

Posteriormente, buscou-se avaliar o tempo de fila e o respectivo nível de serviço em cada via, sendo na Av. Aluizio da Silva Gomes (sentido rotatória) e na Linha Verde (sentido Norte e sentido Sul), conforme apresentado na Tabela 1. Observa-se uma redução de, aproximadamente, 74% no tempo de fila dos veículos provenientes da Av. Aluizio da Silva Gomes, com alteração do nível de serviço de F para C. Por outro lado, verifica-se aumento no tempo de fila em ambos os sentidos da Linha Verde, já que, atualmente, os veículos desse fluxo possuem preferência de passagem, ou seja, seu fluxo é livre e não gera congestionamento na situação atual. Após a inserção de semáforos para orientar o trânsito, o fluxo de veículos na Linha Verde é interrompido durante a fase de vermelho, para que seja possível escoar o volume de veículos, congestionado a Av. Aluizio da Silva Gomes e impactando diretamente os tempos de fila. Com o sistema semafórico, observou-se, para o fluxo do sentido Norte, tempo de fila de 23 segundos e nível de serviço C. Já para o fluxo do sentido Sul, observou-se o tempo de 11 segundos e nível de serviço B.

No entanto, apesar da alteração do nível de serviço na Linha Verde, foi possível manter a capacidade operacional de todas as vias dentro do recomendado tanto pelo Manual de Projetos de Interseções (DNIT, 2005), indicando que o Nível de Serviço de cada ramo da interseção e da rótula como um todo deva ser no máximo D, quanto pelo Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (DNIT, 2010), que aconselha, pelo menos, utilizar-se o nível de serviço C para os projetos.

Tabela 1 - Comparativo dos tempos de fila

Via	Situação atual		Tempo da proposta		Diferença
	Tempo de Fila (s)	Nível de Serviço	Tempo de Fila (s)	Nível de Serviço	
Av. Aluizio da S. Gomes	70 s	F	18s	C	-52s
Linha Verde (sentido Norte)	0 s	A	23s	C	+23s
Linha Verde (Sentido Sul)	0 s	A	11s	B	+11s

Fonte: elaborada pelo autor (2022)

Diante da análise desenvolvida, a comparação dos resultados obtidos nas duas simulações atesta que a implementação de um sistema de semáforos auxilia no problema de congestionamento da região e permite a integração entre a ciclovias proposta e a existente.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho teve por objetivo realizar um estudo de melhoria para a operação multimodal na interseção da Linha Verde e Av. Aluizio da Silva Gomes, em Macaé/RJ, promovendo maior conforto, segurança e fluidez para os usuários de transportes ativos e motorizados.

Inicialmente, desenvolveu-se uma proposta de ciclovia para a Av. Aluizio da Silva Gomes, além de uma interligação com a ciclovia já existente na Av. José Alves Machado (Linha Verde). Foi possível verificar, por meio das análises e discussões realizadas, que o traçado proposto resultou na criação de um espaço seguro, eficiente e funcional aos ciclistas. Assim, pode haver um aumento da adesão ao uso do transporte ativo como meio de locomoção na região.

A operação multimodal da interseção, com a interligação das ciclovias, foi avaliada a partir de uma modelagem computacional de transporte como ferramenta de suporte às decisões tomadas. Dessa forma, foi possível elaborar uma análise comparativa entre o cenário contendo a proposta operacional desenvolvida neste trabalho e a atual situação da interseção de estudo. A proposta teve enfoque na utilização de um sistema semafórico para auxiliar no controle de fluxos, visando contornar o problema de congestionamento que, atualmente, ocorre principalmente na Av. Aluizio da Silva Gomes, e permitir também travessia de bicicletas e pedestres pela Linha Verde de forma segura.

A instalação de semáforos corroborou para que os níveis de serviço das três vias de aproximação da rotatória trabalhassem dentro do limite indicado para operação do tráfego. A Av. Aluizio da Silva Gomes que, atualmente, possui nível de serviço “F” passa a operar com nível de serviço “C” na proposta de intervenção (nível máximo analisado no trecho e usualmente trabalhado em projetos novos).

