UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO TECNOLÓGICO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

ALEXANDRE DE SOUZA BIANQUE

WILLIAN KÉVINY SOUZA BERTÉ

Avaliação de cenários da interseção entre a Avenida Maruípe e a Rodovia Serafim Derenzi - Município de Vitória/ES

VITÓRIA

2020

ALEXANDRE DE SOUZA BIANQUE

WILLIAN KÉVINY SOUZA BERTÉ

Avaliação de cenários da interseção entre a Avenida Maruípe e a Rodovia Serafim Derenzi - Município de Vitória/ES

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. MSc. Antônio Luiz Caus

VITÓRIA

2020

ALEXANDRE DE SOUZA BIANQUE

WILLIAN KÉVINY SOUZA BERTÉ

Avaliação de cenários da interseção entre a Avenida Maruípe e a Rodovia Serafim Derenzi - Município de Vitória/ES

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Aprovado em 17 de dezembro de 2020

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. MSc. Antônio Luiz Caus
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Profª. Drª. Marta Monteiro da Costa Cruz
Universidade Federal do Espírito Santo

Eng. MSc. Aislan Vieira Buhler
Vectra Esteio Rodovias

RESUMO

A capital capixaba, Vitória, possui uma pequena extensão territorial com cerca de 97,12 km² segundo o Instituto de Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e uma população de cerca de 362.097 habitantes, conforme as estimativas para o ano de 2019. Está inserida na Região Metropolitana de Vitória e tem sua malha viária constantemente atravessada pelo grande fluxo oriundo dos municípios limítrofes. Assim como tem uma pequena extensão territorial, possui também uma malha viária limitada com pouquíssimas vias arteriais que já sofrem com longos congestionamentos. Dentre as principais regiões de conflito, está a interseção da Avenida Maruípe com a Rodovia Serafim Derenzi, objeto de estudo deste trabalho. Ambas as vias têm grande importância para o direcionamento do tráfego que perpassa pela cidade para as saídas da capital e também para conectar áreas importantes do município. O cruzamento atualmente apresenta longos engarrafamentos, principalmente na hora-pico, e um grande conflito entre pedestres e automóveis devido à falta de uma travessia adequada com tempo exclusivo. A interseção foi avaliada para 10 e 15 anos com base nas projeções e nas perspectivas de crescimento definidas pela equipe, já estimando os impactos do novo coronavírus. Com base nas projeções e com o auxílio do software VISSIM, foram realizadas simulações de possíveis soluções para o atual cenário, visto que se pôde perceber que atualmente a interseção atingiu nível F de serviço. Várias alterações foram simuladas, com mudanças geométricas, tempos semafóricos, utilização de binários, limitações de movimentos e diante de todas as análises foi proposto planos de ação possíveis, com as melhores soluções de curto, médio e longo prazo, a fim de melhorar não só o nível de serviço da interseção como também os tempos de viagem, capacidade do cruzamento e a segurança de todos os usuários. Dessa forma, espera-se obter uma linha de ações que indique quando e quais soluções devem ser impostas ao local,

Palavras-chave: Mobilidade Urbana, Microssimulação, Engenharia de Tráfego

ABSTRACT

The capital of Espírito Santo, Vitória, has a small territorial extension of about 97.12 km² according to the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) and a population of about 362,097 inhabitants, according to the estimates for the year 2019. It is inserted in the Metropolitan Region of Vitória and has its road network constantly crossed by the great flow coming from the neighboring municipalities. As well as having a small territorial extension, it also has a limited road network with very few arterial routes that already suffer from long congestion. Among the main conflict regions, there is the intersection of Avenida Maruípe with Rodovia Serafim Derenzi, object of study of this work. Both roads are of great importance for directing traffic that passes through the city to the exits of the capital and also for connecting important areas of the municipality. The intersection currently has long traffic jams, mainly during peak hours and a major conflict between pedestrians and cars due to the lack of an adequate crossing with exclusive time. The intersection was evaluated for 10 and 15 years based on the projections and growth prospects defined by the team, already estimating the impacts of the new coronavirus. Based on the projections and with the aid of the VISSIM software, simulations of possible solutions for the current scenario were carried out, since it was possible to perceive that the intersection currently reached service level F. Several changes were simulated, with geometric changes, signal times, use of binaries, movement limitations and in view of all the analyzes possible action plans were proposed, with the best short, medium and long term solutions, in order to improve not only the service level of the intersection as well as travel times, crossing capacity and the safety of all users. Thus, it is expected to obtain an actions line that indicates when and what solutions should be imposed on the site.

Keyword: Urban Mobility, Microsimulation, Traffic Engineering

ÍNDICES DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Localização da interseção da Avenida Maruípe e Rodovia Serafim Derenzi 18

Figura 2: Foto aérea do entorno da interseção da Avenida Maruípe e Rodovia Serafim Derenzi 19

Figura 3: Engarrafamento no cruzamento da Avenida Maruípe e Rodovia Serafim Derenzi 19

Figura 4: Relação entre a segurança dos pedestres e a velocidade de impacto dos veículos 32

Figura 5: Localização do município de Vitória no Espírito Santo 37

Figura 6: A localização da capital na região metropolitana 38

Figura 7: Região Metropolitana da Grande Vitória localizada no Espírito Santo 39

Figura 8: Hierarquia viária de Vitória 40

Figura 9: Relação entre os níveis de acessibilidade e mobilidade para os diferentes tipos de vias urbanas 41

Figura 10: Visão da interseção (chegada da Rodovia Serafim Derenzi na Avenida Maruípe) 42

Figura 11: Visão da interseção pela Avenida Maruípe - sentido Centro de Vitória....42

Figura 12: Visão da interseção pela Avenida Maruípe - sentido Goiabeiras 43

Figura 13: Visão da interseção na chegada da Rodovia Serafim Derenzi na Avenida Maruípe 43

Figura 14: Localização do cruzamento Rodovia Serafim Derenzi x Avenida Maruípe 44

Figura 15: Imagem aérea da região de estudo 45

Figura 16: Categoria de Pesos conforme Decreto municipal Nº 16.243/2015 46

Figura 17: Imagem aérea do cruzamento 48

Figura 18: Localização dos pontos de ônibus e de árvores próximas a região de estudo 49
Figura 19: Altimetria na região de estudo e seus entornos 50
Figura 20: Movimentos e conflitos na interseção de estudo C1 52
Figura 21: Localização dos pontos de avaliação 53
Figura 22: Movimentos e conflitos na interseção C2 54
Figura 23: Movimentos e conflitos na interseção C3 55
Figura 24: Movimentos e conflitos na interseção C4 56
Figura 25: Moradores em Idade Ativa 57
Figura 26: Renda Per Capita no município de Vitória 58
Figura 27: Localização dos pontos de avaliação 82
Figura 28: Movimentos contabilizados em C1 83
Figura 29: Movimentos contabilizados em C4 85
Figura 30: Pontos de controle dos trajetos 99
Figura 31: Distribuição dos grupos semafóricos no cenário atual 101
Figura 32: Programação semafórica no cenário atual 102
Figura 33: Geometria do cenário atual no software de simulação 104
Figura 34: Programação semafórica do plano de ação 1 106
Figura 35: Distribuição dos grupos semafóricos no plano de ação 1 106
Figura 36: Binário de movimentos - Geometria proposta, solução 1 108
Figura 37: Binário de movimentos - Geometria proposta, solução 2 com adição de faixa adicional 110
Figura 38: Binário de movimentos - Geometria proposta, solução 3 com adição de faixa adicional e faixa de desaceleração 112
Figura 39: Binário de movimentos - Geometria proposta, solução 4 com adição de faixa adicional, faixa de desaceleração e recuo para ônibus 114
Figura 40: Proibição de movimento 120

Figura 41: O usuário precisa fazer o contorno na Av. Leitão da Silva.....120

Figura 42: Programação semafórica do plano de ação 2.....121

Figura 43: Distribuição dos grupos semafóricos no plano de ação 2.....121

Figura 44: Proibição de movimentos - Geometria proposta, solução 5.....122

Figura 45: Proibição de movimentos - Geometria proposta, solução 6 com adição de ilha para pedestres.....124

Figura 46: Proibição de movimentos - Geometria proposta, solução 7 com adição de ilha para pedestres e faixa de desaceleração.....126

Figura 47: Proibição de movimentos - Geometria proposta, solução 8 com adição de ilha para pedestres, faixa de desaceleração e recuo para ônibus.....128

Figura 48: Geometria proposta, solução 9 com mudança do ponto de conversão e sem binário.....134

Figura 49: Geometria proposta, solução 10 proibição de movimento com binário..136

Figura 50: Geometria proposta, solução 10 proibição de movimento com binário e faixa adicional.....138

Figura 51: Chicanas.....148

Figura 52: Afunilamento em via de mão dupla com faixa elevada.....149

Figura 53: Raio de Giro para veículos maiores que 15 metros não atendido no início da Rua Roberto Silveira.....150

Figura 54: Raio de Giro para veículos maiores que 15 metros não atendido no fim da Rua Roberto Silveira.....151

Figura 55: Localização dos trechos de avaliação do iRAP.....153

Figura 56: Avaliação de segurança por estrelas por meio do software Vida – Trecho 2 da Avenida Maruípe.....154

ÍNDICES DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribuição da frota da RMGV em 2020 61

Gráfico 2: Evolução veicular na RMGV entre os anos de 2003 e 2020..... 62

Gráfico 3: Evolução da quantidade de condutores capixabas de 18 a 30 anos 67

Gráfico 4: Evolução da quantidade de condutores capixabas com mais de 30 anos 68

Gráfico 5: Taxa de crescimento de condutores habilitados no ES 69

Gráfico 6: Projeção de crescimento de toda a frota da RMGV..... 72

Gráfico 7: Projeção de crescimento de motocicletas na RMGV 74

Gráfico 8: Projeção de crescimento de automóveis na RMGV..... 75

Gráfico 9: Projeção de crescimento de utilitários na RMGV..... 76

Gráfico 10: Projeção de crescimento dos demais veículos na RMGV 77

ÍNDICES DE QUADROS

Quadro 1: Proibições de carga em Vitória.....47

Quadro 2: Detalhamento da evolução veicular na RMGV entre os anos de 2003 e 2020 63

Quadro 3: Percentual de crescimento da frota da RMGV em relação a 2003.....64

Quadro 4: Percentual de crescimento da frota da RMGV em relação ao ano anterior 65

Quadro 5: Estimativa de crescimento conforme projeção A.....78

Quadro 6: Estimativa de crescimento conforme projeção B.....78

Quadro 7: Estimativa de crescimento conforme projeção C 79

Quadro 8: Estimativa de crescimento conforme projeção D 79

Quadro 9: Estimativa de crescimento de cálculo.....80

Quadro 10: Dados da contagem de 2006 para o cruzamento C1 84

Quadro 11: Dados da contagem de 2006 para o cruzamento C4 86

Quadro 12: Estimativa de tráfego para o cruzamento C1 em 2020.....87

Quadro 13: Estimativa de tráfego para o cruzamento C4 em 2020.....88

Quadro 14: Estimativa de tráfego para o cruzamento C1 em 2030.....89

Quadro 15: Estimativa de tráfego para o cruzamento C4 em 2030.....90

Quadro 16: Estimativa de tráfego para o cruzamento C1 em 2035.....91

Quadro 17: Estimativa de tráfego para o cruzamento C4 em 2035.....92

Quadro 18: Resultados do cenário atual para 2020 103

Quadro 19: Resultados da solução 1 para 2020 109

Quadro 20: Resultados da solução 2 para 2020 111

Quadro 21: Resultados da solução 3 para 2020 113

Quadro 22: Resultados da solução 4 para 2020 115

Quadro 23: Resultados gerais do plano de ação 1 para 2020 116

Quadro 24: Resultados gerais do plano de ação 1 para 2030 118
Quadro 25: Resultados gerais do plano de ação 1 para 2035 118
Quadro 26: Resultados da solução 5 para 2020 123
Quadro 27: Resultados da solução 6 para 2020 125
Quadro 28: Resultados da solução 7 para 2020 127
Quadro 29: Resultados da solução 8 para 2020 129
Quadro 30: Resultados gerais do plano de ação 2 para 2020 130
Quadro 31: Resultados gerais do plano de ação 2 para 2030 132
Quadro 32: Resultados gerais do plano de ação 2 para 2035 132
Quadro 33: Resultados da solução 9 para 2020 135
Quadro 34: Resultados da solução 10 para 2020 137
Quadro 35: Resultados da solução 11 para 2020 139
Quadro 36: Nível de custo de cada solução.....141
Quadro 37: Resumo de todas as soluções para o tráfego de 2020 142
Quadro 38: Resumo de todas as soluções para o tráfego de 2030 143
Quadro 39: Resumo de todas as soluções para o tráfego de 2035 144

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

CET-SP - Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo

CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito

DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito

DER-ES – Departamento de Edificações e de Rodovias do Espírito Santo

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

GOV-ES - Governo do estado do Espírito Santo

HCM - *Highway Capacity Manual (Manual de capacidade de estradas)*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

iRAP - *International Road Assessment Programme* (Programa Internacional de Avaliação Rodoviária)

OMS - Organização Mundial da Saúde (WHO - World Health Organization)

ONSV - Observatório Nacional de Segurança Viária

ONU - Organização das Nações Unidas

PDU - Plano Diretor Urbano (Vitória)

PMV - Prefeitura Municipal de Vitória

RMGV - Região Metropolitana da Grande Vitória

VLT - Veículo Leve Sobre Trilho

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15

1.1 JUSTIFICATIVA 17

1.2 OBJETIVOS 20

1.2.1 Objetivo Geral 20

1.2.2 Objetivos Específicos 21

2 REFERENCIAL TEÓRICO 22

2.1 HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM) 22

2.1.1 Velocidade de viagem 23

2.1.2 Atraso na interseção 24

2.1.3 Taxa de permissão de curva à esquerda 24

2.1.4 Ajuste para curvas à direita 25

2.1.5 Ajuste para curvas à esquerda 25

2.1.6 Volume e relação de Capacidade e Volume 26

2.2 MANUAL BRASILEIRO DE SINALIZAÇÃO DE TRÂNSITO 27

2.2.1 SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA 27

2.3 SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO 28

2.4 SEGURANÇA VIÁRIA 30

2.5 PROGRAMA INTERNACIONAL DE AVALIAÇÃO DE RODOVIAS (IRAP) 33

3 METODOLOGIA 35

4 REGIÃO DE ESTUDO 37

4.1 REGIÃO METROPOLITANA 37

4.2 HIERARQUIA VIÁRIA DA CAPITAL 39

4.3 CRUZAMENTO RODOVIA SERAFIM DERENZI E AVENIDA MARUIPE 41

4.3.1 Altimetria, Ocupação e Geologia da Região 50

4.3.2 Movimentos permitidos 51

4.3.3 Informações Populacionais da Região 56

5 ESTUDO E PROJEÇÃO DA FROTA 59

5.1 EVOLUÇÃO DA FROTA NA GRANDE VITÓRIA 59

5.2 PROJEÇÃO DA FROTA 70

6 CONTAGENS 81

6.1 DADOS DE 2006 82

6.2 PROJEÇÃO PARA 2020 86

6.3 PROJEÇÃO PARA 2030 E 2035 88

7 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES E DISCUSSÕES 93

7.1 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO 94

7.1.1 Ganho de tempo de viagem global relativo ao cenário atual 95

7.1.2 Nível de Serviço Global 95

7.1.3 Quantidade de veículos passantes global 96

7.1.4 Fila média global 96

7.1.5 Atraso parado médio global 97

7.1.6 Média do número de paradas global 97

7.1.7 Tempo médio de viagem para cada movimento 97

7.1.8 Custo de percurso para cada trajeto 99

7.2 CENÁRIO ATUAL 100

7.3 PLANO DE AÇÃO COM APLICAÇÃO DE BINÁRIO 104

7.3.1 Solução 1 - Binário Simples 107

7.3.2 Solução 2 - Binário simples com faixa adicional para conversão à esquerda 109

7.3.3 Solução 3 - Binário com faixa adicional para conversão à esquerda, ilha e faixa de desaceleração 111

7.3.4 Solução 4 - Binário com faixa adicional para conversão à esquerda, ilha, faixa de desaceleração e recuo no ponto de ônibus 113

7.3.5 Comparativo e plano de ação - Binário 115

7.4 PLANO DE AÇÃO COM SIMPLES PROIBIÇÃO DE MOVIMENTO 119

7.4.1 Solução 5 - Simples proibição de movimentos 122

7.4.2 Solução 6 - Simples proibição de movimentos com adição de ilha 124

7.4.3 Solução 7 - Simples proibição de movimentos com adição de ilha e adição de faixa de desaceleração. 125

7.4.4 Solução 8 - Simples proibição de movimentos com adição de ilha, adição de faixa de desaceleração e recuo para ônibus 127

7.4.5 Comparativo e plano de ação - Proibição de Movimento (“Volta”) 129

7.5 OUTRAS SOLUÇÕES 133

7.5.1 Solução 9, alternativa à implantação do binário 133

7.5.2 Solução 10, Proibição de Movimento + Binários 135

7.5.3 Solução 11, Proibição de Movimento + Binários com adição de terceira faixa 137

7.6 RECOMENDAÇÕES DE IMPLANTAÇÃO 139

8 MODERAÇÃO DE TRÁFEGO NA RUA ROBERTO SILVEIRA E PROXIMIDADES.....147

9 AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA DA INTERSEÇÃO.....153

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....156

11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....159

APÊNDICES.....164

APÊNDICE A 165

APÊNDICE b..... 170

1 INTRODUÇÃO

O processo de crescimento demográfico e urbanização traz consigo uma série de alterações para as áreas urbanas. Dentre as mudanças observadas nos últimos anos está o aumento da frota de veículos que gera uma série de desafios e problemas nos de mobilidade.

Segundo Castiglioni e Faé (2014), as mudanças demográficas são também observadas nos processos de migração que geraram um maior deslocamento das pessoas das áreas rurais para as cidades. Essa urbanização foi acompanhada nos últimos anos de uma elevação também da frota de veículos nas cidades.

> O crescimento da frota de veículos em circulação, o crescimento demográfico, o aumento da mobilidade, exercem pressões sobre a oferta e modernização da infraestrutura de transportes. No entanto, o que tem ocorrido é a defasagem crescente entre crescimento urbano e da frota de veículos com relação aos investimentos realizados para expansão e modernização da rede viária, provocando a lentidão do fluxo, os engarrafamentos, o mau estado das vias e da sinalização, o aumento das emissões atmosféricas e do ruído, dentre outros. Devido ao elevado incremento da urbanização na segunda metade do século XX, os sistemas de mobilidade das aglomerações urbanas passaram a operar com baixa qualidade e com altos custos para a sociedade. (VASCONCELLOS; CARVALHO; PEREIRA, 2011).

O crescimento da frota de veículos é gerado não apenas pelo número de pessoas se deslocando, mas também pela elevação do transporte de bens e materiais por meio das vias urbanas. Porém, com esse aumento surge uma série de desafios para a cidades brasileiras. Segundo Dimitriou (1987), os problemas dos movimentos de urbanização estão intrinsecamente relacionados com o crescimento populacional e geram uma necessidade de estudos para planejamento de transporte.

Dentre as consequências diretas observadas estão a ocorrência de engarrafamentos. Conforme questiona Aichour (2008), quais são as cidades atualmente que escapam da problemática dos engarrafamentos? Essas dificuldades são percebidas em cidades dos cinco continentes e em regiões urbanas médias e grandes espalhadas pelo mundo.

O aumento do tráfego tende a gerar uma redução das velocidades de movimentação e congestionamentos, pois a capacidade das vias já pode não estar suportando a demanda existente. Pode-se também perceber que a relação entre velocidade e a mobilidade varia de acordo com os horários do dia e até períodos do ano, afirma Robinson (2004) no livro Road Engineering for Development.

O estado do Espírito Santo passa por essas mudanças. Mesmo sendo o quarto menor estado em extensão territorial do país, possui a 13ª maior frota de veículos dentre as 27 Unidades Federativas com cerca de 1.936.862 veículos, conforme afirma o Ministério de Desenvolvimento Regional (2020), por meio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

> "O crescimento dessa frota no período de 2000 a 2010 (149,7%) foi maior que o crescimento médio observado no Brasil (118,1%) e também maior que o de São Paulo e o da Região Sudeste (98,5%). Ou seja, o Espírito Santo apresentou expansão superior à da Região mais desenvolvida do país, na qual se localiza" (CASTIGLIONI e FAÉ, 2012)

A elevação da presença dos veículos na Região Metropolitana da Grande Vitória, aliada a inúmeros fatores como o aumento demográfico, capacidade da estrutura viária existente, o sistema de transporte coletivo, as medidas de engenharia de tráfego empregadas e o fluxo elevado diariamente que passa pelo município trazem um aumento do número de congestionamentos e a redução das velocidades médias de tráfego, afirma Lóra (2012). Por isso, estudos devem ser realizados para traçar possíveis ações e planos para buscar solucionar ou mitigar esse quadro.

1.1 JUSTIFICATIVA

A problemática dos engarrafamentos está presente em muitas cidades ao redor do mundo. Além de prejudicar a mobilidade dentro das cidades, gera redução de velocidade de movimento, aumento da poluição e também perdas financeiras. Áreas em crescimento e desenvolvimento que possuem um fraco planejamento de trânsito e mobilidade resulta em longos engarrafamentos conforme afirma Jain, Sharma e Subramanian (2012).

Além disso, o aumento dos engarrafamentos também pode causar elevação nos problemas de segurança no trânsito. O efeito mais grave deste descompasso é traduzido pelo número crescente de acidentes de trânsito, muitos deles com vítimas fatais, conforme afirma Castiglioni e Faé (2014).

E em Vitória a situação também não é diferente. A capital capixaba possui uma pequena extensão territorial, cerca de 97,123 km² segundo o Instituto de Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e uma população de cerca de 362.097 habitantes, conforme as estimativas para o ano de 2019. O município tem grande importância para o estado e principalmente para a Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) e dessa forma automaticamente sua malha viária também é diariamente percorrida pelo fluxo oriundo dos municípios limítrofes, Vila Velha, Cariacica e Serra.

Vitória por possuir uma pequena extensão territorial, também possui uma malha viária reduzida, tendo poucas vias arteriais principais e vias arteriais secundárias, que são intensamente solicitadas pelo grande fluxo oriundos de várias partes da Região Metropolitana.

A região de estudo deste trabalho, o cruzamento da Avenida Maruípe e a Rodovia Serafim Derenzi, duas vias arteriais secundárias, exemplifica muito bem esse quadro. Constantemente, a capacidade dessas vias não suporta a grande demanda que passa por elas. Na figura 1 pode-se se entender a presença dessas vias como arteriais

secundárias na malha viária da capital e assim também perceber a importância da interseção para a mobilidade de toda a cidade.

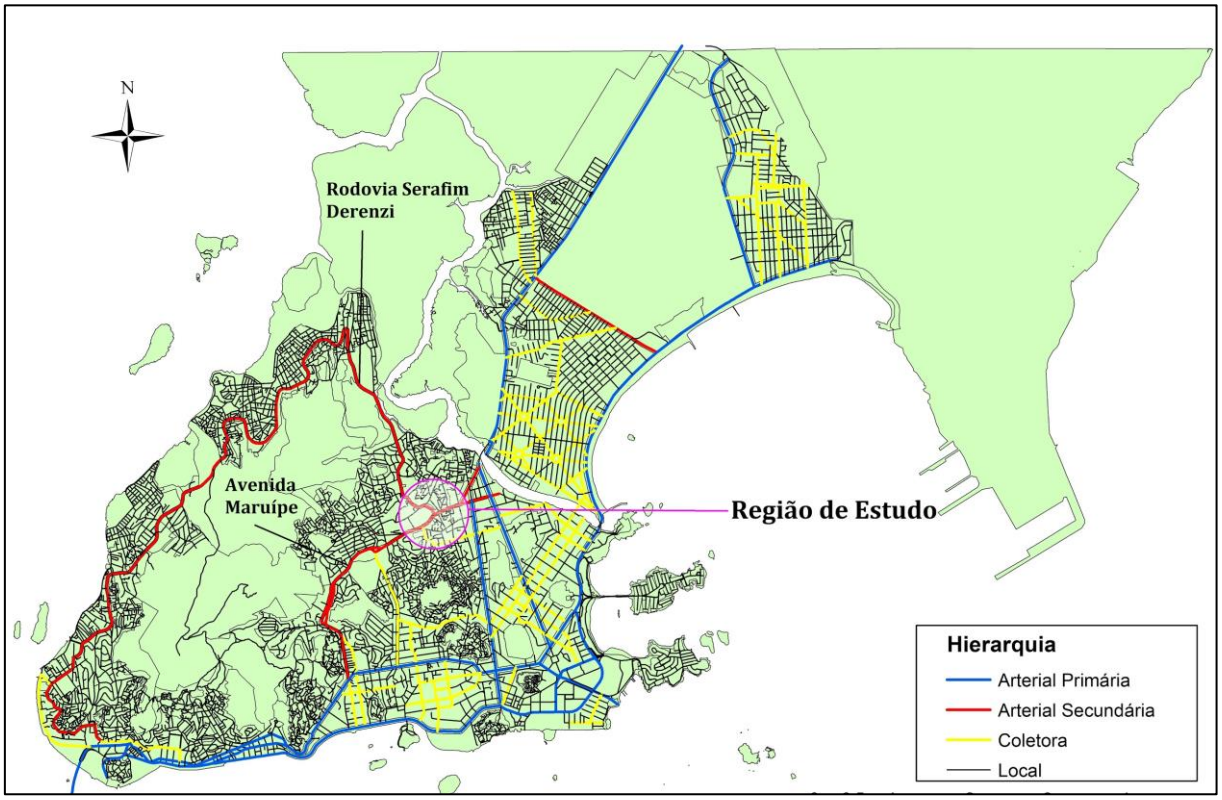


Figura 1: Localização da interseção da Avenida Maruípe e Rodovia Serafim Derenzi

Fonte: (PDU, 2018), Elaboração: (Autores, 2020),

A interseção, principalmente nos horários de pico, apresenta alto grau de saturação, com a ocorrência de engarrafamentos frequentes e uma baixa velocidade de movimento, trazendo assim problemas de mobilidade não apenas no cruzamento, mas para todas as vias conectadas a essa região. A figura 2 é uma imagem aérea do entorno do cruzamento e a figura 3 mostra um momento de congestionamento na interseção.

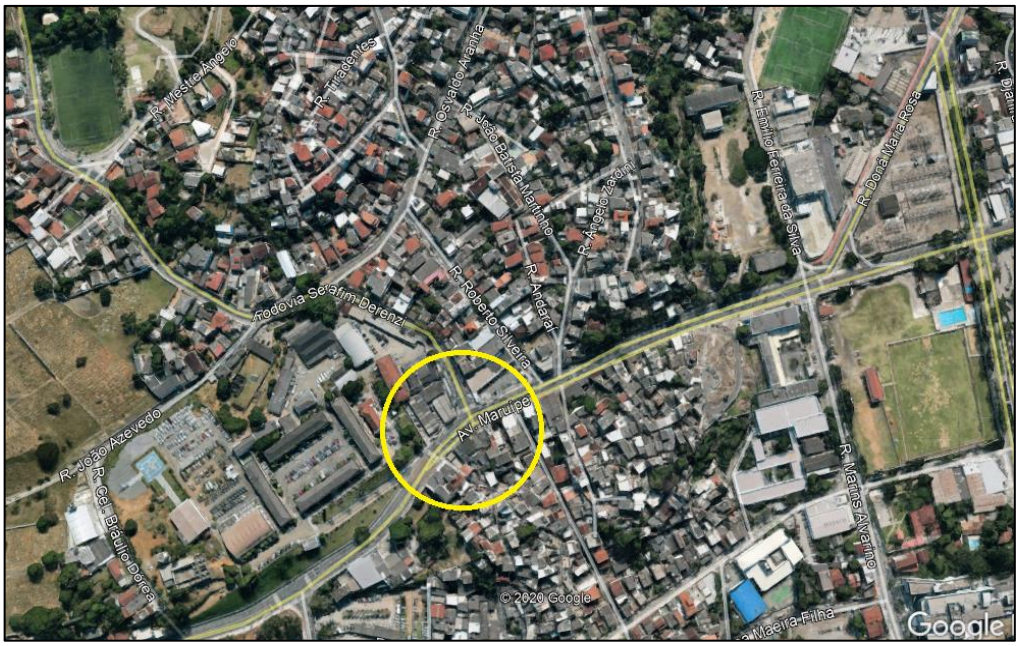


Figura 2: Foto aérea do entorno da interseção da Avenida Maruípe e Rodovia Serafim Derenzi

Fonte: Google Maps (2020)



Figura 3: Engarrafamento no cruzamento da Avenida Maruípe e Rodovia Serafim Derenzi

Fonte: (Autores, 2020)

A contagem e as projeções para o cruzamento, que serão apresentadas mais a seguir, mostraram um elevado fluxo na região. Também se percebe por meio das simulações, que também serão explicadas posteriormente, que a interseção vem apresentando nível de serviço F, ou seja, o pior seguindo a classificação do Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre (DNIT, 2005), o que explica os constantes engarrafamentos e lentidão principalmente nas horas pico da manhã e tarde.

Além disso, o congestionamento é tanto que as autoridades e engenheiros responsáveis pela localidade optaram por não inserir um estágio exclusivo para pedestres, apesar de existir um fluxo bastante elevado e um conflito permanente na aproximação da Rodovia Serafim Derenzi que divide espaço em todos os estágios veiculares.

Assim, esse projeto é justificado tendo em vista que a interseção de estudo deste trabalho, apresenta grande lentidão e engarrafamentos, sobretudo nos períodos de pico tanto pela manhã quanto pela tarde atingindo níveis de saturação em determinados momentos do dia. Além de apresentar uma baixa segurança para os pedestres que precisam concorrer com os veículos automotores.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Tem-se como objetivo realizar um estudo de tráfego que envolva, tanto a concepção física, chegando até ao projeto funcional, quanto ao operacional do cruzamento da Rodovia Serafim Derenzi com a Avenida Maruípe, em Vitória - ES. De forma a apresentar uma série de soluções viáveis de curto e longo prazo à sociedade capixaba. A fim de reduzir o trânsito da localidade e ampliar a segurança de todos os usuários da via.

1.2.2 Objetivos Específicos

Esse trabalho também tem como objetivos específicos:

1) Definir a melhor solução em questão de custo-benefício.
2) Apresentar uma rotina de soluções que podem ser adotadas a curto, médio e longo prazo
3) Realizar o projeto funcional da melhor solução ou de um detalhamento, apresentando as mudanças geométricas e de sinalização.
4) Analisar os possíveis impactos da implantação da solução proposta no seu entorno.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção será apresentado um resumo sobre as principais referências utilizadas no trabalho. Será descrito um pouco sobre o Highway Capacity Manual (HCM), um importante manual Norte Americano que é referência mundial na área de engenharia de tráfego, especialmente em análise de capacidade. Em seguida, o manual brasileiro de sinalização de trânsito será mencionado, onde são apresentadas todas as normativas/resoluções sobre sinalização e também as formas de cálculo de sinalização semafórica conforme estabelece o Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN. E, por fim, serão descritas algumas referências sobre simulação de tráfego e segurança viária, incluindo documentos sobre a principal metodologia internacional de avaliação de segurança rodoviária, o Programa Internacional de Avaliação de Rodovias (*International Road Assessment Programme, iRAP)* que foi adotado para avaliar o nível atual de segurança do cruzamento.

2.1 HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM)

O HCM é um manual que reúne o conhecimento prático e teórico em seus procedimentos e que tem consolidado estudos desde 1950. Desde então, ao longo das décadas, firmou-se como um dos pilares da engenharia rodoviária servindo como inspiração para muitos outros manuais. Nele foram introduzidos os conceitos de nível de serviço, trechos homogêneos, modelos e procedimentos de avaliação (SETTI, 2009).

No entanto, como mencionado no próprio manual, seus valores de parâmetros foram definidos com base em estudos realizados na América do Norte, sobretudo, nos Estados Unidos da América e, por isso, deve-se enfatizar a avaliação da aplicabilidade de tais parâmetros na localidade de estudo. (TRB, 2000). Em função dessas limitações e com o objetivo de atender as particularidades de cada local, o HCM foi adaptado para muitos países inclusive para o Brasil na forma de manuais como os do DNIT e do CONTRAN. O manual de projeto de interseções (DNIT, 2005), que será

melhor descrito posteriormente, apresenta muitas referências ao HCM, apresenta-se abaixo uma que demonstra a credibilidade do HCM perante as autoridades brasileiras:

> "Atendendo à precisão com que essas variáveis [para cálculo da capacidade operacional do projeto] possam ser obtidas para o ano de projeto, a capacidade deve ser estimada com emprego de metodologia confiável. O Highway Capacity Manual - HCM é o documento técnico mais consagrado para esse fim" (DNIT, 2005).

O HCM não só é citado em muitos outros manuais do DNIT, mas também em publicações da Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET-SP), como no boletim técnico 16 (1973), em muitas normas estrangeiras e nos manuais do CONTRAN. Devido a essa credibilidade e a confiança que as autoridades brasileiras depositam nessa metodologia, optou-se por sustentar este trabalho nesse manual, devido também aos métodos e procedimentos que vão auxiliar na tomada de decisão.

Como forma de embasar os projetos, optou-se por seguir em paralelo com o HCM, também as normas e manuais nacionais do DNIT, do CONTRAN e da CET-SP. Essas instituições apresentam manuais e normas bastante consistentes que vão oferecer suporte às decisões adotadas em projeto, além de serem autoridades brasileiras no assunto.

2.1.1 Velocidade de viagem

A velocidade de viagem em trânsito, *Transit Travel Speed,* representa uma medida agregada de velocidade ao longo da via. Combina o tempo de atraso ocorrido na interseção a jusante com o tempo para percorrer o trajeto. Assim sendo, é geralmente menor que a velocidade de movimento, ou de corrida, *Travel Speed*. A velocidade de trânsito de viagem, pode ser representada pela equação:

$$S_{Tt,seg} = \frac{3600L}{5280(t_{Rt} + d_t)}$$

Onde:

- $S_{Tt,seg}$ é a velocidade de viagem em trânsito ao longo do trajeto (mi/h);
- t_{Rt} é o tempo de corrida no trajeto do veículo em trânsito (s);
- L é o comprimento do segmento;
- $d_t$tempo de atraso (s/veiculo);

Também pode-se dizer que a velocidade de viagem em trânsito representa a proporção do comprimento do segmento e o tempo de viagem em trânsito. O tempo de viagem é calculado com a soma dos tempos de corrida do segmento e o controle de atraso no limite a jusante da interseção.

Outra definição seria a representação da velocidade de trânsito equivalente dos veículos que reflete a velocidade de corrida deles ao longo da via e algum atraso que pode ocorrer no limite da interseção.

2.1.2 Atraso na interseção

Este atraso é aquele ocorrido no movimento direto que sai no limite da interseção a jusante. A equação que calcula o atraso na interseção é:

$$d_t = t_l \cdot 60 \cdot (\frac{L}{5280})$$

Onde:

- $d_t$tempo de atraso (s/veiculo);
- t_l tempo de corrida perdido em trânsito (min/mi);
- L é o comprimento do segmento.

2.1.3 Taxa de permissão de curva à esquerda

A taxa de fluxo permitido para fazer curva à esquerda é definida como a contagem de veículos que viram à esquerda sem restrições ou dificuldades, dividido pelo período de duração da análise. Isso pode ser expressado por uma hora de taxa de fluxo como

por análise de períodos menores também. Um movimento permitido para virar à esquerda pode ocorrer tanto com o permitido quanto com o modo protegido-permitido virar à esquerda.

Para movimentos à esquerda servidos do modo permitido, a taxa de fluxo permitida à esquerda é igual à taxa de demanda de fluxo de curva à esquerda. Para movimentos de curva à esquerda servidos pelo modo protegido-permitido, a taxa de fluxo de virar à esquerda permitida deve ser medida em campo pois seu valor é influenciado por muitos fatores. Esta taxa de fluxo tem um efeito notável nas estimativas de desempenho e uma ampla gama de valores possíveis.

2.1.4 Ajuste para curvas à direita

O fator de ajuste de curva à direita se destina principalmente a refletir o efeito da geometria do caminho de conversão à direita na taxa de fluxo de saturação. O valor pode ser calculado pela equação:

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R}$$

Onde E_R é equivalente ao número de carros de passeio para um modo protegido de conversão à direita que tem como valor recomendado pelo HCM 2010 sendo 1,18. O efeito de pedestres e ciclistas na taxa de saturação de curva à direita deve ser considerado num fator de ajuste separado.

2.1.5 Ajuste para curvas à esquerda

O fator de ajuste de curva à esquerda se destina principalmente a refletir o efeito da geometria do caminho de conversão à direita na taxa de fluxo de saturação. O valor pode ser calculado pela equação:

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L}$$

Onde E_L é equivalente ao número de carros de passeio para um modo protegido de conversão à esquerda que tem como valor recomendado pelo HCM 2010 sendo 1,05. O efeito de pedestres e ciclistas na taxa de saturação de curva à esquerda deve ser considerado num fator de ajuste separado.

2.1.6 Volume e relação de Capacidade e Volume

A capacidade de uma dada fila de movimento numa via e para onde não são permitidas curvas à esquerda é dado pela equação:

$$c = N \cdot s \cdot \frac{g}{C}$$

Onde:

- c é a capacidade (veículos/h);
- g é o tempo efetivo de verde (s);
- s é ajuste de taxa de fluxo de saturação (veículo/h/faixa);
- C é o tempo de ciclo (s);
- Número de faixas

A relação volume-capacidade para um grupo em uma linha é definida como a relação entre o volume de fila numa linha e a sua capacidade. Isso pode ser dado pela equação:

$$X = \frac{v}{c}$$

Onde:

- X é a relação entre volume e capacidade;
- v é a taxa de fluxo de demanda;
- c é a capacidade (veículos/h)

2.2 MANUAL BRASILEIRO DE SINALIZAÇÃO DE TRÂNSITO

O manual brasileiro de sinalização de trânsito é um importante documento desenvolvido pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) no ano de 2014 que traz orientações para a implantação de sinalização vertical, horizontal, semafórica, de obras e de dispositivos auxiliares. Será um importante documento a ser utilizado como referência na etapa de desenvolvimento do projeto de sinalização. Nesse primeiro momento, abordar-se-á um resumo sobre a sinalização semafórica visto que nesse volume é apresentado diversos conceitos e métodos sobre o dimensionamento da sinalização semafórica, conhecimento tal que será empregado durante a etapa de simulações.

2.2.1 SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA

Para o dimensionamento da sinalização semafórica, serão utilizadas as formulações e a metodologia apresentada no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Volume V - Sinalização Semafórica (CONTRAN, 2014). Inspirado no HCM, ele apresenta diversos critérios, equações e métodos necessários para a elaboração do plano semafórico da interseção.

O Manual, apresenta dois métodos para determinação do tempo de ciclo: o método do grau de saturação máximo e o método de Webster. No entanto, há uma indicação do manual pelo uso da primeira metodologia para interseções com alto grau de saturação. Como a interseção de estudo apresenta um elevado grau de saturação é esperado melhores resultados do primeiro método em relação ao modelo de Webster, todavia por fazer uso de um software de simulação ambos os métodos serão

verificados caso apresentem diferença significativa nos valores de tempo de ciclo ótimo.

CONTRAN (2014) apresenta, ainda, formulações de entreverdes, grau de saturação, capacidade, defasagem, tempo de verde de segurança, verde mínimo veicular, tempo de verde máximo, medidas de desempenho e outros. Trata-se de um manual completo que será melhor descrito em capítulo próprio.

Quanto às medidas de desempenho, o manual reitera a importância da avaliação contínua do desempenho da operação devido ao caráter dinâmico do trânsito.

> “Existem várias medidas de desempenho que podem ser empregadas nesta avaliação, dentre as quais as mais utilizadas são fila máxima, velocidade média, número de paradas, atraso, consumo de combustível, emissão de poluentes e custo monetário.” (CONTRAN, 2014)

Todos esses indicadores serão melhor detalhados no capítulo exclusivo de sinalização semafórica, assim como os cálculos dos critérios e variáveis de dimensionamento. É importante destacar, ainda, que por fazer uso de um software de simulação os valores podem ser ajustados conforme os resultados, principalmente, nos locais em que o manual apresenta mais de um método de cálculo.

2.3 SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

As simulações de tráfego podem ser realizadas em 3 níveis, macroscópico, mesoscópico e microscópico, cada uma com a sua respectiva área de atuação, vantagens e desvantagens. A modelagem macroscópica aborda um ponto de vista agregado de forma análoga a um comportamento de fluidos na hidrodinâmica, então, nesse nível são consideradas variáveis macroscópicas como densidade, volume e velocidade; sendo mais indicado para estudos macros do comportamento do trânsito na cidade como um todo. Já a modelagem microscópica, ao contrário da anterior visa

avaliar por meio da desagregação dos indivíduos, ou seja, por meio da dinâmica das partículas individuais. Nesse nível, o comportamento de cada usuário é levado em consideração e é mais indicado para estudos localizados em interseções e seu entorno. No intermédio desses níveis existem os modelos mesoscópicos como uma alternativa através de uma simplificação da dinâmica veicular (BARCELÓ, .2010).

Nesse projeto, em específico, serão usados modelos microscópicos, visto que o objeto de estudo se limita a uma interseção e ao seu entorno. A Modelagem microscópica, como dito anteriormente, visa estudar o comportamento individual de cada usuário que compõe o fluxo de tráfego; isso implica em avaliar processos de aceleração, desaceleração, mudanças de faixa, mudanças de direção, comportamento em fila, tempo de reação e muitas outras coisas para cada motorista presente no fluxo veicular do trecho em estudo como dito por Barceló (2010).

As formulações e os cálculos por trás do desenvolvimento desses modelos de microssimulação é um tanto quanto complexo e não é escopo deste trabalho debater sobre tais métodos. Aos que desejam se aprofundar mais no assunto recomenda-se o livro "*Fundamentals of Traffic Simulation"* (Barceló et al., 2010) que traz um vasto material para o aprendizado de simulação de tráfego. Esse livro apresenta, ainda, diversos softwares de simulação entre eles o VISSIM que será utilizado neste trabalho.

O Vissim é um software de microssimulação de trânsito multifuncional, da empresa alemã PTV Group, capaz de analisar e otimizar as mais variadas condições e complexidades encontradas. Nele, é possível integrar e modelar diversos modais de transporte público e particular, onde facilmente pode ser incorporado a presença de automóveis, caminhões, ônibus, bondes, VLTs (Veículos Leves sobre Trilhos), pedestres, motociclistas e ciclistas como dito por Fellendorf e Vortisch (2010).

O Vissim possui em seus algoritmos modelos matemáticos e estatísticos complexos de simulação microscópica que são melhor explicados por Fellendorf e Vortisch (2010) em um capítulo do livro "*Fundamentals of Traffic Simulation".* Eles descrevem os

modelos fundamentais que são utilizados e destaca a aleatoriedade estatística existente, ou seja, os modelos apresentam um comportamento estatístico que simula o comportamento aleatório do usuário tornando-o ainda mais real e fazendo com que cada simulação seja única.

O software possui diversos parâmetros de calibração que podem ser adequados para cada localidade conforme a forma de dirigir dos motoristas naquela região. É conhecido que dependendo do local os motoristas podem ser mais agressivos ou mais defensivos, ou então dirigir de forma mais prudente ou imprudente. No entanto, o software traz uma configuração padrão desenvolvida a partir de pesquisas em diversas partes do mundo ao longo dos 15 anos de existência do VISSIM que apresentam resultados satisfatórios sem a necessidade de alterações.

A vantagem de poder fazer uso de microssimulação de trânsito é poder avaliar antecipadamente toda e qualquer alteração viária. Dessa forma, os projetos podem ser otimizados antes de sua execução a fim de melhor atender o dinamismo do local. Com isso, é possível avaliar o impacto para a sociedade de diversas soluções geométricas e estimar por quanto tempo elas são viáveis.

2.4 SEGURANÇA VIÁRIA

Pensando em segurança viária, acredita-se que não se pode mais ficar transmitindo a responsabilidade dos acidentes para os condutores, é hora de começarmos a assumir as responsabilidades como projetistas e tornar as vias mais seguras.

> “Mais cedo ou mais tarde alguém pode cometer um erro no trânsito, seja por negligência, imprudência, falha mecânica, ou da infraestrutura da via, e acabar por causar uma ocorrência, conhecido popularmente de “acidente”. Todavia, caso isso ocorra, os envolvidos não devem pagar com a vida ou sequelas graves e permanentes”. (RAMALHO, 2020, apud ONSV, 2020)

Precisamos pensar em vias mais seguras, em “Rodovias que perdoam”. Ou seja, assumindo que acidentes vão ocorrer, devemos buscar projetos que além de coibir as imprudências reduz, também, a severidade dos acidentes. Não é mais aceitável pensar em um projeto voltado apenas para ampliação da capacidade com investimentos que priorizam somente o transporte motorizado individual. É preciso projetar para todos os usuários e principalmente, para a segurança dos mais vulneráveis: pedestres e ciclistas. (WELLE, 2015).

Para tornar as vias mais seguras, precisa-se primeiro entender 2 aspectos: Exposição e Risco. O guia “*Cities safer by design*” define exposição como sendo:

> “No contexto da segurança viária, exposição é definida como a situação de estar exposto ao risco. A medida da exposição tem por objetivo indicar a probabilidade de certos segmentos da população se envolverem em acidentes e é baseada em uma quantificação de tempo, volume ou distância. No contexto de modelos de acidentes, a exposição pode incluir volumes totais de tráfego motorizado (quilômetros percorridos por veículo – VKT, da sigla em inglês), tráfego médio diário anual – TMDA ou volume de viagens de pedestres e ciclistas.” (WELLE, 2015)

Ou seja, a exposição está diretamente ligada à probabilidade de um evento acontecer. Assim, ao projetar, deve-se considerar sempre a possibilidade de reduzir a exposição dos usuários, sobretudo, dos mais vulneráveis. A exposição de pedestres em uma travessia, por exemplo, pode ser reduzida através do uso de “avanços de calçada” e “ilhas” que reduzem a distância a ser percorrida pelo usuário reduzindo a exposição. Quanto ao risco, define-se:

> “Em termos de segurança viária, o risco pode ter significados diferentes. Pode ser uma situação que envolva exposição ao perigo, ferimentos ou à morte, abarcando vários fatores, como percepção, propensão e recompensa (por exemplo: atravessar a via mais rapidamente no meio da quadra). Também pode se referir à taxa de feridos, que considera o número de feridos ou o número de colisões em relação à quantidade de exposição ou à

> população. Finalmente, o risco pode se referir à percepção do risco ou à propensão de correr o risco.” (WELLE, 2015)

Em outras palavras, para fins desse trabalho o risco será abordado como sendo o grau de severidade provável caso um acidente venha a ocorrer. Ou seja, atravessar uma via com velocidade regulamentar de 60Km/h tem um risco maior que realizar o mesmo ato em uma via de 30Km/h, mesmo mantendo as mesmas condições de volume de tráfego e exposição do usuário. Visto que um atropelamento em uma velocidade maior tem mais chances de ocasionar fatalidades ou ferimentos graves.