Diante disso, a implementação desses regulamentadores de tráfego traz melhorias consideráveis para o fluxo de veículos. Embora a utilização de semáforos possa gerar uma aversão dos usuários, pois indica uma retenção no fluxo de veículos, essa retenção é de suma importância para organizar os fluxos e controlar o congestionamento que ocorre na hora-pico na interseção avaliada, reduzindo o tempo de fila no principal ponto de engarrafamento.

Das limitações do trabalho, vale ressaltar que a contagem manual foi realizada durante a pandemia de COVID-19, o que, possivelmente, favoreceu a redução do volume de veículos transitando pela cidade. Além disso, a duração dessa contagem foi de 30 minutos no final da tarde de uma quinta-feira (dentro do horário de pico). Logo, para melhor avaliação do tráfego no trecho estudado, seria interessante levantar o fluxo de veículos em diferentes períodos (manhã e tarde, por exemplo), com maior duração de tempo e em diferentes dias da semana. Um outro ponto seria a avaliação do tempo semafórico em diferentes momentos do dia devido à pendularidade da demanda.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Davi Ribeiro Campos de. **Comparação das simulações de tráfego dos modelos Saturn e Dracula**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- ASSOCIAÇÃO DE TRANSPORTE ATIVO. **Pesquisa Nacional sobre o Perfil do Ciclista Brasileiro: Perfil do Ciclista Brasileiro**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2018.
- AUTODESK. **AutoCAD 2021**. Versão R.47.0.0. Licença de Estudante. [S. l.: s. n.], 2021.
- BRAMBILA, L. M. **Simulação Microscópica Distribuída de Tráfego**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Elétrica) – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2008.
- BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de Setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Seção 1, Brasília, DF, 24 set. 1997.
- BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Seção 1, Brasília, DF, 4 jan. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em: 8 dez. 2023.
- BRASIL. **Manual de Projetos de Interseções**. 2. ed. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT, 2005.
- CARVALHO, M. L.; FREITAS, C. M. Pedalando em busca de alternativas saudáveis e sustentáveis. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s. l.], v. 17, p. 1617-1628, 2012.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Boletim Unificado**: março 2023. Brasília: CNT, 2023. 34 p. Disponível em: <https://cnt.org.br/boletins>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**. Rio de Janeiro: Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico, 1999. 195 p.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Estudos de Tráfego**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2006. 384 p.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Projeto de Interseções**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2005. 528 p.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2010. 392 p.
- DUIM, E.; LEBRÃO; M. L.; ANTUNES, J. L. F. Walking speed of older people and pedestrian crossing time. **Journal of Transport & Health**, [s. l.], v. 5, p. 70-76, 2017.
- GOOGLE. **Google Earth website**. [S. l.]: Google Inc., 2023. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- GUIDORIZZI, M.; SANTOS, A. P.; OLIVEIRA, A.; LEONARDI, F. Simulação como apoio a tomada de decisão para a solução de problemas causados pelos gargalos formados no trânsito. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., 2009, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: ABEPRO, 2009. p. 15.

MACAÉ. Lei Municipal Complementar Nº 141/2010, de 3 de março de 2010. Dispõe sobre o parcelamento do solo para fins urbanos, o ordenamento urbanístico e o sistema viário de circulação, no Município. **Jornal Diário Costa do Sol**, Macaé, 6 mar. 2010. Disponível em: <https://macae.rj.gov.br/midia/conteudo/arquivos/1471911913.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2021.

MACAÉ. **Plano de Mobilidade Urbana de Macaé**. Macaé: Prefeitura Municipal de Macaé, 2015.

MCLEAN, John R. **Two-lane highway traffic operations: Theory and practice**. [S. l.]: Gordon & Breach, 1989.