A figura 4 apresenta o risco percentual de morte para pedestres em situação de atropelamento. Veja que existe uma variação muito grande na faixa entre 30 e 50 km/h na variação do risco associado ao atropelamento, portanto, reduzir velocidade nessa faixa apresenta ganhos bastante elevados na redução do risco associado aos atropelamentos, sendo uma técnica bastante indicada para localidades com alto fluxo de pedestres.

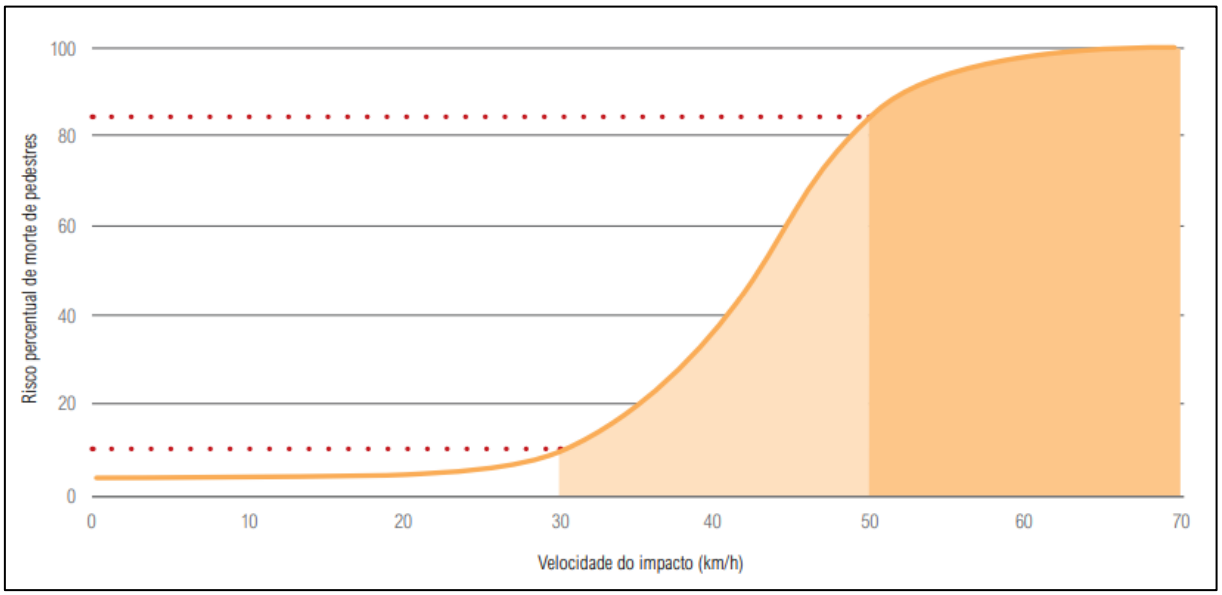


Figura 4: Relação entre a segurança dos pedestres e a velocidade de impacto dos veículos

Fonte: (WELLE, 2015)

Assim, pode-se entender que pensar em segurança viária é pensar em reduzir exposição e risco dos usuários; torná-los menos suscetíveis a acidentes e, caso ocorra, que seja menos grave.

O guia "*Cities safer by design"* (WELLE, 2015), apresenta muitas técnicas tanto em nível micro quanto em nível macro que ajudam a reduzir os índices de mortes por acidentes de trânsito na cidade através da redução da exposição e do risco dos usuários. Sendo, portanto, a principal referência nesse aspecto. No decorrer da elaboração dos projetos geométricos e das simulações, será descrito com melhor detalhamento as técnicas utilizadas com base nessa referência.

2.5 PROGRAMA INTERNACIONAL DE AVALIAÇÃO DE RODOVIAS (IRAP)

Em 2006, foi desenvolvido na Inglaterra a organização sem fins lucrativos iRAP (*International Road Assessment Programme*), responsável por desenvolver uma metodologia consistente para avaliação de segurança das rodovias com o objetivo de reduzir o número de mortos e feridos graves no trânsito.

A organização já está presente em muitos países na forma de EuroRAP (Europa), AusRAP (Austrália), usRAP (EUA), ChinaRAP (China), IndiaRAP (India) e recentemente no Brasil como BrazilRAP (IRAP, 2019). Trata-se de um programa ativo em mais de 100 países, apoiado pela Fundação para o Automóvel e Sociedade (FIA) e reconhecido tanto pela Organização Mundial da Saúde, quanto pela Organização das Nações Unidas. O reconhecimento da OMS pode ser visto no "*The Ten Step Plan for Safer Road Infrastructure*" (Plano de dez etapas para uma infraestrutura viária mais segura) (OMS,2020), que vem como apoio aos objetivos globais da ONU para Segurança Rodoviária onde define na meta 3 que todas as novas estradas atingirão ao menos classificação de 3 estrelas para todos os usuários da via até 2030 (OMS, 2018).

O programa, de forma resumida, consiste em realizar um levantamento visual contínuo, codificar todos os elementos presentes e então atribuir uma classificação por estrelas que varia de 1 a 5, sendo 5 uma classificação para uma estrada muito segura. Dessa forma a segurança será um dos critérios principais a serem abordados neste trabalho. Porque, parafraseando a organização, toda vida importa. *“Because every life counts” (IRAP, 2006).*

3 METODOLOGIA

Nesta seção, apresentar-se-á como transcorreu a execução do projeto. No primeiro momento, realizou-se um levantamento de dados, tais como: dados geoespaciais e estatísticos da região, plantas e projetos geométricos, contagens de tráfego, programações semafóricas, informações de relevo, dados de frota e condutores e outros; de maneira a auxiliar, em conjunto ao referencial teórico, a justificativa do projeto, a modelagem do cenário atual existente, as projeções de frota e as simulações das diversas soluções possíveis.

Como não foi possível realizar contagens veiculares devido ao surgimento da pandemia ocasionada pelo novo coronavírus Sars-cov-2, que reduziu drasticamente a quantidade de veículos das ruas, obteve-se junto a Prefeitura Municipal de Vitória dados de contagens já existentes para substituir a falta de uma contagem atual.

Com base nas informações de contagem disponibilizada pela prefeitura, na planta do local e no relevo, modelou-se uma série de cenários através do software Vissim disponibilizado pela empresa fabricante alemã PTV Group, sendo 1 referente ao cenário atual e 21 soluções possíveis. Para cada cenário foram realizados 3 estudos que são:

- Simulação com o trânsito estimado atual
- Simulação para o trânsito projetado de 10 anos
- Simulação para o trânsito projetado de 15 anos

No entanto, é importante destacar que a contagem utilizada é datada no ano de 2006, estando bastante defasada. Portanto, para 2020, foi realizado uma estimativa com base no crescimento da frota entre 2006 e 2020 na RMGV. Já para 2030 e 2035 foi realizado uma projeção, conforme descrito no item 5.2 deste documento, a partir de estimativas de crescimento da frota para os próximos anos. A definição do tempo para atingir os níveis atuais foi feito a partir de simulações sequenciais, onde a cada

simulação foi incrementado um aumento de frota equivalente a 1 ano na projeção adotada.

Todas as propostas estudadas foram elaboradas com base no HCM (2010), no manual de projeto de interseções do DNIT (2005), no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (2014), e sempre considerando as limitações do local devido a topografia e o denso povoamento com imóveis lindeiros.

Alguns detalhamentos específicos de boas soluções foram estudados mais a fundo, no qual foram realizados projetos em nível funcional: geométrico, de sinalização horizontal, de sinalização vertical, de semaforização. A proposta foi avaliada, também, quanto a segurança e comparada com o estado atual conforme as metodologias de classificação por estrelas do iRAP.

4 REGIÃO DE ESTUDO

4.1 REGIÃO METROPOLITANA

O estado do Espírito Santo, segundo as estimativas populacionais feitas pelo IBGE para o ano de 2019, possui cerca de 4.018.650 habitantes sendo o 14° mais populoso do país. Possui uma área de 46.074,447 km² sendo assim o quarto menor estado do país.

Segundo as estimativas do IBGE para 2019, a sua capital, Vitória, possui cerca de 362.097 habitantes e uma pequena área territorial de 97,123 km² o que gera uma densidade demográfica elevada de 3.728,231 habitantes/km². O município de Vitória concentra boa parte dos serviços e órgãos do governo além de ser sede de várias empresas. A figura 5 abaixo representa a localização do município de Vitória no Espírito Santo

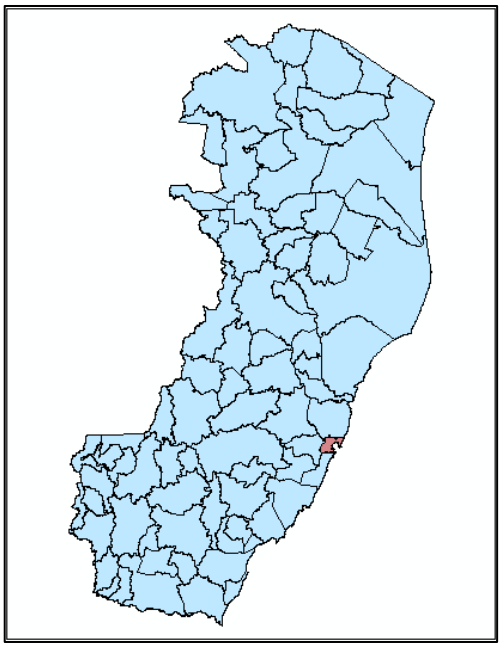


Figura 5: Localização do município de Vitória no Espírito Santo

Fonte: (Autores, 2020)

Historicamente, Vitória foi sempre o centro de importância política e econômica do estado, porém sua pequena extensão territorial acabou impedindo seu maior crescimento o que gerou uma expansão dos municípios limítrofes.

> "É com essa realidade, que se configura com o passar dos anos na RMGV, ou Microrregião Metropolitana, uma concentração de poder e influência, pois é nela que se assenta o principal modal logístico do estado e, em decorrência da restrita área da capital, se encontram os municípios que cresceram devido a conurbação das atividades praticadas por Vitória." (RODRIGUES, 2006).

A região metropolitana se forma a partir do crescimento dos municípios vizinhos da capital e hoje é composta por 7 municípios: Vitória, Serra, Vila Velha, Cariacica, Viana, Fundão e Guarapari, conforme pode ser visto na figura 6. Essa região é a mais populosa do estado com cerca de 1.979.337 habitantes, segundo as estimativas do IBGE para 2019, que representa aproximadamente 49% da população do estado. As quatro cidades mais populosas do estado estão localizadas na Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV). A região também possui uma área de 2.323,655 km² e com as estimativas possui uma densidade demográfica de 852,821 habitantes/km². A figura 7 situa a localização da RMGV perante o estado do Espírito Santo.



Figura 6: A localização da capital na região metropolitana

Fonte: (Autores, 2020)

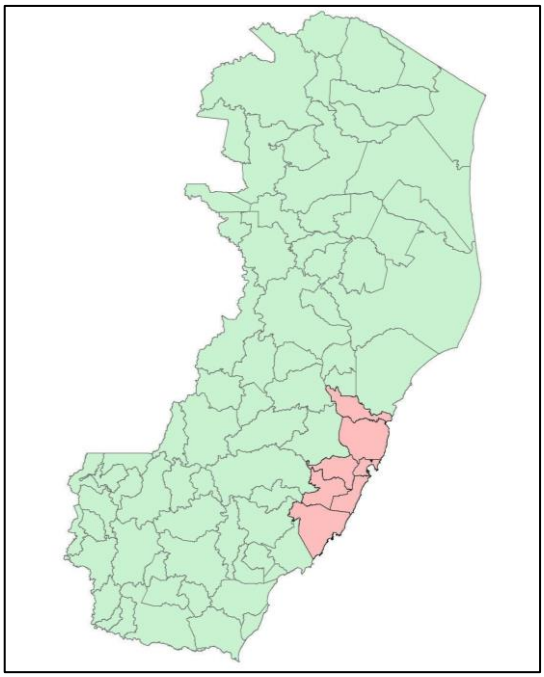


Figura 7: Região Metropolitana da Grande Vitória localizada no Espírito Santo

Fonte: (Autores, 2020)

4.2 HIERARQUIA VIÁRIA DA CAPITAL

A cidade de Vitória possui 80 bairros divididos em 8 regiões administrativas que ocupam tanto sua área continental como insular. A cidade, devido a sua pequena extensão, possui uma malha viária que não tem via expressa e poucas vias arteriais que são responsáveis por dar mobilidade ao fluxo interno e ao fluxo oriundo da Região Metropolitana. A figura 8 representa a hierarquia viária da capital segundo a classificação disponibilizada pela Prefeitura Municipal de Vitória. As arteriais metropolitanas estão diretamente relacionadas com a entrada e saída do fluxo oriundo do restante da RMGV.

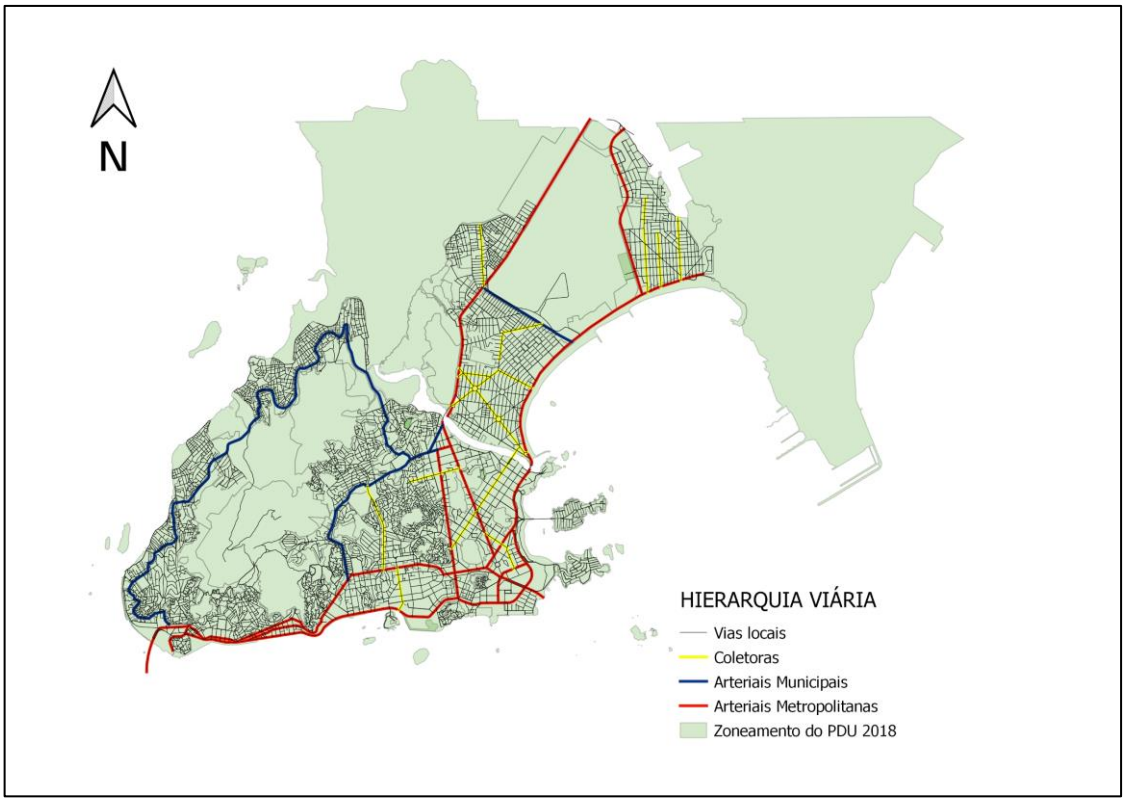


Figura 8: Hierarquia viária de Vitória

Fonte: (PDU, 2018), Elaboração: (Autores, 2020)

Além disso, pode-se analisar as relações do sistema arterial com a mobilidade e acessibilidade. A figura 9 estabelece relação entre mobilidade e acessibilidade entre diferentes sistemas de vias urbanas.

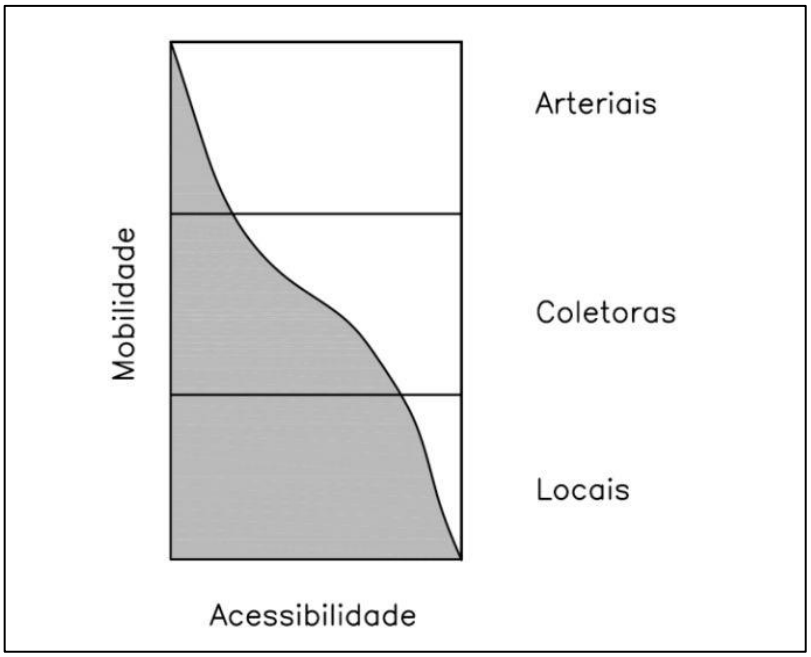


Figura 9: Relação entre os níveis de acessibilidade e mobilidade para os diferentes tipos de vias urbanas

Fonte: (DNIT, 2010)

Visto que a cidade possui uma pequena extensão e um sistema arterial com um número reduzido de vias por onde passa uma frota de toda a RMGV, pode-se constatar a importância do estudo para a mobilidade não apenas da capital capixaba, mas para toda a Região Metropolitana.

4.3 CRUZAMENTO RODOVIA SERAFIM DERENZI E AVENIDA MARUIPE

O objeto de estudo principal deste trabalho é o cruzamento da Rodovia Serafim Derenzi com a Avenida Maruípe, ambas de grande importância não apenas para a mobilidade da cidade de Vitória, mas para toda a Região Metropolitana. Nas figuras 10, 11, 12 e 13 é possível ter uma visão do local estudado através dos movimentos possíveis na interseção.



Figura 10: Visão da interseção (chegada da Rodovia Serafim Derenzi na Avenida Maruípe)

Fonte: (Google Maps, 2020)



Figura 11: Visão da interseção pela Avenida Maruípe - sentido Centro de Vitória

Fonte: (Google Maps, 2020)



Figura 12: Visão da interseção pela Avenida Maruípe - sentido Goiabeiras

Fonte: (Google Maps, 2020)



Figura 13: Visão da interseção na chegada da Rodovia Serafim Derenzi na Avenida Maruípe

Fonte: (Google Maps, 2020)

É necessário localizar a interseção na malha viária da cidade e assim perceber sua importância para todo o sistema. Dessa forma, também é possível perceber as vias que influenciam diretamente no fluxo que passa pela interseção. Na figura 14, pode-se perceber a localização da interseção estudada com as avenidas mencionadas anteriormente e, na figura 15, pode-se ter uma visão aérea da região estudada.

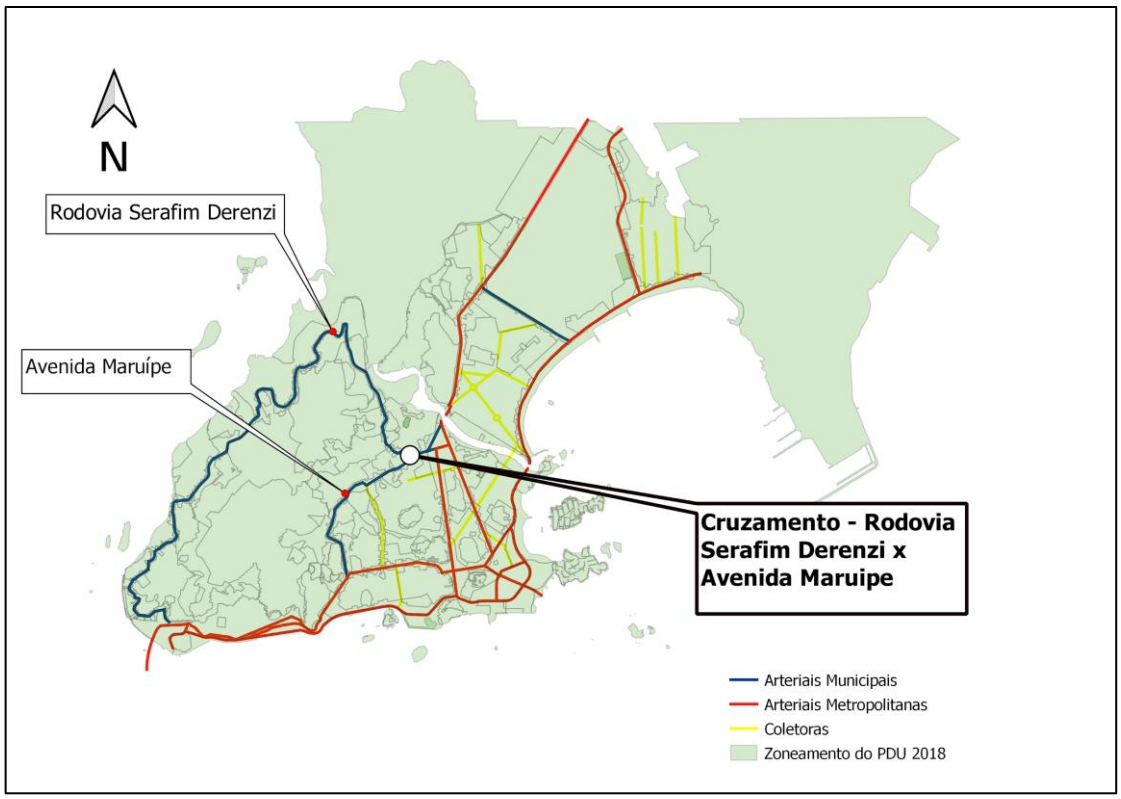


Figura 14: Localização do cruzamento Rodovia Serafim Derenzi x Avenida Maruípe

Fonte: (PDU, 2018), Elaboração: (Autores, 2020)



Figura 15: Imagem aérea da região de estudo

Fonte: (Google Maps, 2020)

É possível observar que ambas as vias são classificadas como arteriais municipais, porém sua abrangência e importância não se restringem à capital, visto que em virtude da pequena extensão territorial da cidade e também da sua malha viária pouco extensa acabam sendo importantes alternativas para direcionamento do fluxo oriundo das vias arteriais metropolitanas que posteriormente retornará para esse sistema viário. Além disso, atualmente, há restrições de passagem de caminhões pelo centro de Vitória. A rodovia Serafim Derenzi tornou-se uma alternativa para o transporte de carga, conforme decreto municipal Nº 16.243/2015 (PMV, 2015).

A figura 16 apresenta como cada rua da cidade foi categorizada neste decreto, enquanto que o quadro 1 demonstra quais regras foram estabelecidas para cada situação. Veja que existe um impedimento legal no tráfego de veículos de carga através do centro de Vitória, dividindo a cidade em um setor leste (direita) e outro oeste (esquerda). Dessa forma, todo o transporte que não esteja de acordo com as

regras impostas ao centro e que precisa se deslocar entre a parte leste e oeste da ilha deve transitar pela Rodovia Serafim Derenzi e passar pela interseção de estudo.

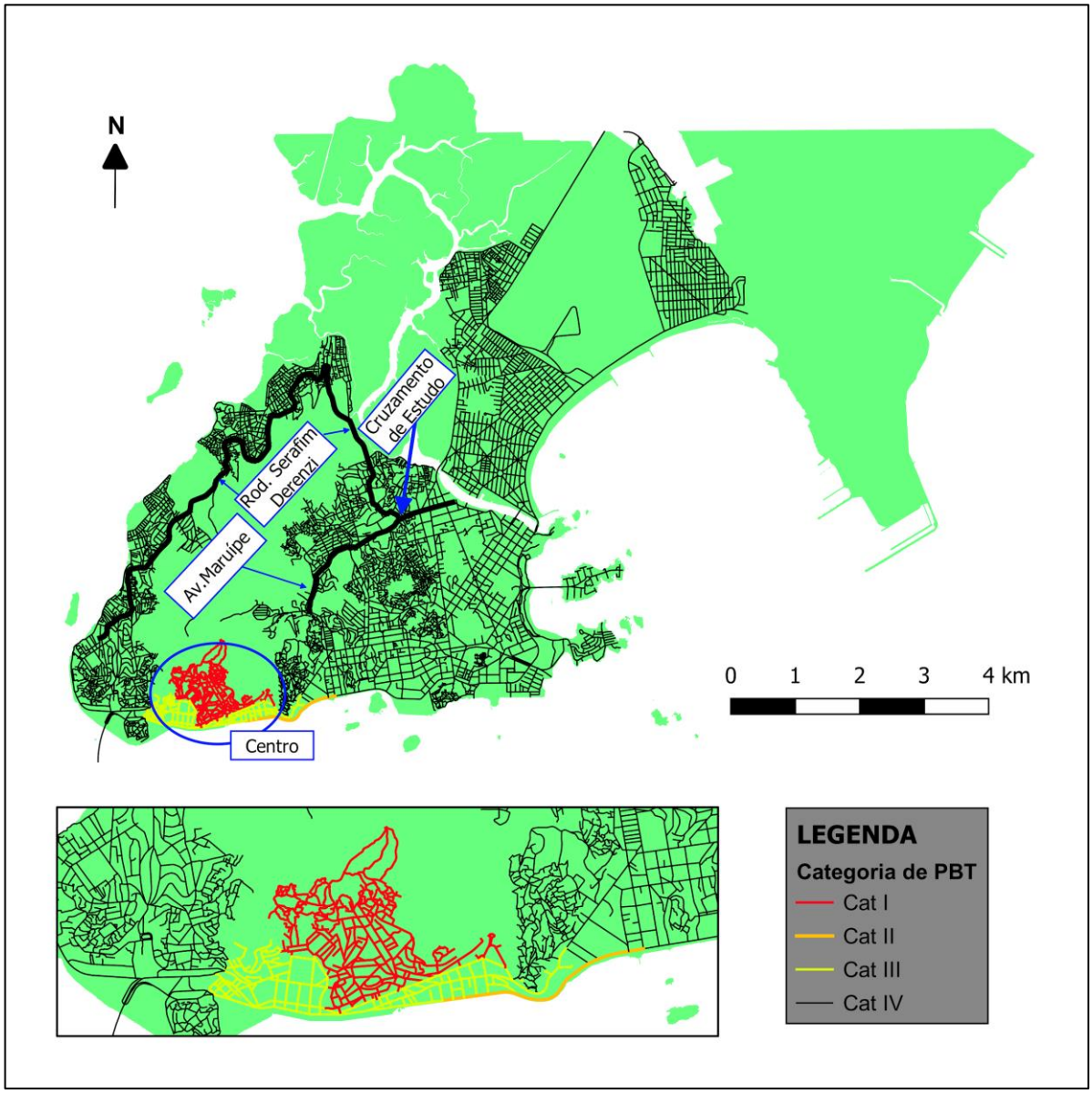


Figura 16: Categoria de Pesos conforme Decreto municipal Nº 16.243/2015

Fonte: (PMV, 2015), Elaboração: (Autores, 2020)

Decreto municipal Nº16.243/2015		
Categoria		**Proibições de Circulação**
I	**Art 1º - I, a)**	Veículos de PBT maior que 10t, mesmo vazio, das 07:00 às 19:00 nos dias úteis. Aos sábados de 8:00 às 14:00, exceto aos domingos e feriados
	Art 1º - I, b)	Veiculos de PBT maior que 16t, mesmo vazio, em qualquer dia e horário
II	**Art 1º - II, a)**	Veiculos de PBT maior que 16t, mesmo vazio, em qualquer dia e horário
III	**Art 1º - III, a)**	Veículos de PBT maior que 16t, mesmo vazio, das 06:00 às 20:00 nos dias úteis. Aos sábados de 6:00 às 14:00, exceto aos domingos e feriados
IV	**Art 1º - IV, a)**	Veículos de PBT maior que 23t, mesmo vazio, das 06:00 às 10:00 e das 16:00 às 20:00 nos dias úteis. Aos sábados de 6:00 às 14:00, exceto aos domingos e feriados
	Art 1º - IV, b)	Veiculos de PBT maior que 45t, mesmo vazio, em qualquer dia e horário
	Art 1º - IV, c)	Veículos do tipo cegonheira com PBT maior que 16t, mesmo vazio, das 06:00 às 20:00 nos dias úteis. Aos sábados de 6:00 às 14:00, exceto aos domingos e feriados

Quadro 1: Proibições de carga em Vitória

Fonte: (PMV, 2015), Elaboração: (Autores, 2020)

Além disso, Vitória conta com apenas três saídas ao sul com sentido ao município de Vila Velha. Dessas, duas se localizam na parte oeste da ilha, à esquerda do centro de Vitória, e uma na parte leste, à direita do centro. Devido a lei estadual 4.463/1990 (GOV-ES, 1990) e a instrução de serviço Nº 021-N/2004 do DER-ES (2004): A Ponte Deputado Darcy Castello de Mendonça (3ª ponte), única saída sul à direita do centro, tem limitação de PBT de 15t e está limitada a veículos de apenas 2 eixos. Sendo que, caminhões de até 10 toneladas apenas podem circular das 10:00 às 16:00 e os de até 15t das 22:00 às 6:00 da manhã. Todas essas restrições fazem com que veículos originários da parte leste da ilha com destino ao município de Vila Velha ou proximidades e vice-versa, tenham que se deslocar através da Rodovia Serafim Derenzi passando obrigatoriamente pela interseção de estudo.

Dessa forma, para analisar e estudar uma determinada interseção, devem ser observados diversos fatores para que sejam tomadas as melhores e mais eficientes ações. Dentre eles estão as restrições de movimento, conforme dito anteriormente, a presença de possíveis polos geradores de tráfego que podem ser exemplificados por supermercados, escolas, hospitais, centros comerciais, teatros, parques e etc. Também cabe ressaltar a importância da avaliação de todos os elementos que podem influenciar na geometria da via e nas ações de engenharia de tráfego, como

sinalização horizontal, vertical, semáforos, pontos de ônibus, árvores, canteiros centrais. Tem-se, na figura 17, uma imagem aérea mais próxima do cruzamento que auxilia na identificação dos polos geradores de fluxo mais perto da interseção.



Figura 17: Imagem aérea do cruzamento

Fonte: Google Maps (2020)

Na figura 18 pode-se observar a localização dos pontos de ônibus e de árvores próximos ao cruzamento. Ambos devem ser considerados em todas as análises e futuras simulações para tomadas de decisão, visto que influenciam no fluxo dos veículos, nos movimentos de pedestres e dessa forma são vitais no estudo de possíveis ações de engenharia de tráfego. Nota-se, por exemplo, que existem pontos de ônibus bem próximos ao cruzamento, influenciando diretamente na parada de veículos, ônibus e consequentemente nos tempos semafóricos. É importante destacar, que todos os pontos de ônibus da região não possuem recuos para acomodação do veículo durante o embarque e desembarque, fazendo com que a largura efetiva da via seja reduzida. A presença de árvores pode ser um problema devido a questões ambientais, mas devem ser consideradas, principalmente, pois podem prejudicar a visibilidade e a segurança dos usuários.

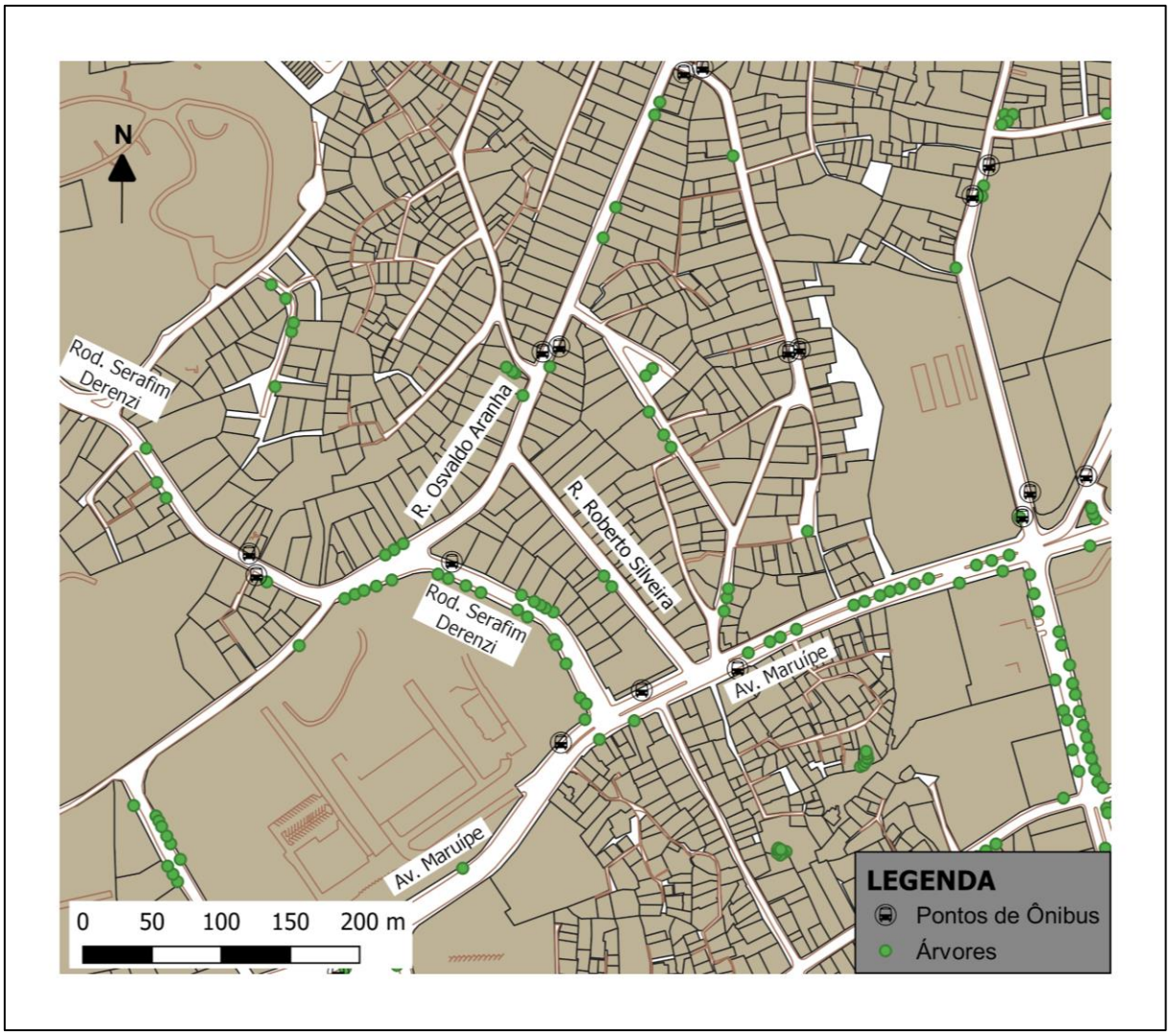


Figura 18: Localização dos pontos de ônibus e de árvores próximas a região de estudo

Fonte: (GeoWeb Vitória, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Porém, as análises da interseção não se restringem apenas aos aspectos da hierarquia viária, da geometria e dos elementos do entorno, mas também, informações sobre a população são necessárias para ressaltar a importância da região de estudo e de soluções para otimizar a mobilidade na área. Além disso, é de extrema necessidade a observação da altimetria da região, o que influencia diretamente nas possíveis tomadas de decisões e também, os movimentos e conflitos existentes no local.

4.3.1 Altimetria, Ocupação e Geologia da Região

O relevo, a ocupação e a geologia da região devem ser tomados em consideração, principalmente para as possíveis alternativas de mudança geométrica. O direcionamento do fluxo na região está intrinsecamente relacionado com esses fatores. É possível perceber na figura 19 que a região de estudo está confinada entre terrenos elevados apresentando formações rochosas aparentes e tem praticamente todos os lotes ocupados. Portanto, as soluções, considerando apenas uma micro análise, está restrita a algumas poucas ruas do entorno.

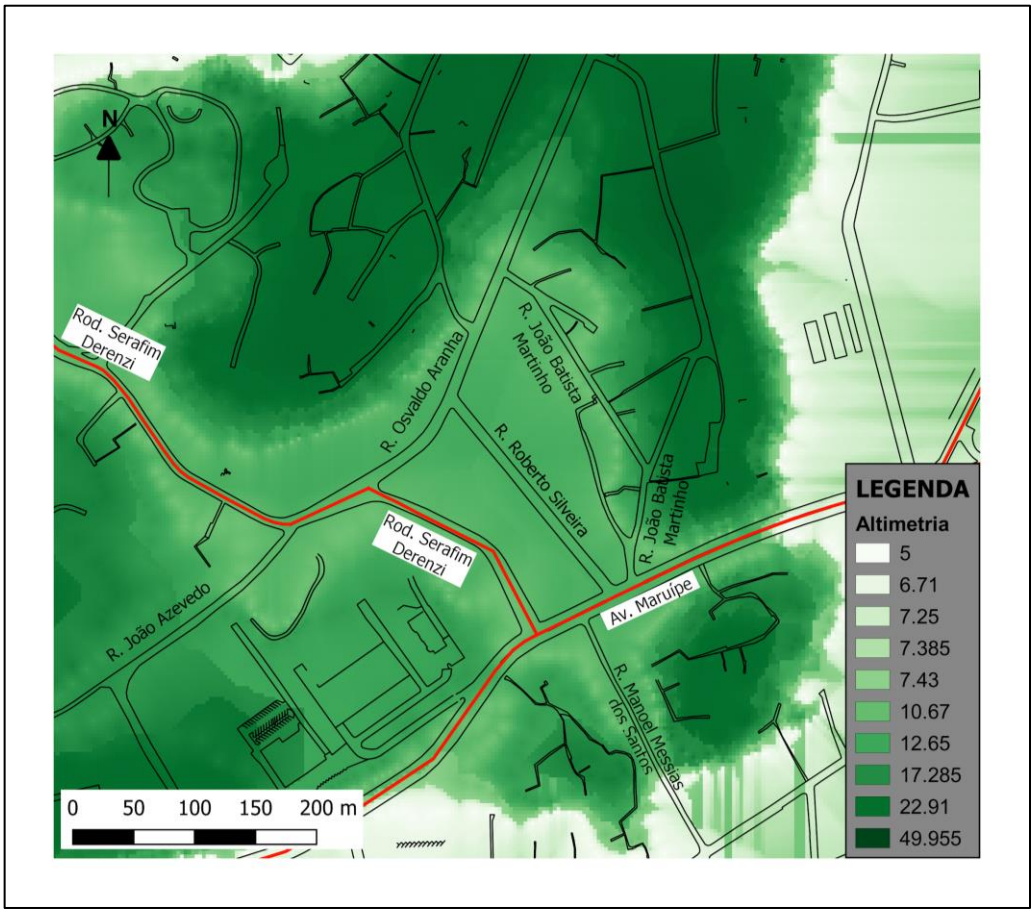


Figura 19: Altimetria na região de estudo e seus entornos

Fonte: (GeoWeb Vitória, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Nota-se que existem elevações diferentes no entorno. É necessário ressaltar a presença de vias locais que estão conectadas com as vias envolvidas de forma direta

no estudo e que estão em altimetrias mais elevadas que a interseção estudada. Essas vias locais que são de menor largura e que estão em relevo inclinado precisam ser consideradas no momento de análise de alternativas e sua topografia não pode ser ignorada.

Além disso, conforme visto anteriormente nas figuras, a rua Osvaldo Aranha, uma via coletora, conectada à Rodovia Serafim Derenzi está localizada bem próxima ao cruzamento e também tem grande importância para o fluxo no interior dos bairros. Pode-se perceber que essa via coletora tem uma série de vias locais próximas e que estão todas em relevos inclinados. Dessa forma, qualquer solução proposta de engenharia de tráfego ou geométrica deve considerar as diferenças altimétricas presentes.

4.3.2 Movimentos permitidos

O cruzamento é composto por um semáforo de três estágios onde é permitido diversos movimentos. Na figura 20 é apresentado todos os movimentos permitidos, e também os conflitos existentes. Desses, somente os conflitos de divergência e com pedestres não são inibidos pela ação do semáforo, concorrendo mesmo com a presença deste equipamento. É notória a atenção que deve ser oferecida à presença dos conflitos entre carros e pedestres, visto que existe um trânsito elevado de pedestres no local.

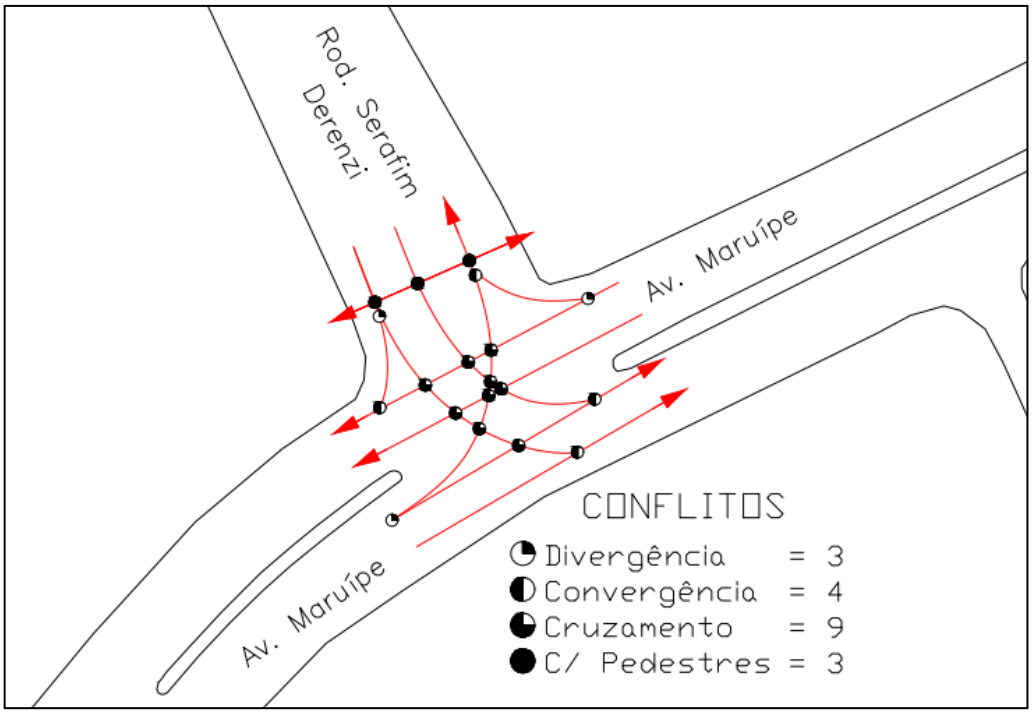


Figura 20: Movimentos e conflitos na interseção de estudo C1

Fonte: (GeoWeb Vitória, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Além desse cruzamento acima que é objeto do estudo, decidiu-se por avaliar de forma auxiliar também outros quatro cruzamentos do entorno que podem vir a ser utilizados na solução devido à proximidade e ao porte das vias. Dessa forma, a figura 21, nomeia a interseção principal de estudo como C1 e apresenta a localização e os nomes das outras interseções marginais.

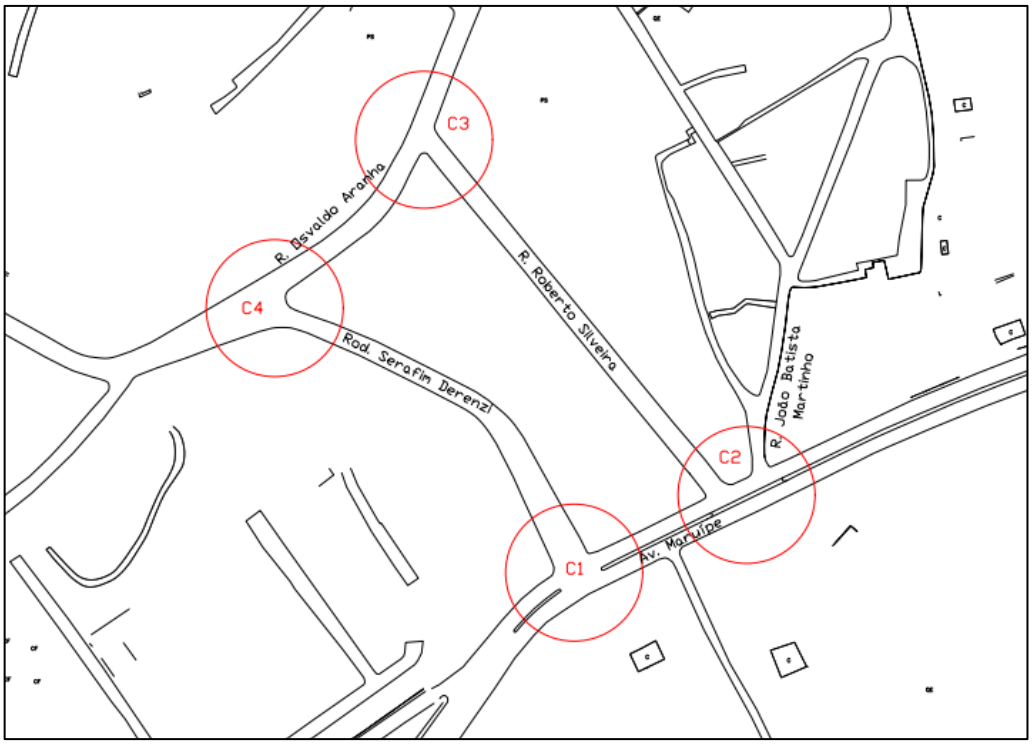


Figura 21: Localização dos pontos de avaliação

Fonte: (GeoWeb Vitória, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

As figuras 22, 23 e 24 apresentam as interseções C2, C3 e C4, respectivamente. Note principalmente os conflitos com pedestres nestes locais.