NERIS, D. F. **Análise de desempenho do tráfego em rotatórias com alto e desequilibrado fluxo de veículos empregando semáforos na via principal**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

PARAVISI, Marcelo; MUSSE, Soraia R.; DE LIMA BICHO, Alessandro. Modelagem e simulação do tráfego de veículos e controle semaforico em um ambiente virtual. **VETOR-Revista de Ciências Exatas e Engenharias**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 16-37, 2006. PTV GROUP. PTV Vissim 2022. Versão 2022.00-08. Licença de Estudante. [s. l.: s. n.], 2022.

RATROUT, Nedal T.; RAHMAN, Syed Masiur. A comparative analysis of currently used microscopic and macroscopic traffic simulation software. **The Arabian Journal for Science and Engineering**, [s. l.], v. 34, n. 1B, p. 121-133, 2009.

RUIZ-PADILLO, A; SIQUEIRA, C.A.; TORRES.T. B. **Sistemas de transporte. Introdução, conceitos e panorama**: Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. Cachoeira do Sul, RS: [s. n.], 2020

SECOM. Rede D´or irá investir R\$ 238 milhões em Macaé com novo hospital. **Prefeitura Municipal de Macaé**, Macaé, 2021. Disponível em: <https://macae.rj.gov.br/noticias/leitura/noticia/rede-dor-ira-investir-r-238-milhoes-em-macae-com-novo-hospital>. Acesso em: 23 jan. 2022.

SETTI, José Reynaldo. Highway Capacity Manual ou um manual de capacidade rodoviária brasileiro. *In*: BRAZILIAN CONGRESS OF HIGHWAYS & CONCESSIONS, 6., 2009, Florianópolis, SC. **Annals** [...]. Florianópolis, SC: [s. n.], 2009

SOLEK, Marina Jaouhari; MARCUSSO, Lucas Galvão; NERIS, Diego Fernandes; BASTOS, Jorge Tiago; DOMINGOS, Matheus David Inocente. Viabilidade da substituição de uma interseção semaforizada na cidade de Curitiba/PR por uma turbo-rotatória. *In*: CONGRESSO RIO DE TRANSPORTES, 17., 2020, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: [s. n.], 2020.

SOUSA, Marcos de. Saiba a diferença de ciclovia, ciclofaixa e ciclorrota. **Mobilize Brasil**, [s. l.], 7 jul. 2021. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/noticias/1221/saiba-a-diferenca-de-ciclovia-ciclofaixa-e-ciclorrota.html>. Acesso em: 20 jan. 2022.

SZELIGA, R. A. **Velocidade Praticada em Curvas Horizontais e Meio Urbano**: uma análise baseada em dados naturalísticos. 2022. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2022.

NOTAS DE RODAPÉ

¹ Graduada em Engenharia Civil. Aluna em Instituto Politécnico - Centro Multidisciplinar de Macaé - Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ. E-mail: mariana.jagl@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6727-1898>

² Mestre em Engenharia de Transportes. Professor no Instituto Politécnico - Centro Multidisciplinar de Macaé - Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ. E-mail: conradoplaza@macae.ufrj.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0640-5327>

³ Doutor em Engenharia de Transportes. Professor na Universidade Federal do Paraná/UFPR. E-mail: diego.neris@ufpr.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0881-2452>

⁴ Mestre em Engenharia de Reservatório e de Exploração. Professora no Instituto Politécnico - Centro Multidisciplinar de Macaé - Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ. E-mail: beatrizrbecker@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6972-5718>

⁵Doutora em Urbanismo. Professora no Instituto Politécnico - Centro Multidisciplinar de Macaé - Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ. E-mail: giselebarbosa@poli.ufrj.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8535-6289>

⁶ Doutor em Engenharia Civil. Professor em Instituto Politécnico - Centro Multidisciplinar de Macaé - Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ. E-mail: bruno.barzellay@macae.ufrj.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0242-4205>



Macaé
P R E F E I T U R A
Secretaria Adjunta | ENSINO SUPERIOR



Observatório
da Cidade de Macaé

ISBN: 978-65-89225-03-4

CD



9 786589 225034