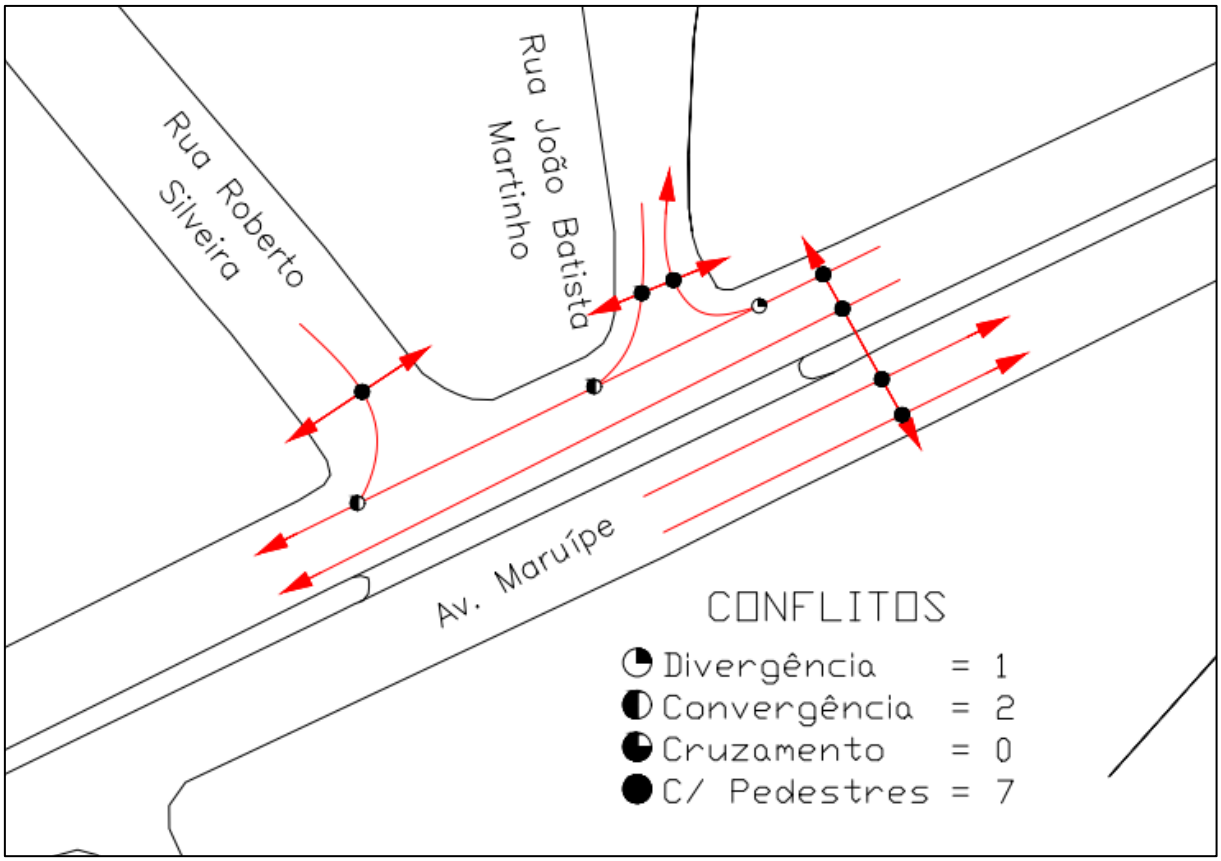


Figura 22: Movimentos e conflitos na interseção C2

Fonte: (GeoWeb Vitória, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Na figura 23 é importante destacar que somente existe faixa sinalizada de travessia de pedestres na Rua Roberto Silveira, porém, destaca-se também os conflitos na rua Osvaldo Aranha visto que se trata da linha de desejo dos pedestres com fluxo considerável.

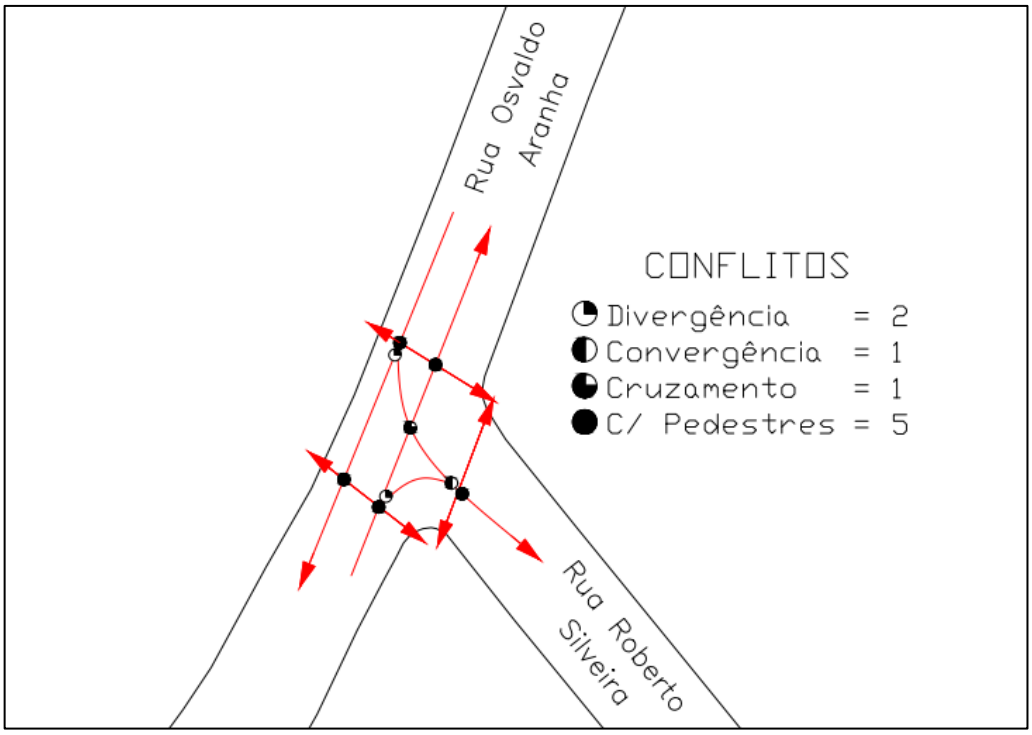


Figura 23: Movimentos e conflitos na interseção C3

Fonte: (GeoWeb Vitória, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

O cruzamento da figura 24 não conta com nenhuma sinalização para pedestres, porém optou-se por inserir o conflito na rua Osvaldo Aranha por também ser um caminho de desejo dos pedestres.

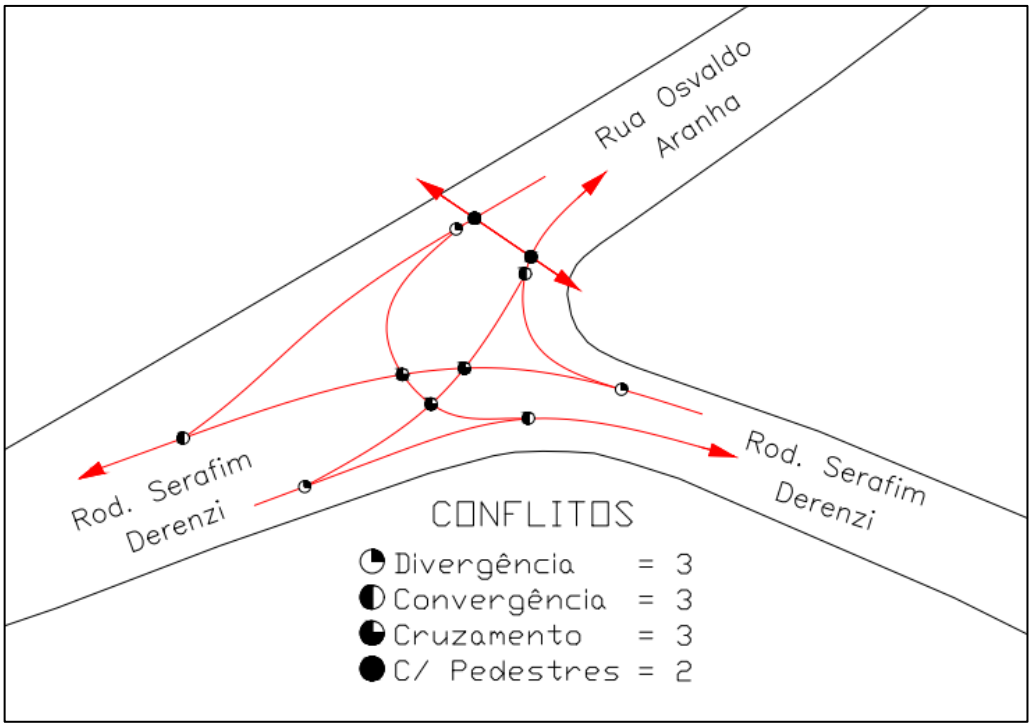


Figura 24: Movimentos e conflitos na interseção C4

Fonte: (GeoWeb Vitória, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

4.3.3 Informações Populacionais da Região

A interseção estudada tem, também, grande relevância quando é analisada quanto a população presente. Conforme pode ser visto na figura 25, o cruzamento está exatamente na região de maior concentração de moradores em idade ativa da cidade, conforme o censo demográfico realizado em 2010. Isso ressalta a importância dessa área como geradora importante de fluxo diário de tráfego.

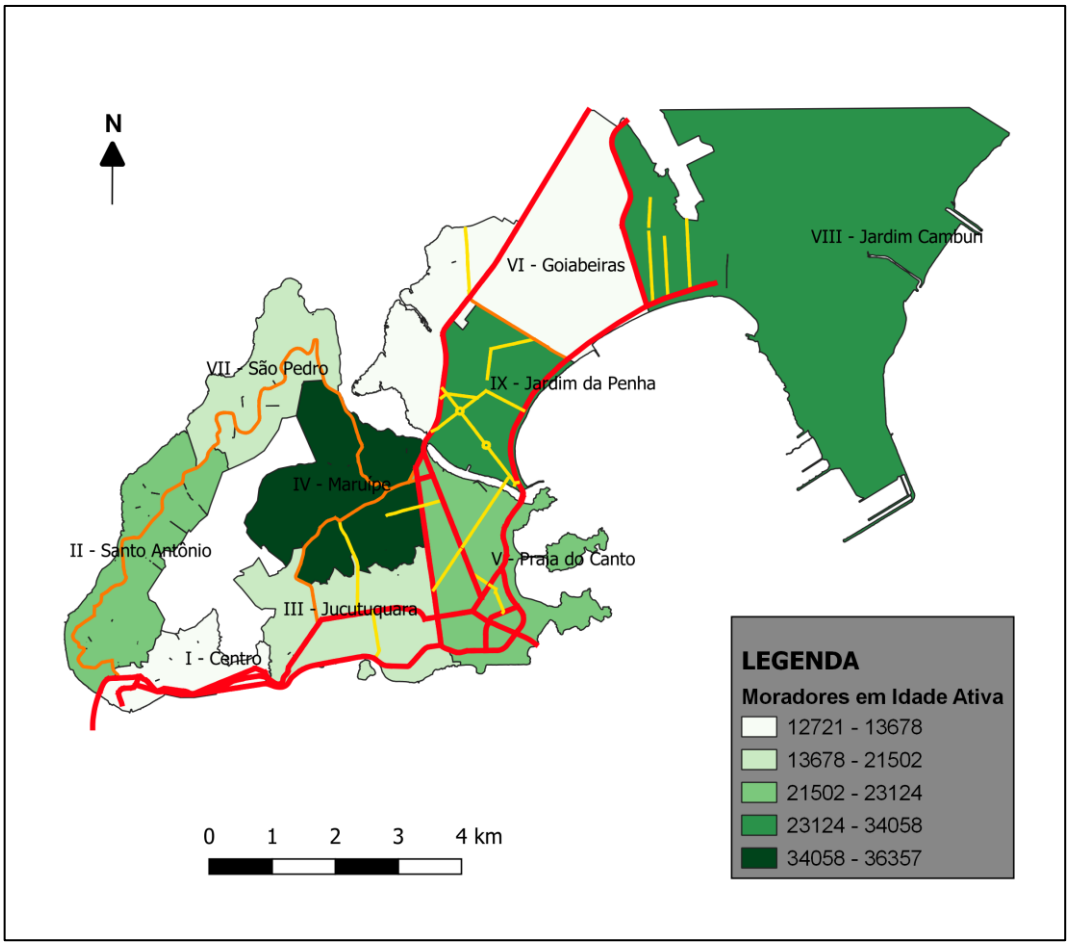


Figura 25: Moradores em Idade Ativa

Fonte: (Censo, 2010), Elaboração: (Autores, 2020)

Ao mesmo tempo, pode-se notar pela figura 26, que o cruzamento está relacionado com a conexão com a região com a menor renda per capita de Vitória (Censo, 2010). A Rodovia Serafim Derenzi é a principal via que passa por essa parte da cidade e dessa forma conecta essa população com o resto do município e com a Região Metropolitana.

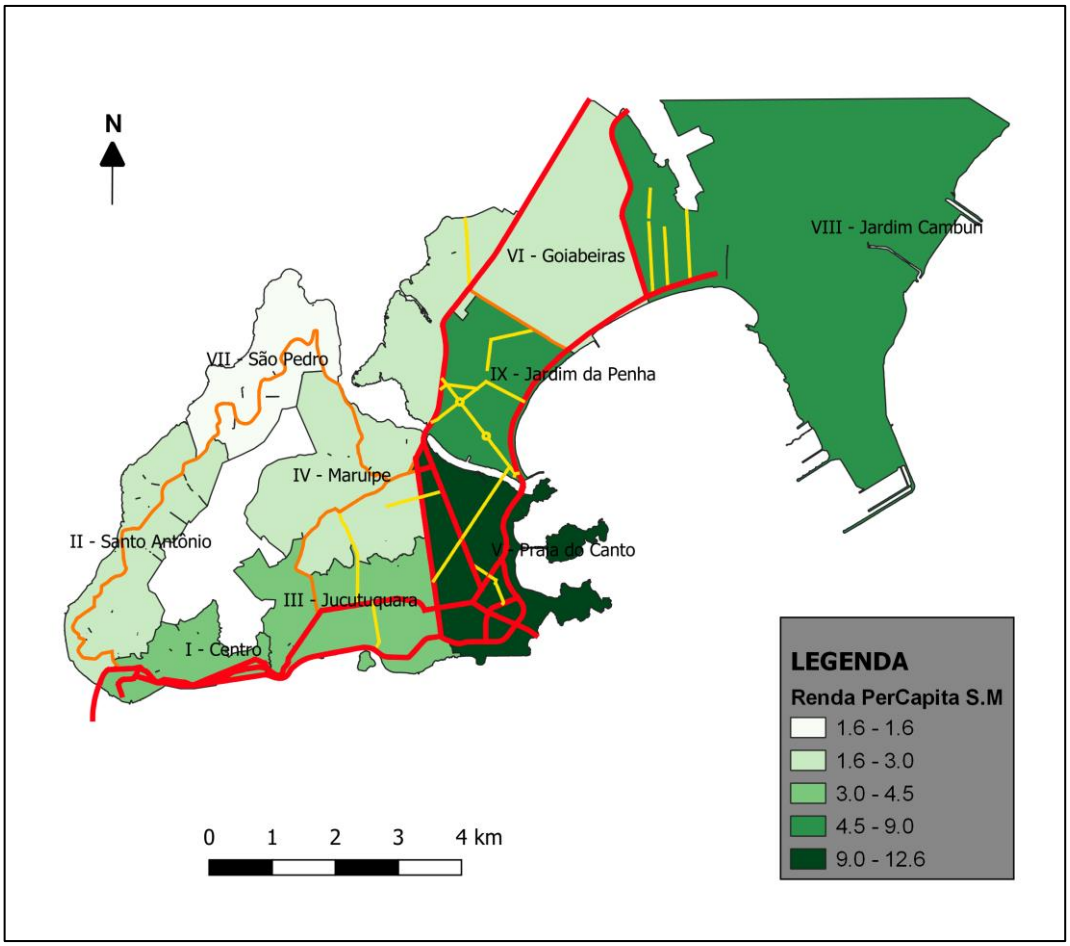


Figura 26: Renda Per Capita no município de Vitória

Fonte: (Censo, 2010), Elaboração: (Autores, 2020)

Boa parte das linhas de ônibus municipais que atendem essa parte do município, por exemplo, passa pela interseção estudada. Diversas linhas do sistema Transcol, que conectam a região com os outros municípios da Região Metropolitana também passam pelo cruzamento estudado. Ou seja, a área estudada tem relevância para uma parcela considerável e importante da população da Região Metropolitana da Grande Vitória.

5 ESTUDO E PROJEÇÃO DA FROTA

5.1 EVOLUÇÃO DA FROTA NA GRANDE VITÓRIA

O Estado do Espírito Santo, segundo o Denatran (2020), possui uma frota de 2.028.691 veículos devidamente emplacados em abril de 2020, sendo 46% destes localizados na Região Metropolitana da Grande Vitória.

Antes de iniciar o estudo da frota, é necessário apresentar algumas definições importantes, conforme determinado pelo Código de Trânsito Brasileiro (1997):

- Automóvel: Veículo automotor destinado ao transporte de passageiros, com capacidade para até oito pessoas, exclusive o condutor;
- Bonde: Veículo de propulsão elétrica que se move sobre trilhos;
- Caminhão: Veículo destinado ao transporte de carga com peso bruto total superior a três mil e quinhentos quilogramas;
- Caminhão-Trator: Veículo automotor destinado a tracionar ou arrastar outro;
- Caminhonete: Veículo destinado ao transporte de carga com peso bruto total de até três mil e quinhentos quilogramas;
- Camioneta: Veículo misto destinado ao transporte de passageiros e carga no mesmo compartimento;
- Ciclomotor: Veículo de duas ou três rodas, provido de um motor de combustão interna, cuja cilindrada não exceda a cinquenta centímetros cúbicos (3,05 polegadas cúbicas) e cuja velocidade máxima de fabricação não exceda a cinquenta quilômetros por hora;
- Micro-ônibus: Veículo automotor de transporte coletivo com capacidade para até vinte passageiros;
- Motocicleta: Veículo automotor de duas rodas, com ou sem sidecar, dirigido por condutor em posição montada;

- Motoneta: Veículo automotor de duas rodas, dirigido por condutor em posição sentada;
- Ônibus: Veículo automotor de transporte coletivo com capacidade para mais de vinte passageiros, ainda que, em virtude de adaptações com vista à maior comodidade destes, transporte número menor;
- Reboque: Veículo destinado a ser engatado atrás de um veículo automotor.
- Semi-Reboque: Veículo de um ou mais eixos que se apoia na sua unidade tratora ou é a ela ligado por meio de articulação;
- Trator: Veículo automotor construído para realizar trabalho agrícola, de construção e pavimentação, e tracionar outros veículos e equipamentos;
- Triciclo: Veículo automotor de três rodas;
- Utilitário: Veículo misto caracterizado pela versatilidade do seu uso, inclusive fora de estrada.

Para fins de estudo, os veículos automotores serão apresentados em 4 classes:

- **Automóveis:** Que compreende apenas os veículos destinados ao transporte de passageiros com até 8 lugares.
- **Motocicletas e similares:** Que engloba as motocicletas, motonetas, ciclomotores e triciclos.
- **Utilitários de pequeno porte:** Caminhonete, camioneta e utilitários de forma geral
- **Outros:** Todos os demais veículos que não se enquadram nos itens anteriores, incluindo ônibus e veículos de carga de grande porte.

A RMGV possuía em março de 2020 uma frota de 935.130 veículos, constituída por 57% de automóveis, 20% de motos e similares, e 23% de outros. Essa composição representa um percentual de automóveis ligeiramente acima da média nacional e abaixo para motos, tendo a média nacional valores próximos dos 54% e 27% para automóveis e motos, respectivamente (Gráfico 1).

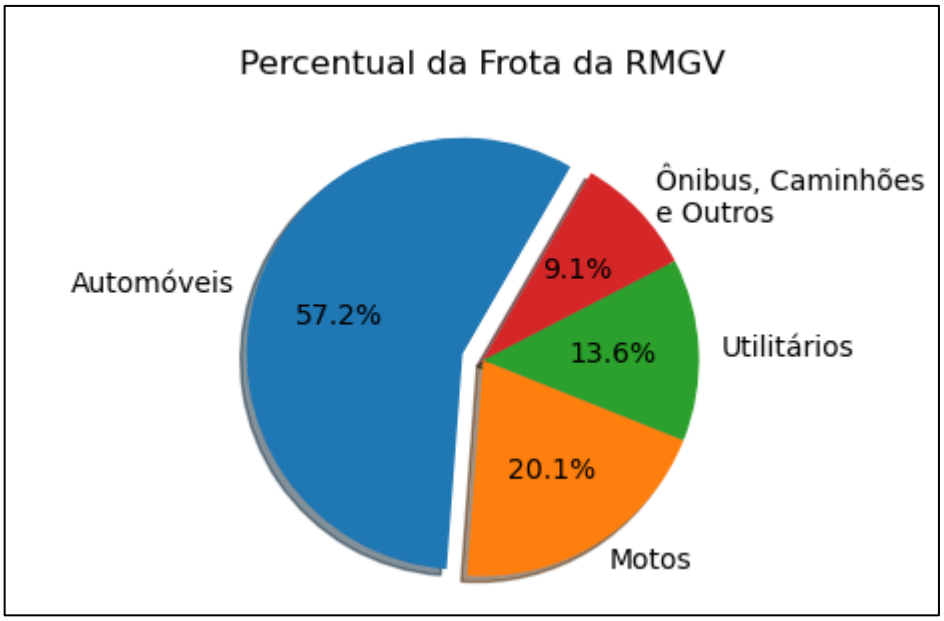


Gráfico 1: Distribuição da frota da RMGV em 2020

Fonte: (DENATRAN, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

O gráfico 2 e o quadro 2, que apresentam a evolução da frota na RMGV, revelam que apesar dos automóveis representarem o maior percentual da frota, foram as motocicletas que tiveram o maior crescimento. No período de estudo de março 2003 a março de 2020, as motocicletas tiveram um aumento de 480%, contra 156% dos automóveis, 311% dos utilitários e 156% dos demais veículos. A frota total teve um aumento de 206%, saindo de um total de 305.150 para 935.130 veículos.

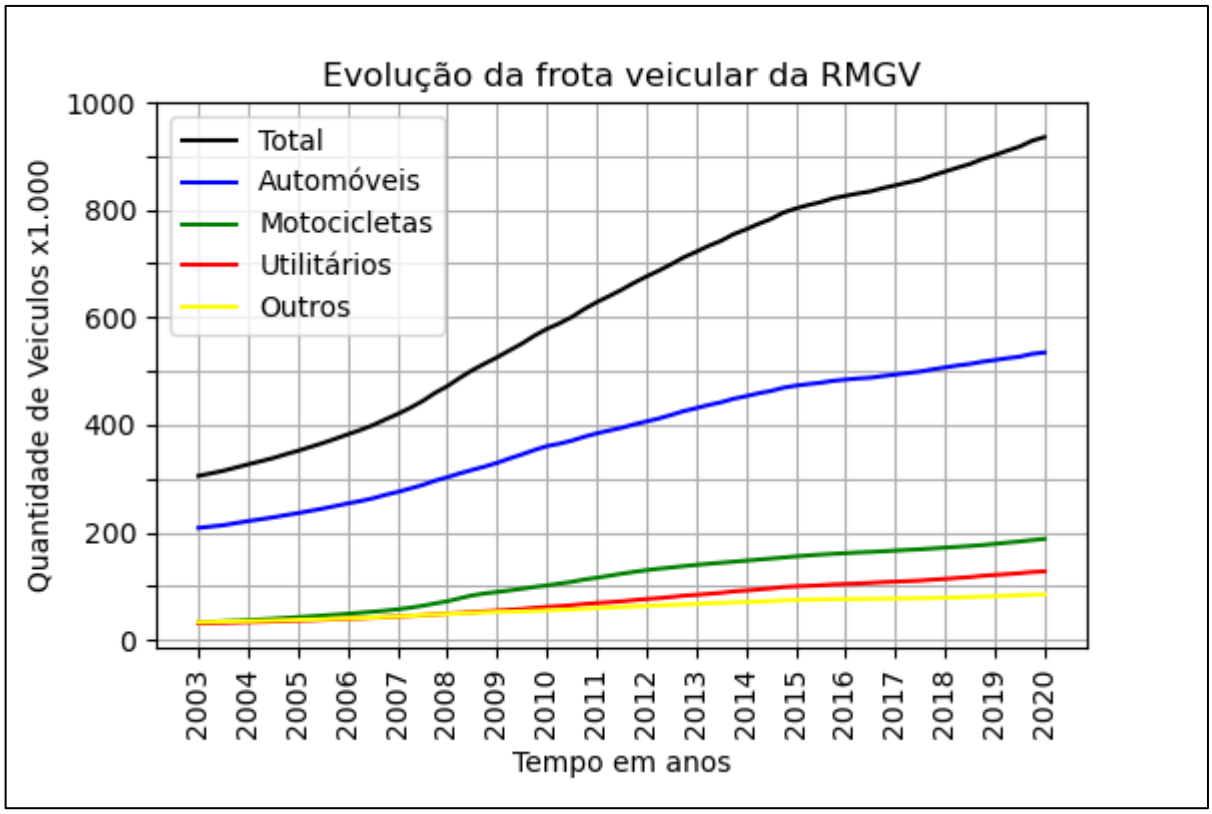


Gráfico 2: Evolução veicular na RMGV entre os anos de 2003 e 2020

Fonte: (DENATRAN, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Quantidade Absoluta					
Ano	Automóveis	Motocicletas	Utilitários	Outros	Total
2003	208.514	32.429	31.076	33.131	305.150
2004	221.155	37.022	33.320	35.219	326.716
2005	235.907	42.425	36.043	37.477	351.852
2006	253.943	48.773	39.445	40.227	382.388
2007	275.270	57.032	43.788	44.022	420.112
2008	302.626	71.962	48.959	48.431	471.978
2009	329.408	89.293	54.588	52.296	525.585
2010	360.463	101.526	61.440	55.007	578.436
2011	384.173	115.745	68.665	59.447	628.030
2012	406.394	129.832	76.251	63.406	675.883
2013	431.096	139.620	84.019	67.116	721.851
2014	453.342	147.558	92.015	70.613	763.528
2015	472.881	155.415	99.694	74.446	802.436
2016	484.265	161.383	104.087	76.111	825.846
2017	493.547	166.276	108.494	77.111	845.428
2018	506.835	171.845	113.644	78.669	870.993
2019	520.556	178.729	120.949	81.456	901.690
2020	534.706	188.019	127.572	84.833	935.130

Quadro 2: Detalhamento da evolução veicular na RMGV entre os anos de 2003 e 2020

Fonte: (DENATRAN, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Os quadros 3 e 4 reforçam o percentual de crescimento de cada componente da frota. O primeiro, apresenta o percentual de crescimento em relação à 2003, enquanto que o segundo demonstra o crescimento relativo ao ano anterior. Veja, que neste último ocorre uma desaceleração no crescimento a partir de 2014 em todos os tipos de veículos.

Taxa de Crescimento em Relação a 2003					
Ano	Automóveis	Motocicletas	Utilitários	Outros	Total
2003	0%	0%	0%	0%	0%
2004	6%	14%	7%	6%	7%
2005	13%	31%	16%	13%	15%
2006	22%	50%	27%	21%	25%
2007	32%	76%	41%	33%	38%
2008	45%	122%	58%	46%	55%
2009	58%	175%	76%	58%	72%
2010	73%	213%	98%	66%	90%
2011	84%	257%	121%	79%	106%
2012	95%	300%	145%	91%	121%
2013	107%	331%	170%	103%	137%
2014	117%	355%	196%	113%	150%
2015	127%	379%	221%	125%	163%
2016	132%	398%	235%	130%	171%
2017	137%	413%	249%	133%	177%
2018	143%	430%	266%	137%	185%
2019	150%	451%	289%	146%	195%
2020	156%	480%	311%	156%	206%

Quadro 3: Percentual de crescimento da frota da RMGV em relação a 2003

Fonte: (DENATRAN, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Taxa de Crescimento em relação ao ano anterior					
Ano	Automóveis	Motocicletas	Utilitários	Outros	Total
2004	6%	14%	7%	6%	7%
2005	7%	15%	8%	6%	8%
2006	8%	15%	9%	7%	9%
2007	8%	17%	11%	9%	10%
2008	10%	26%	12%	10%	12%
2009	9%	24%	11%	8%	11%
2010	9%	14%	13%	5%	10%
2011	7%	14%	12%	8%	9%
2012	6%	12%	11%	7%	8%
2013	6%	8%	10%	6%	7%
2014	5%	6%	10%	5%	6%
2015	4%	5%	8%	5%	5%
2016	2%	4%	4%	2%	3%
2017	2%	3%	4%	1%	2%
2018	3%	3%	5%	2%	3%
2019	3%	4%	6%	4%	4%
2020	3%	5%	5%	4%	4%

Quadro 4: Percentual de crescimento da frota da RMGV em relação ao ano anterior

Fonte: (DENATRAN, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

É importante destacar o acelerado aumento da frota entre os anos de 2006 e 2014 que está ligado ao alto crescimento do PIB e às políticas de incentivo ao consumo como a redução de IPI e as baixas taxas de juros. A partir de 2015, com o agravo da crise econômica, observa-se uma nova configuração de crescimento levemente menor, mas ainda positiva.

Espera-se que nos próximos 15 anos o crescimento da frota siga aproximadamente a mesma taxa dos anos entre 2015 e 2020 ou inferior, tendo o avanço concentrado principalmente nas motocicletas e utilitários em detrimento dos automóveis para transporte individual. Isso é justificado devido a atual crise econômica e pela provável recessão global ocasionada pelo novo coronavírus Sars-CoV-2.

É notório que a pandemia vai resultar em uma grande cicatriz em toda a sociedade, não só pelas vidas perdidas, mas também pelas mudanças socioculturais. O mundo não será mais o mesmo, o que é observado na popularização do trabalho *home-office* no meio corporativo e também na evolução do comércio *online*.

Segundo o jornal Gazeta do Povo (BASÍLIO, 2020): O diretor-executivo e fundador do Facebook, Marck Zuckerberg, afirma que pretende permitir que alguns empregados trabalhem em casa permanente no pós pandemia e estima que o trabalho remoto pode representar até 50% da força de trabalho nos próximos cinco a dez anos. A empresa Zee.Dog, startup brasileira, diz ter registrado aumento de produtividade e *feedback* positivo dos funcionários e pretende ter flexibilidade e manter o *home-office* mesmo após o fim da quarentena.

Mas estes não são os únicos, a consolidação do trabalho em casa no pós pandemia também foi anunciado pelo Twitter, Xp-Investimentos, LafargeHolcim, BRQ Digital Solutions, CVC e muitas outras empresas do Brasil e do exterior como pode ser visto também na notícia de Campos e Bigarelli (2020) no jornal Globo de São Paulo.

E assim como o *home-office*, existe também, um crescimento bastante acelerado nas compras *online* como pode ser visto na matéria de Ghirello (2020) na seção de economia do R7, com empresas relatando crescimentos da ordem de 70 a 80% no *delivery* durante a pandemia. E confirmando esses dados, em dezembro de 2020, o NUBANK através de um artigo informou que houve aumento em 73% de compras online na Black Friday.

Além disso é necessário avaliar, ainda, que todo esse cenário é agravado pela redução crescente do interesse do jovem pelo automóvel. Newman e Kenworthym (2011) apresentam dados de 25 cidades e conclui que o fenômeno do pico de uso de carros já tem se estabelecido nas cidades do mundo desenvolvido e parecer ser devido a uma combinação de fatores como:

- Limites físicos estabelecidos pela incapacidade dos carros de continuar causando expansão urbana;
- O rápido crescimento do trânsito;
- Redução do uso do carro por idosos e jovens devido à cultura emergente do urbanismo;
- O crescimento do preço do combustível;
- O crescimento e a melhoria do transporte público;

Tal desinteresse das gerações mais novas e a estabilização do crescimento da frota de automóveis individuais já começa a ser perceptíveis no cenário capixaba, sobretudo quando se avalia as estatísticas de condutores por faixa etária. O gráfico 3 apresenta as informações quanto ao número de condutores de 18 a 30 anos, enquanto que o gráfico 4 detêm os dados a partir dos 30. Observe que existe uma tendência de redução de condutores por parte das novas gerações em comparação com as gerações mais antigas que seguem em crescimento acentuado.

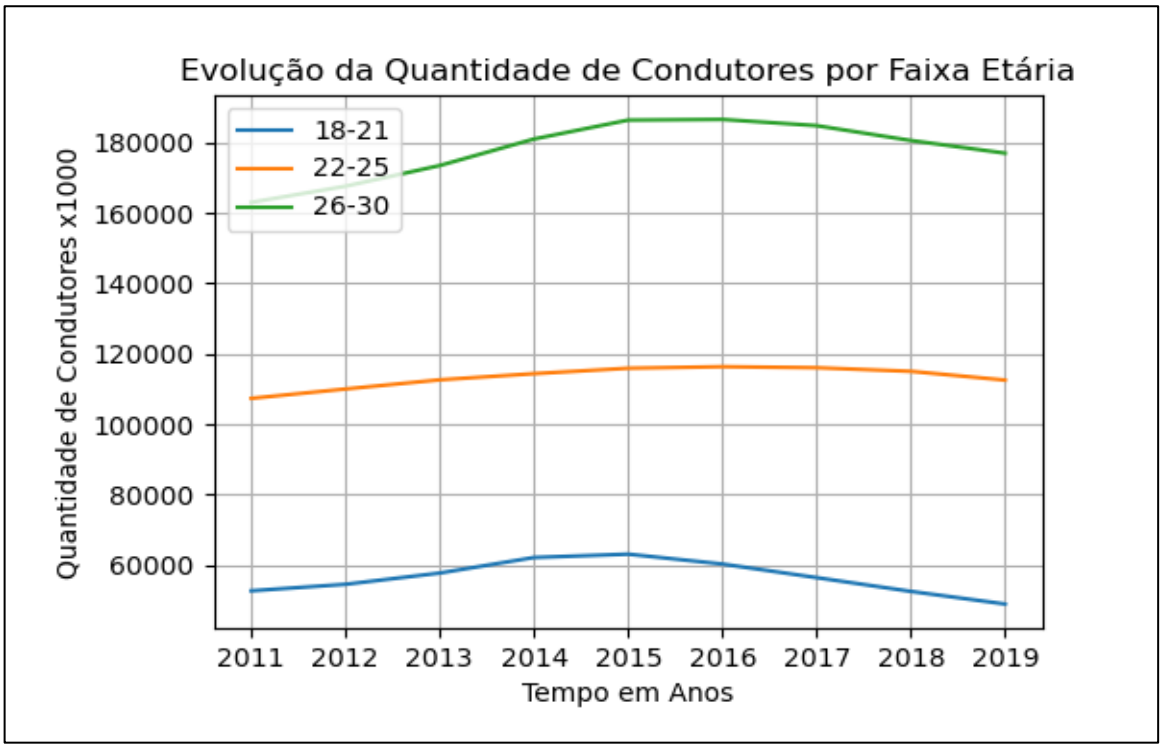


Gráfico 3: Evolução da quantidade de condutores capixabas de 18 a 30 anos

Fonte: (DENATRAN, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

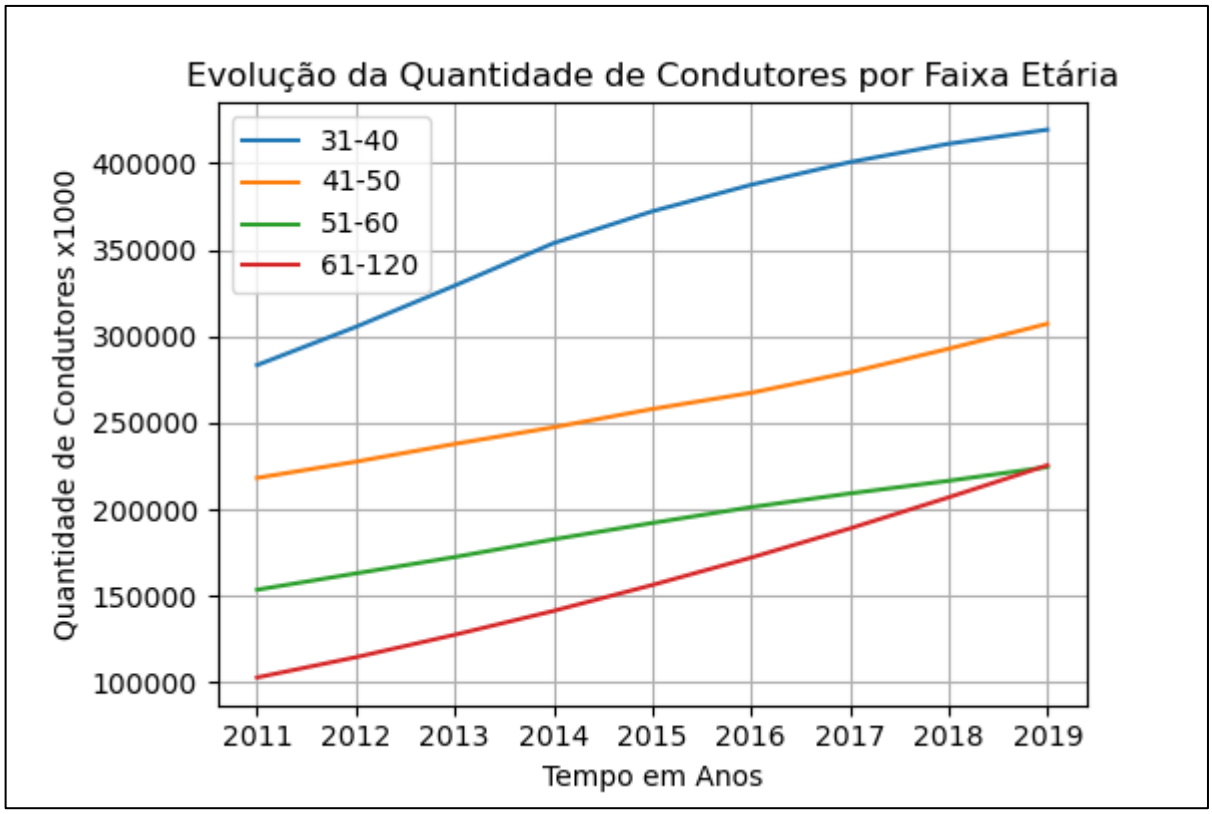


Gráfico 4: Evolução da quantidade de condutores capixabas com mais de 30 anos

Fonte: (DENATRAN, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

No gráfico 5 é apresentado as taxas de crescimento de condutores habilitados no Espírito Santo em relação ao ano anterior para as faixas de 18-30, 31-40 e maiores que 41 anos. Repare que desde 2016 a classe de 18 a 30 anos tem crescimento negativo e que a classe de 31 a 40 vem se desacelerando, devendo atingir valores negativos em meados de 2023 se for mantido esta taxa de desaceleração.

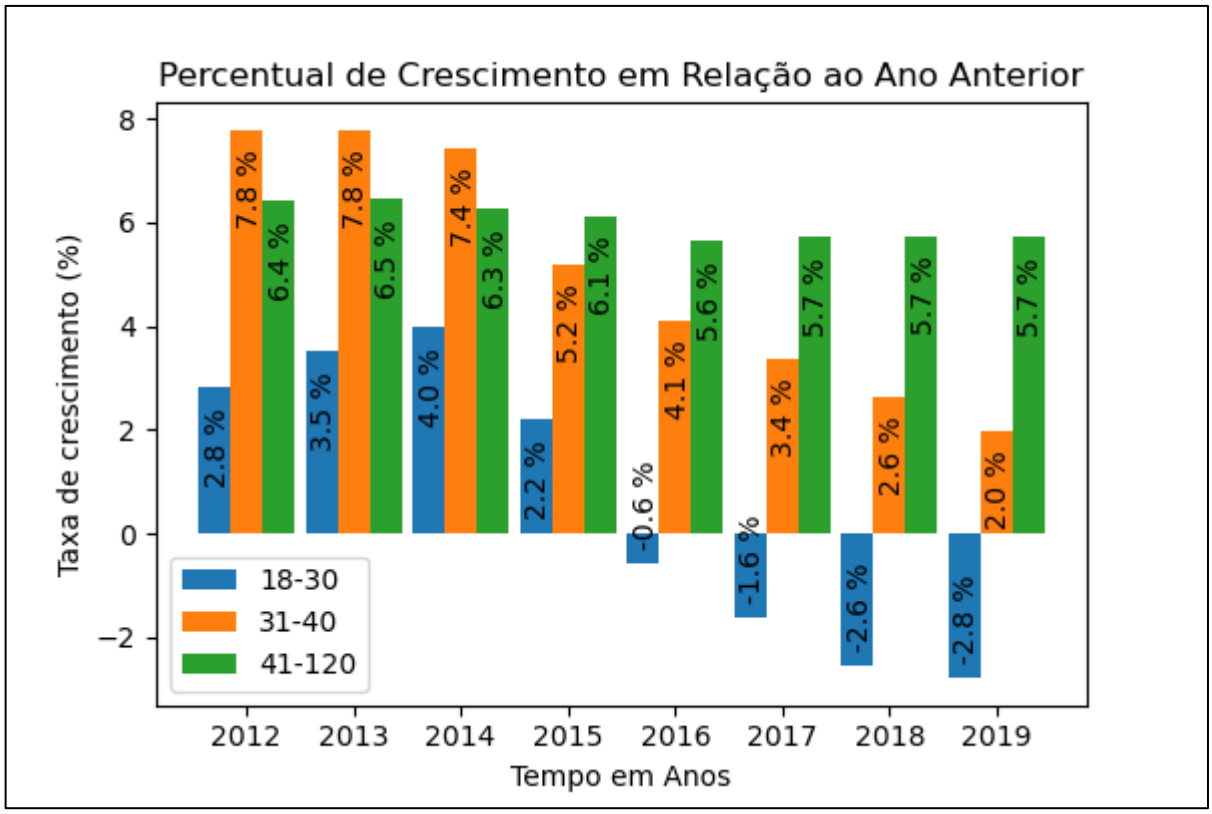


Gráfico 5: Taxa de crescimento de condutores habilitados no ES

Fonte: (DENATRAN, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

É importante destacar, ainda, o investimento que está sendo realizado pelo Governo do estado do Espírito Santo (Gov-ES) no sistema de transporte coletivo metropolitano (Transcol) com a implantação de ônibus com ar-condicionado e desenvolvimento do cartão único metropolitano. Também devem ser ressaltados os esforços das prefeituras, especialmente as de Vitória e Serra, na promoção do transporte não motorizado através, não só da construção e interligação das ciclovias, como também pelas ampliações dos sistemas de bicicletas compartilhadas que devem auxiliar na redução do crescimento da frota e das viagens por meios motorizados.

Finalmente, deve ser ressaltado o avanço significativo da utilização por parte da população de veículos de aplicativos como UBER, 99Pop, Cabify, Wappa, inDriver, dentre outros.

5.2 PROJEÇÃO DA FROTA

O DNIT, no seu manual de projetos de interseções (2005) e no manual de estudo de tráfego (2006), recomenda adotar para os estudos de interseções a projeção para apenas 10 anos a partir da liberação do tráfego. Com o propósito de evitar a ociosidade por longo período de investimento e as transgressões da sinalização devido ao superdimensionamento.

No entanto, optou-se por realizar projeções de crescimento da frota para os 10 anos, conforme as recomendações dos manuais; mas também, para 15 anos, já levando em consideração o tempo de planejamento e implantação das modificações. Além de considerar um prazo conveniente para que novas modificações futuras possam ser planejadas e executadas. Essas projeções de crescimento da frota, servirão como base para as projeções de crescimento do tráfego na interseção.

Decidiu-se por trabalhar com regressões simples calculadas através de processos iterativos por meios de um script produzido em python que define os coeficientes (a, b, c) das curvas por meio de iterações sucessivas. Foram, então, definidas diversas curvas que se adequam bem aos dados apresentados, todas com coeficiente de determinação (R^2) da ordem de 99%. Tais curvas foram extrapoladas até 2035 de forma a descrever possíveis crescimentos da frota. O DNIT (2006) apresenta diversas possibilidades de equações para regressão simples, no qual cada uma possui a sua própria forma de crescimento e cabe ao projetista optar pela melhor decisão. Optou-se por trabalhar com 4 formulações que se adequam bem a amostra e apresentam uma tendência compatível com as premissas descritas anteriormente. São elas:

- Função Linear (A):

$$Y(T) = a \times T + b \qquad (1)$$

- Função Quadrática (B):

$$Y(T) = a \times T^2 + b \times T + c \qquad (2)$$

- Função Gompertz (C):

$$Y(T) = c \times e^{-a \times e^{-b \times T}} \quad (3)$$

- Função Logística (D):

$$Y(T) = \frac{c}{1 + a \times e^{-b \times T}} \quad (4)$$

A função de Gompertz apesar de não estar listada no manual do DNIT (2006) e não ser comumente utilizada na projeção de tráfego aparenta ser uma boa projeção para a situação. Optou-se por trabalhar também com essa projeção devido ao seu formato que tende a uma assíntota horizontal que representa uma tendência de estabilização futura no crescimento da frota devido a capacidade máxima da cidade, conforme apontado por Newman e Kenworthym (2011). Esse modelo de previsão também foi utilizado por Santos, Favaro e Parente (2010) para estimar o crescimento do consumo de etanol no Brasil e por Fialho (1999), no comunicado técnico 237 da Embrapa, onde descreve o crescimento animal.

Todas as projeções, como dito anteriormente, são frutos de extrapolações de equações obtidas por meio de regressões. É sabido que a real tendência de crescimento pode divergir bastante de tais previsões e cabe aos projetistas adequar tais formulações ao cenário político-econômico previsto. Mesmo assim, é esperado que o crescimento da frota se adeque a um valor neste intervalo limitado por tais curvas já considerando todos os efeitos das crises atuais.

A pandemia é algo muito recente na sociedade, espera-se a popularização do *home-office*, o aumento dos *deliverys* e a permanência do afastamento social por um certo tempo; porém, é difícil estimar como a crise vai impactar no dinamismo das cidades. Até o momento, prever o impacto pós-crise é um exercício de futurologia bastante complicado, no entanto, acredita-se que o coronavírus causará uma redução no crescimento da frota devido a todos os fatores anteriormente mencionados, principalmente em automóveis individuais. Espera-se, contudo, que as motocicletas não sejam atingidas por essa crise devido ao seu baixo valor de aquisição, ao medo

das pessoas em frequentar as aglomerações do transporte público e por estar fortemente relacionada com os serviços de entrega.

Portanto, para fins de cálculo, assume-se que a frota em geral deva seguir um crescimento próximo a projeção quadrática (B) com exceção das motocicletas que devem seguir um crescimento um pouco superior, próximo a média entre a equação quadrática (B) e a linear (A), e os utilitários que devem seguir a projeção de Gompertz (C).

O gráfico 6 apresenta os cenários de crescimento para a frota total da RMGV até 2035, sendo que em março de 2020 a frota da região era composta por aproximadamente 935.130 veículos; e considerando A e D, tem-se que ela atingirá um valor entre 1.333.185 e 1.040.868 em 2030 e algo entre 1.535.569 e 1.058.126 em 2035. Pela curva (B), é esperado um crescimento de 27% em 10 anos e 35% em 15 anos.

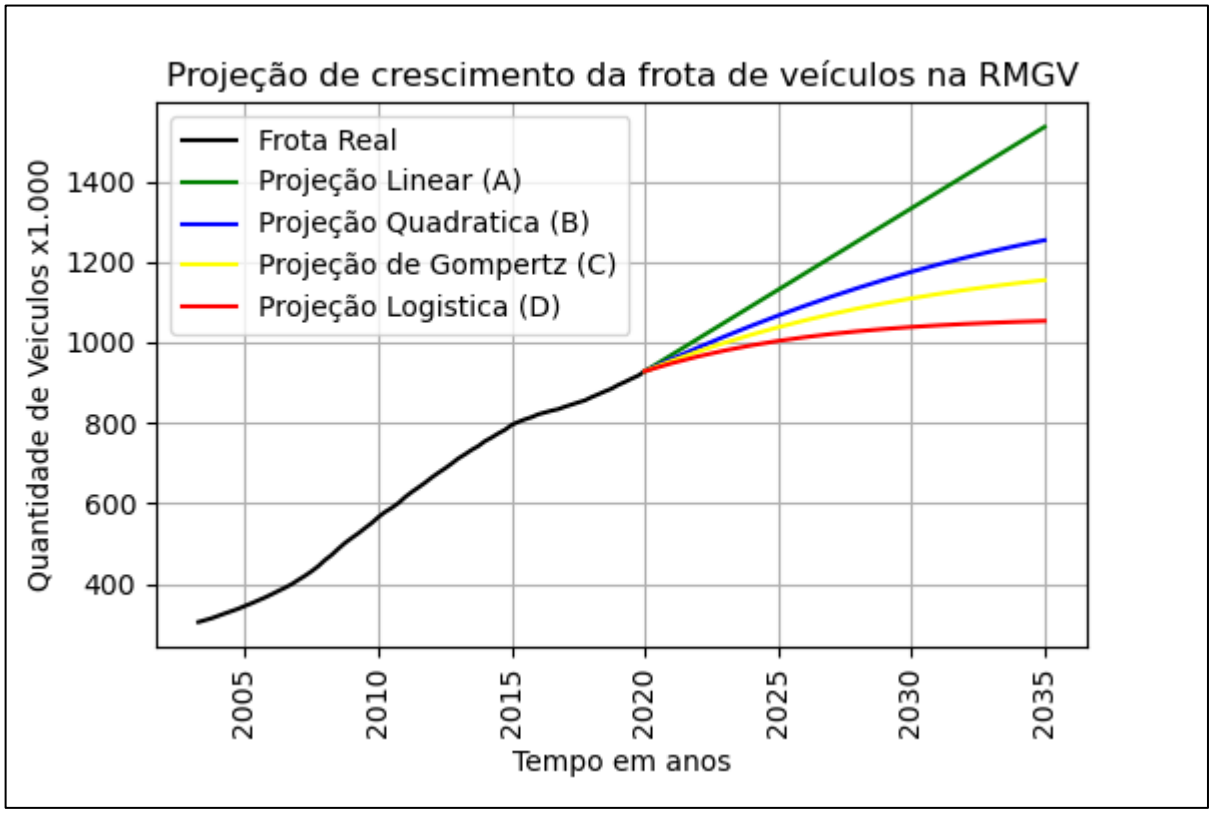


Gráfico 6: Projeção de crescimento de toda a frota da RMGV

Fonte: (DENATRAN, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

As regressões que originaram estas projeções apresentam um coeficiente de determinação (R^2) de:

- Linear: R^2 = 98,78%
- Quadrática: R^2 = 99,21%
- de Gompertz: R^2 = 99,49%
- Logistica: R^2 = 99,70%

Mostrando, assim, serem regressões bastante consistente. Todas as projeções, foram ajustadas verticalmente de forma que o início de cada uma fosse coincidente com o tamanho da frota em 2020 preservando o formato de crescimento da curva.

No caso de motocicletas, em específico, prevê-se um crescimento próximo à média entre as curvas A e B indicadas no gráfico 7. A motocicleta é um meio de transporte de fácil aquisição e pode apresentar um crescimento superior no pós-pandemia em relação aos demais modais. As curvas apresentaram coeficiente R^2 igual à:

- Linear: R^2 = 97,83%
- Quadrática: R^2 = 98,67%
- de Gompertz: R^2 = 99,41%
- Logistica: R^2 = 99,67%

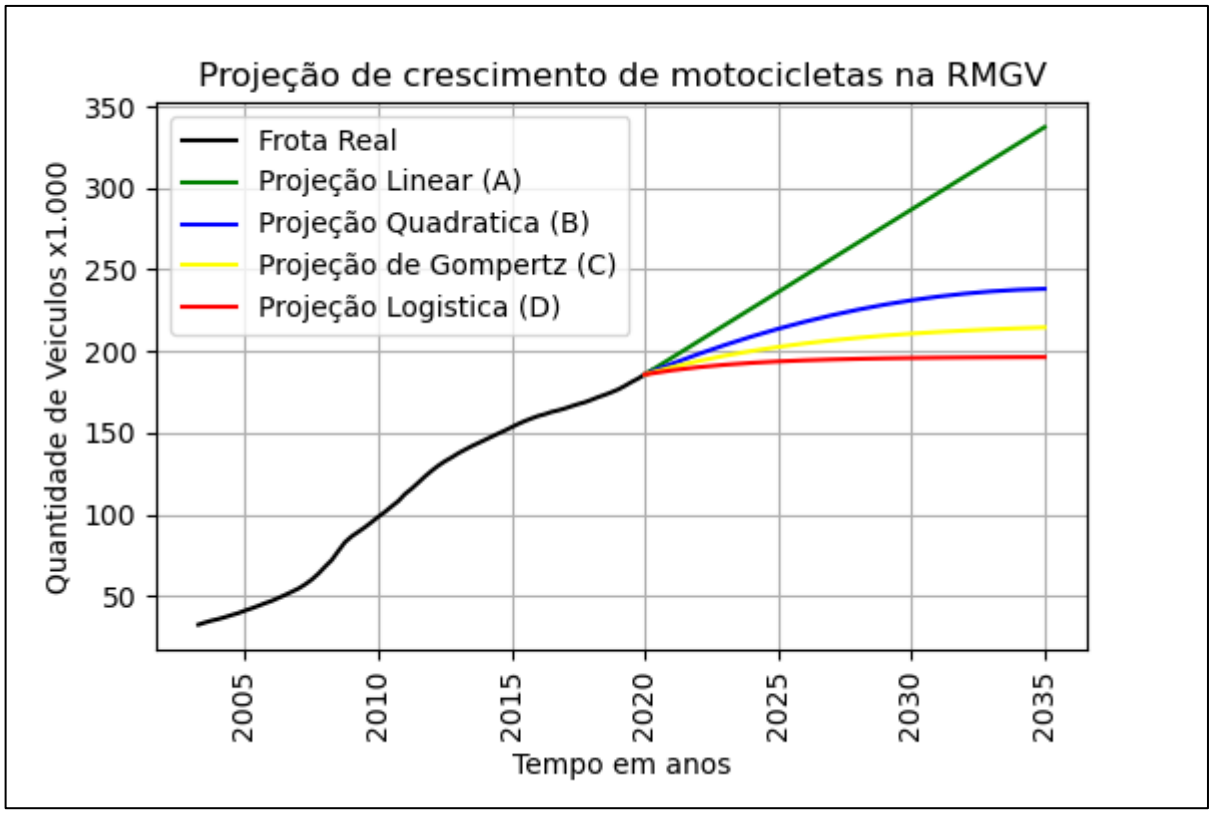


Gráfico 7: Projeção de crescimento de motocicletas na RMGV

Fonte: (DENATRAN, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Assumindo que o crescimento de motocicletas deve se manter entre as duas curvas, optou-se por calcular a média entre os dados assumindo os seguintes valores: para 2030, a frota de motocicletas na RMGV atingirá uma marca de aproximadamente 258.980 veículos, um crescimento de 39% em relação a frota atual de 185.712 exemplares. 5 anos depois, em 2035, será atingida a marca de 287.748 motocicletas representando um crescimento de 55% em relação à 2020.

No caso de automóveis a situação é inversa, espera-se um crescimento abaixo da projeção B. No entanto, utilizou-se a curva B de forma conservadora como projeção para o crescimento. Dessa forma, temos que: em 2030 será atingida a marca de 632.767 automóveis. representando um crescimento de 19% em 10 anos. Enquanto que em 2035 é esperado um total de 652.216 veículos totalizando um avanço de 23% em relação a 2020 (Gráfico 8). As regressões, neste caso, apresentaram valores de coeficiente de determinação de:

- Linear: R^2 = 98,54%
- Quadrática: R^2 = 99,29%
- de Gompertz: R^2 = 99,50%
- Logistica: R^2 = 99,68%

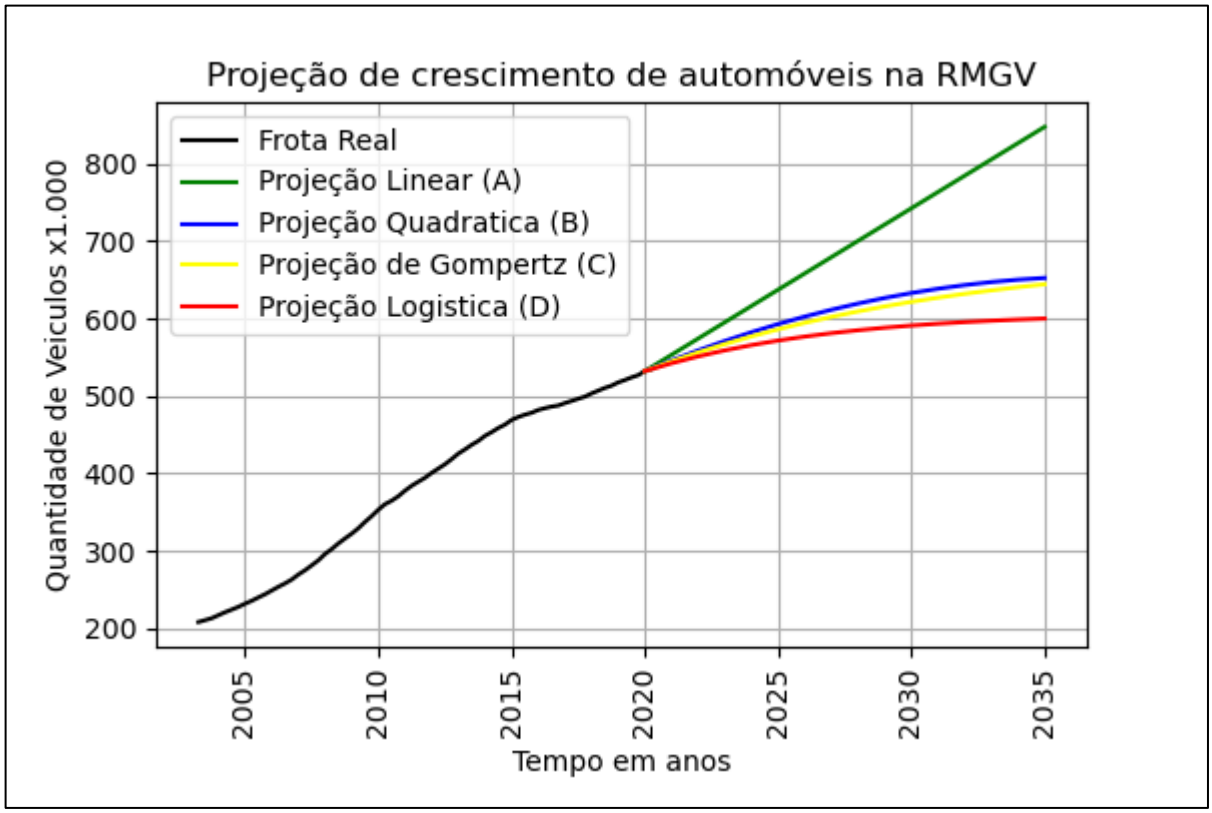


Gráfico 8: Projeção de crescimento de automóveis na RMGV

Fonte: (DENATRAN, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Quanto aos utilitários, estes devem manter um crescimento percentual superior aos veículos individuais, principalmente pelo crescimento dos serviços de entrega. No entanto, vê-se que a curva B seguiu uma previsão que foge às premissas de redução do crescimento da frota que foi dito anteriormente; estando superior, inclusive, à projeção linear. Por conta disso, optou-se em adotar um crescimento semelhante à curva C, onde é esperado um crescimento de 44% em 10 anos e 60% em 15 (Gráfico 9). As projeções apresentaram os seguintes coeficientes de determinação:

- Linear: R^2 = 98,98%
- Quadrática: R^2 = 99,31%
- de Gompertz: R^2 = 99,53%
- Logistica: R^2 = 99,69%

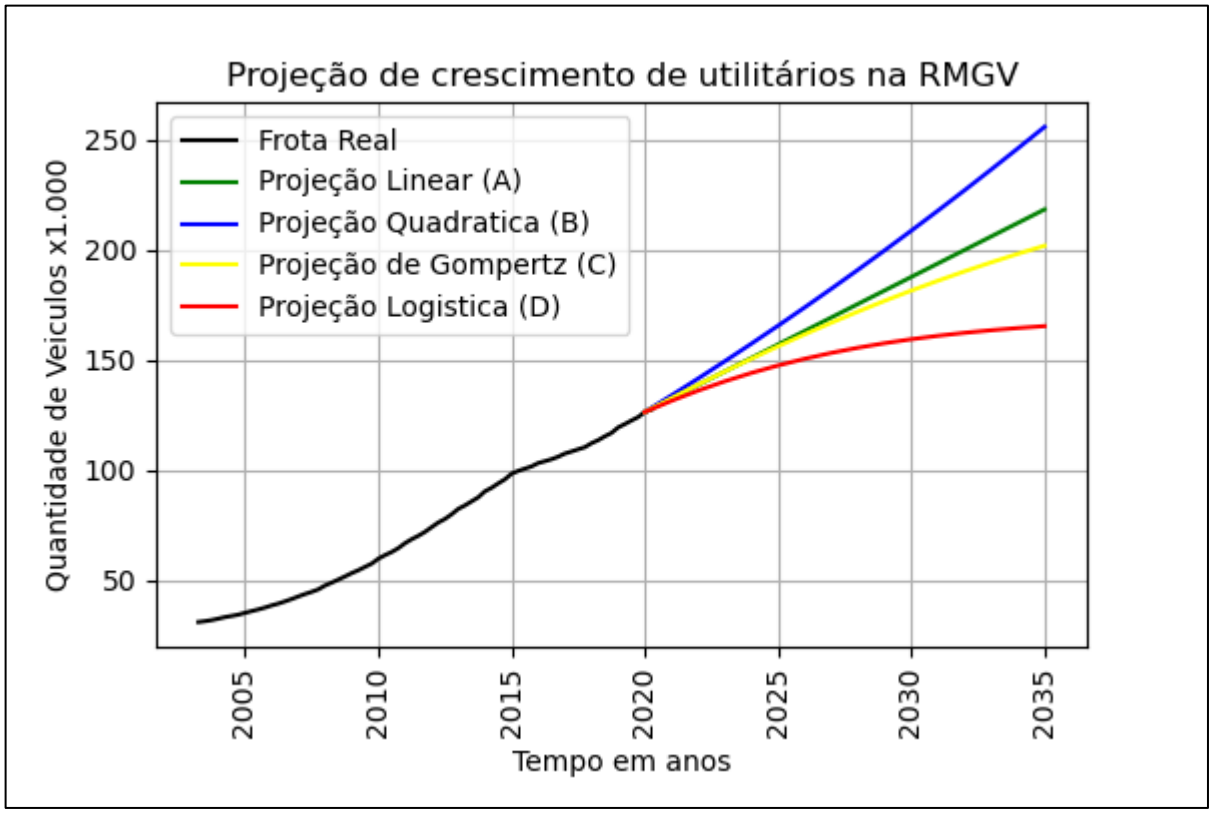


Gráfico 9: Projeção de crescimento de utilitários na RMGV

Fonte: (DENATRAN, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Em relação aos demais veículos (caminhões e ônibus), assim como para automóveis particulares, adotou-se a curva B de crescimento como projeção futura. Nota-se um crescimento de 22% e 28% para 10 e 15 anos, respectivamente, atingindo uma marca de 102.567 veículos em 2030 e 107.744 em 2035 (Gráfico 10). As projeções tiverem coeficiente R^2 igual a:

- Linear: R^2 = 98,79%
- Quadrática: R^2 = 99,31%
- de Gompertz: R^2 = 99,48%
- Logistica: R^2 = 99,63%

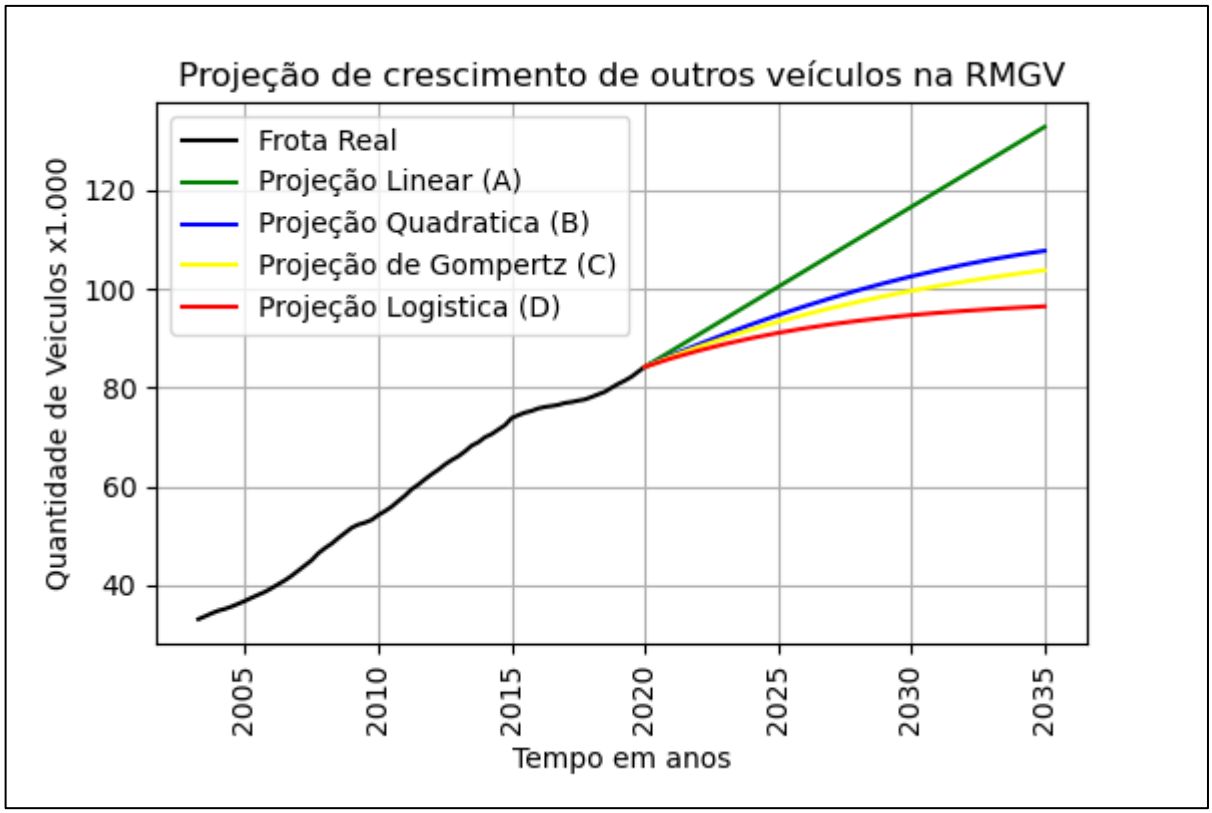


Gráfico 10: Projeção de crescimento dos demais veículos na RMGV

Fonte: (DENATRAN, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Com o intuito de demonstrar as projeções de forma mais completa, os quadros 5 a 8 apresentam de forma detalhada a quantidade de veículos estimada nos próximos anos e as suas respectivas taxas de crescimento para as curvas A, B, C e D, respectivamente.

Quantidade Absoluta					
Ano	Automóveis	Motocicletas	Utilitários	Outros	Total
2020	532.036	185.712	126.431	84.240	928.419
2025	637.022	236.244	157.091	100.446	1.130.803
2030	742.007	286.775	187.752	116.651	1.333.185
2035	846.993	337.307	218.412	132.857	1.535.569
Taxa de Crescimento em Relação a 2020					
Ano	Automóveis	Motocicletas	Utilitários	Outros	Total
2020	0%	0%	0%	0%	0%
2025	20%	27%	24%	19%	22%
2030	39%	54%	49%	38%	44%
2035	59%	82%	73%	58%	65%

Quadro 5: Estimativa de crescimento conforme projeção A

Fonte: (DENATRAN, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Quantidade Absoluta					
Ano	Automóveis	Motocicletas	Utilitários	Outros	Total
2020	532.036	185.712	126.431	84.240	928.419
2025	592.707	213.693	165.615	94.732	1.066.747
2030	632.767	231.185	208.763	102.567	1.175.282
2035	652.216	238.189	255.876	107.744	1.254.025
Taxa de Crescimento em Relação a 2020					
Ano	Automóveis	Motocicletas	Utilitários	Outros	Total
2020	0%	0%	0%	0%	0%
2025	11%	15%	31%	12%	15%
2030	19%	24%	65%	22%	27%
2035	23%	28%	102%	28%	35%

Quadro 6: Estimativa de crescimento conforme projeção B

Fonte: (DENATRAN, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Quantidade Absoluta					
Ano	**Automóveis**	**Motocicletas**	**Utilitários**	**Outros**	**Total**
2020	532.036	185.712	126.431	84.240	928.419
2025	585.969	202.581	156.267	93.352	1.038.169
2030	621.423	210.744	181.571	99.624	1.113.362
2035	644.040	214.559	201.941	103.812	1.164.352
Taxa de Crescimento em Relação a 2020					
Ano	**Automóveis**	**Motocicletas**	**Utilitários**	**Outros**	**Total**
2020	0%	0%	0%	0%	0%
2025	10%	9%	24%	11%	12%
2030	17%	13%	44%	18%	20%
2035	21%	16%	60%	23%	25%

Quadro 7: Estimativa de crescimento conforme projeção C

Fonte: (DENATRAN, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Quantidade Absoluta					
Ano	**Automóveis**	**Motocicletas**	**Utilitários**	**Outros**	**Total**
2020	532.036	185.712	126.431	84.240	928.419
2025	571.482	193.712	147.564	91.116	1.003.874
2030	590.849	195.832	159.471	94.716	1.040.868
2035	599.835	196.372	165.429	96.490	1.058.126
Taxa de Crescimento em Relação a 2020					
Ano	**Automóveis**	**Motocicletas**	**Utilitários**	**Outros**	**Total**
2020	0%	0%	0%	0%	0%
2025	7%	4%	17%	8%	8%
2030	11%	5%	26%	12%	12%
2035	13%	6%	31%	15%	14%

Quadro 8: Estimativa de crescimento conforme projeção D

Fonte: (DENATRAN, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

O quadro 9 apresenta os valores que serão utilizados para cálculo conforme o que foi pontuado acima. Dessa forma, é esperado um crescimento geral da frota em 35% para 2035. Foram adotados os seguintes critérios:

- Para Automóveis: Crescimento conforme curva B;
- Para Motocicletas: Crescimento na média entre A e B;
- Para Utilitários: Crescimento de acordo com a curva C;
- Para demais veículos: Crescimento segundo B.

Quantidade Absoluta					
Ano	**Automóveis**	**Motocicletas**	**Utilitários**	**Outros**	**Total**
2020	532.036	185.712	126.431	84.240	928.419
2025	592.707	224.969	156.267	94.732	1.068.675
2030	632.767	258.980	181.571	102.567	1.175.885
2035	652.216	287.748	201.941	107.744	1.249.649
Taxa de Crescimento em Relação a 2020					
Ano	**Automóveis**	**Motocicletas**	**Utilitários**	**Outros**	**Total**
2020	0%	0%	0%	0%	0%
2025	11%	21%	24%	12%	15%
2030	19%	39%	44%	22%	27%
2035	23%	55%	60%	28%	35%

Quadro 9: Estimativa de crescimento de cálculo

Fonte: (DENATRAN, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Em todo o caso, apesar de seguir tais projeções para fins de planejamento é necessário, ainda, realizar uma verificação se a estrutura projetada suportaria um crescimento conforme a curva linear (A) que tende a ter valores superiores às demais (Quadro 5).

6 CONTAGENS

Devido a pandemia do novo coronavírus Sars-CoV-2, não foi possível realizar uma contagem preliminar em campo. Assim, obteve-se com a prefeitura de Vitória a contagem mais recente da localidade que infelizmente é datada do ano de 2006. Entende-se que a contagem está bastante defasada e pode não representar as condições reais. No entanto, como os efeitos da quarentena ainda persistem não sendo possível realizar contagens de campo em tempo hábil, optou-se por embasar todos os cálculos nessa contagem projetando-a para 2020, 2030 e 2035 conforme o crescimento da frota.

A contagem fornecida pela prefeitura dividiu os veículos em apenas 3 classes: automóveis, ônibus e caminhões. Não há informação quanto às motocicletas, se foram desconsideradas ou se estão inseridas dentro da classe de automóveis. Também não há informação sobre utilitários, porém acredita-se que foram incorporados na classe de automóveis.

A contagem, ainda, possui outros fatores a serem considerados: Um deles é que foi realizada somente no pico da tarde o que nos impede de realizar um estudo atendendo também o pico da manhã e do almoço. Além disso foram avaliados somente um dia da semana de encontro às recomendações do manual de projeto de interseções (DNIT, 2005) que recomenda avaliar 3 dias da semana de forma a incluir eventuais picos semanais. Outro fator importante é que não foram realizadas contagens de pedestres o que seria interessante visto o alto fluxo de pedestres perceptíveis na interseção.

Por conta desses fatores, e principalmente, considerando o tempo de defasagem desta contagem, recomenda-se a validação das simulações através de contagens futuras antes da implantação das soluções propostas neste trabalho de forma a garantir que os projetos atenderão adequadamente a localidade. Acredita-se, porém, que mesmo com essa contagem será possível avaliar melhorias no local aumentando a segurança e a capacidade da interseção e adjacências.

6.1 DADOS DE 2006

A figura 27 apresenta e nomeia as 4 interseções que serão contempladas pelo projeto conforme já mencionado no item 4.3.2 deste documento. A prefeitura de Vitória forneceu dados de contagem na interseção C1 e C4 conforme pode ser visto nas figuras 28 e 29, respectivamente. A determinação da hora pico e dos 15 minutos mais solicitados foi determinada através do maior volume equivalente na interseção principal C1. A interseção C4 possui uma hora pico deslocada em relação a C1, porém, para efeitos de compatibilização foram adotados os horários determinados através do fluxo de C1.

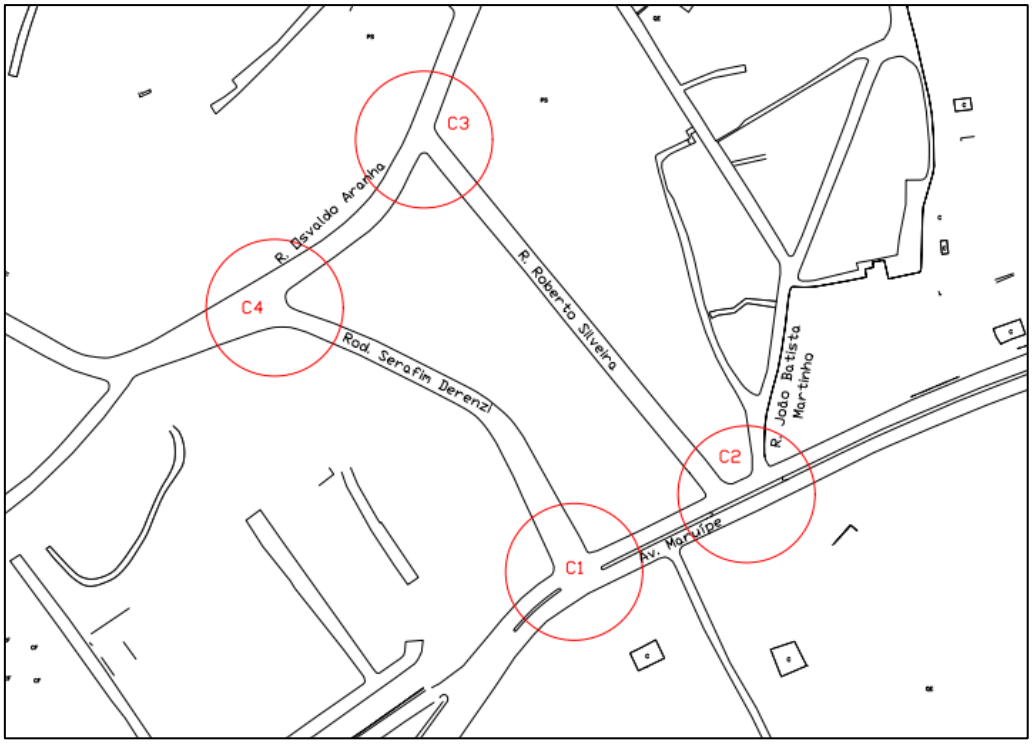


Figura 27: Localização dos pontos de avaliação

Fonte: (GeoWeb Vitória, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

A figura 28 apresenta os movimentos contabilizados na interseção C1 enquanto que o quadro 10 demonstra os valores da contagem na hora pico e nos 15 minutos mais solicitados nesta interseção. É possível perceber por esses dados que a frota de automóveis representa 90% do tráfego passante o que ajuda a inferir que esse valor

aborda também as contagens de motocicletas e utilitários. Visto que, em 2006, os automóveis compunham apenas 66% da frota da RMGV conforme o quadro 2, enquanto que o somatório de automóveis, motocicletas e utilitários representa 89% da frota nesse ano da contagem.

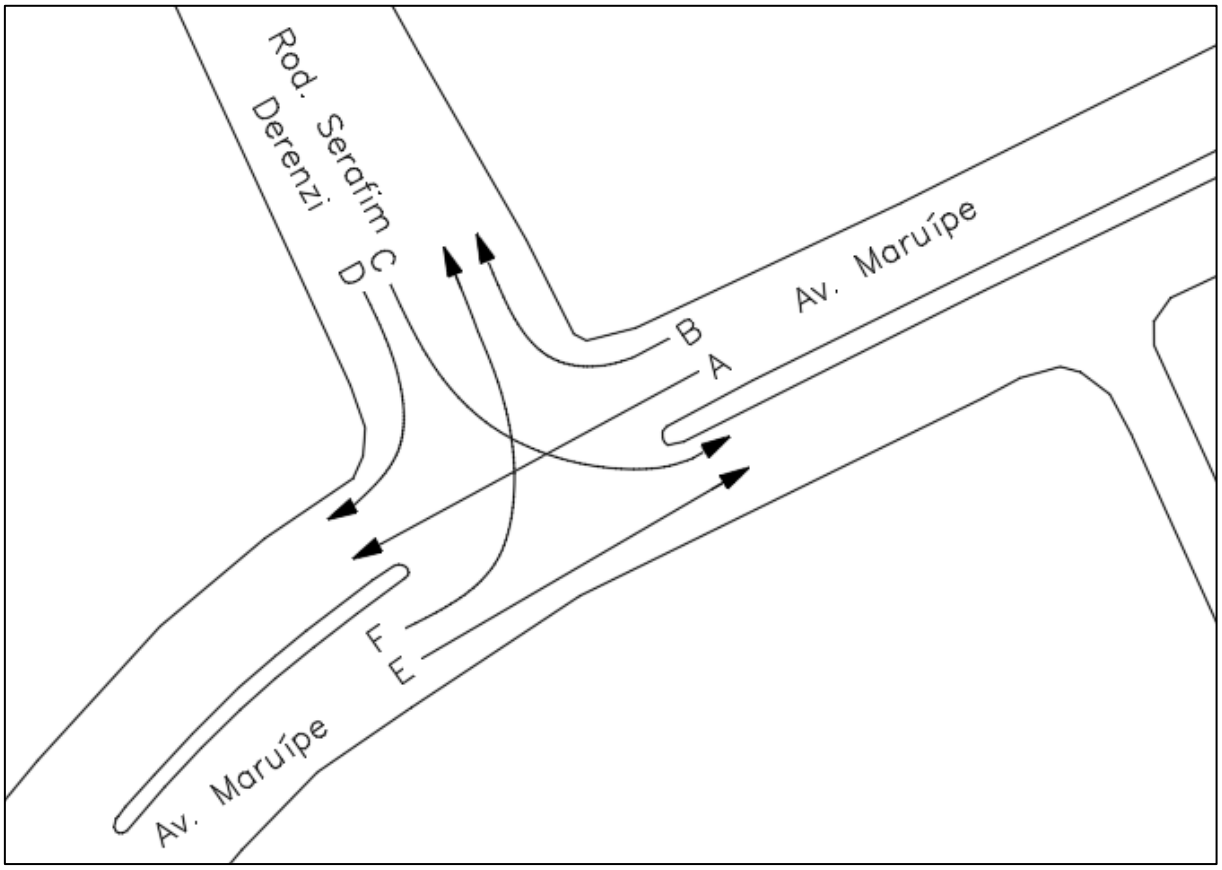


Figura 28: Movimentos contabilizados em C1

Fonte: (Vitória, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Movimento Hora Pico (17:45 - 18:45) - 2006					
Horário	**Auto**	**Ônibus**	**Camin.**	**Vol. Total**	**Vol. Equiv.**
Movimento A	921	43	33	997	1075.50
Movimento B	332	9	28	369	401.25
Movimento C	384	24	16	424	466
Movimento D	87	3	2	92	97.25
Movimento E	1025	124	25	1174	1347.75
Movimento F	186	9	6	201	216.75
TOTAL	**2935**	**212**	**110**	**3257**	**3604.5**
Movimento 15 Minutos (18:00 - 18:15) - 2006					
Horário	**Auto**	**Ônibus**	**Camin.**	**Vol. Total**	**Vol. Equiv.**
Movimento A	215	10	10	235	255
Movimento B	91	3	8	102	111.75
Movimento C	90	4	5	99	107.75
Movimento D	26	0	0	26	26
Movimento E	284	40	7	331	386.25
Movimento F	61	6	3	70	79.75
TOTAL	**767**	**63**	**33**	**863**	**966.5**

Quadro 10: Dados da contagem de 2006 para o cruzamento C1

Fonte: (Vitória, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Já a figura 29 e o quadro 11 divulgam os dados da contagem na interseção C4. Nessa interseção em específico, o pico ocorre no período de 17:15 às 18:15. Porém, adotou-se o mesmo pico de C1 de forma a compatibilizar as informações entre as contagens.

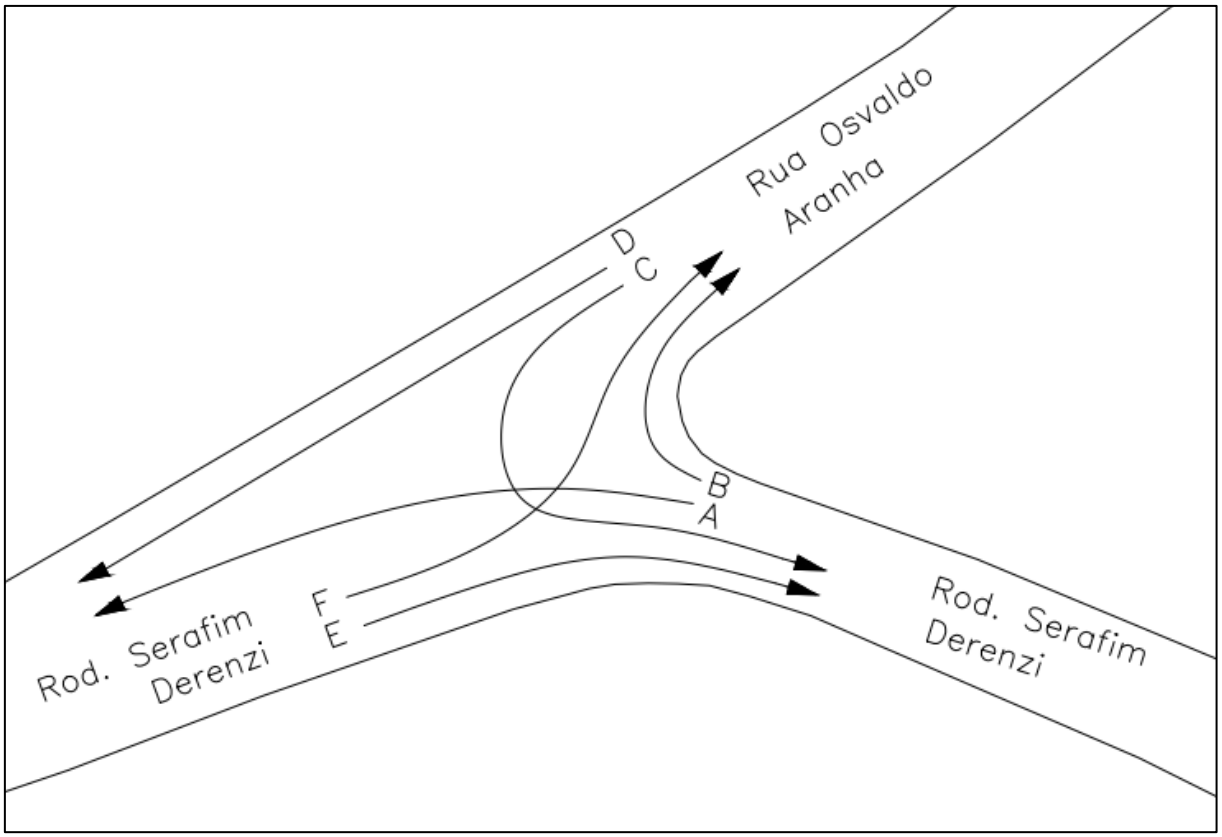


Figura 29: Movimentos contabilizados em C4

Fonte: (Vitória, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Movimento Hora Pico (17:45 - 18:45) - 2006					
Horário	**Auto**	**Ônibus**	**Camin.**	**Vol. Total**	**Vol. Equiv.**
Movimento A	476	18	32	526	572.50
Movimento B	42	0	2	44	45.5
Movimento C	76	0	2	78	79.5
Movimento D	86	23	4	113	144.75
Movimento E	395	27	16	438	483.75
Movimento F	22	4	1	27	32.75
TOTAL	**1097**	**72**	**57**	**1226**	**1358.75**
Movimento 15Minutos Pico (18:00 - 18:15) - 2006					
Horário	**Auto**	**Ônibus**	**Camin.**	**Vol. Total**	**Vol. Equiv.**
Movimento A	140	9	11	160	179.5
Movimento B	12	0	0	12	12
Movimento C	25	0	1	26	26.75
Movimento D	24	7	1	32	41.5
Movimento E	91	4	4	99	107
Movimento F	3	1	1	5	7
TOTAL	**295**	**21**	**18**	**334**	**373.75**

Quadro 11: Dados da contagem de 2006 para o cruzamento C4

Fonte: (Vitória, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

6.2 PROJEÇÃO PARA 2020

Antes de projetar a contagem de 2006 para 2020, optou-se por separar a classe de automóveis em três, de forma a dar espaço também para as motocicletas e utilitários. Essa estimativa foi realizada com base na composição da frota veicular da RMGV no ano de 2006 que era composta por: 66,4% de automóveis, 12,8% de motocicletas, 10,3% de utilitários e 10,5% de outros. Essa separação foi importante visto que se estima um crescimento diferenciado entre estas classes, conforme já descrito na projeção da frota.

A partir dessa separação, cada classe foi projetada para 2020 considerando o crescimento real da frota de 2006 a 2020 em cada categoria. Na ocasião o

crescimento foi de: 110% para automóveis, 285% para motocicletas, 223% para utilitários e 110% para os demais veículos. Considerando esse crescimento da frota e supondo que o tráfego no local acompanhou esta evolução, chegou-se nos resultados apresentados no quadro 12 e 13 para os cruzamentos C1 e C4, respectivamente.

Movimento Hora Pico (17:45 - 18:45) - 2020						
Horário	**Auto**	**Moto**	**Utilitários**	**Ônibus**	**Camin.**	**Vol. Total**
Movimento A	1439	506	343	91	70	2438
Movimento B	519	182	124	19	59	902
Movimento C	600	211	143	51	34	1037
Movimento D	136	48	32	6	4	225
Movimento E	1602	563	382	261	53	2871
Movimento F	291	102	69	19	13	492
TOTAL	**4587**	**1613**	**1094**	**447**	**232**	**7965**
Movimento 15 Minutos (18:00 - 18:15) - 2020						
Horário	**Auto**	**Moto**	**Utilitários**	**Ônibus**	**Camin.**	**Vol. Total**
Movimento A	336	118	80	21	21	575
Movimento B	142	50	34	6	17	249
Movimento C	141	49	34	8	11	242
Movimento D	41	14	10	0	0	64
Movimento E	444	156	106	84	15	809
Movimento F	95	34	23	13	6	171
TOTAL	**1199**	**421**	**286**	**133**	**70**	**2110**

Quadro 12: Estimativa de tráfego para o cruzamento C1 em 2020

Fonte: (Vitória, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Movimento Hora Pico (17:45 - 18:45) - 2020						
Horário	**Auto**	**Moto**	**Utilitários**	**Ônibus**	**Camin.**	**Vol. Total**
Movimento A	744	262	177	38	67	1286
Movimento B	66	23	16	0	4	108
Movimento C	119	42	28	0	4	191
Movimento D	134	47	32	49	8	276
Movimento E	617	217	147	57	34	1071
Movimento F	34	12	8	8	2	66
TOTAL	**1714**	**603**	**409**	**152**	**120**	**2998**
Movimento 15 Minutos (18:00 - 18:15) - 2020						
Horário	**Auto**	**Moto**	**Utilitários**	**Ônibus**	**Camin.**	**Vol. Total**
Movimento A	219	77	52	19	23	391
Movimento B	19	7	4	0	0	29
Movimento C	39	14	9	0	2	64
Movimento D	38	13	9	15	2	78
Movimento E	142	50	34	8	8	242
Movimento F	5	2	1	2	2	12
TOTAL	**461**	**162**	**110**	**44**	**38**	**817**

Quadro 13: Estimativa de tráfego para o cruzamento C4 em 2020

Fonte: (Vitória, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

6.3 PROJEÇÃO PARA 2030 E 2035

Com base no tráfego estimado de 2020 e considerando o que foi descrito no item de projeção da frota, realizou-se a projeção do tráfego para os anos de 2030 e 2035 conforme a taxa de crescimento estimada para cada categoria no quadro 9.

Os quadros 14 e 15 apresentam os dados estimados para 2030 dos cruzamentos C1 e C4, respectivamente. Enquanto que os quadros 16 e 17 mostram essas informações para 2035.

Movimento Hora Pico (17:45 - 18:45) - 2030						
Horário	**Auto**	**Moto**	**Utilitários**	**Ônibus**	**Camin.**	**Vol. Total**
Movimento A	1712	706	493	110	85	3096
Movimento B	617	254	178	23	72	1146
Movimento C	714	294	206	62	41	1317
Movimento D	162	67	47	8	5	286
Movimento E	1905	785	549	318	64	3646
Movimento F	346	143	100	23	15	624
TOTAL	**5455**	**2249**	**1572**	**544**	**282**	**10115.54**
Movimento 15 Minutos (18:00 - 18:15) - 2030						
Horário	**Auto**	**Moto**	**Utilitários**	**Ônibus**	**Camin.**	**Vol. Total**
Movimento A	400	165	115	26	26	730
Movimento B	169	70	49	8	21	317
Movimento C	167	69	48	10	13	307
Movimento D	48	20	14	0	0	81
Movimento E	528	218	152	103	18	1028
Movimento F	113	47	33	15	8	217
TOTAL	**1425.551**	**588**	**411**	**161.7622**	**84.73258**	**2680.292**

Quadro 14: Estimativa de tráfego para o cruzamento C1 em 2030

Fonte: (Vitória, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Movimento Hora Pico (17:45 - 18:45) - 2030						
Horário	**Auto**	**Moto**	**Utilitários**	**Ônibus**	**Camin.**	**Vol. Total**
Movimento A	885	365	255	46	82	1634
Movimento B	78	32	22	0	5	137
Movimento C	141	58	41	0	5	242
Movimento D	160	66	46	59	10	351
Movimento E	734	303	212	69	41	1360
Movimento F	41	17	12	10	3	84
TOTAL	**2039**	**841**	**587**	**185**	**146**	**3807.692**
Movimento 15 Minutos (18:00 - 18:15) - 2030						
Horário	**Auto**	**Moto**	**Utilitários**	**Ônibus**	**Camin.**	**Vol. Total**
Movimento A	260	107	75	23	28	497
Movimento B	22	9	6	0	0	37
Movimento C	46	19	13	0	3	81
Movimento D	45	18	13	18	3	99
Movimento E	169	70	49	10	10	307
Movimento F	6	2	2	3	3	16
TOTAL	**548.2888**	**226**	**158**	**53.92073**	**46.21777**	**1037.332**

Quadro 15: Estimativa de tráfego para o cruzamento C4 em 2030

Fonte: (Vitória, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Movimento Hora Pico (17:45 - 18:45) - 2035						
Horário	**Auto**	**Moto**	**Utilitários**	**Ônibus**	**Camin.**	**Vol. Total**
Movimento A	1764	784	548	116	89	3292
Movimento B	636	283	198	24	76	1218
Movimento C	736	327	229	65	43	1400
Movimento D	167	74	52	8	5	304
Movimento E	1964	873	610	334	67	3876
Movimento F	356	158	111	24	16	664
TOTAL	**5623**	**2499**	**1748**	**572**	**297**	**10753**
Movimento 15 Minutos (18:00 - 18:15) - 2035						
Horário	**Auto**	**Moto**	**Utilitários**	**Ônibus**	**Camin.**	**Vol. Total**
Movimento A	412	183	128	27	27	776
Movimento B	174	77	54	8	22	337
Movimento C	172	77	54	11	13	327
Movimento D	50	22	15	0	0	86
Movimento E	544	242	169	108	19	1093
Movimento F	117	52	36	16	8	231
TOTAL	**1469**	**653**	**457**	**170**	**89**	**2849**

Quadro 16: Estimativa de tráfego para o cruzamento C1 em 2035

Fonte: (Vitória, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Movimento Hora Pico (17:45 - 18:45) - 2035						
Horário	**Auto**	**Moto**	**Utilitários**	**Ônibus**	**Camin.**	**Vol. Total**
Movimento A	912	405	283	49	86	1737
Movimento B	80	36	25	0	5	145
Movimento C	146	65	45	0	5	258
Movimento D	165	73	51	62	11	373
Movimento E	757	336	235	73	43	1446
Movimento F	42	19	13	11	3	89
TOTAL	**2102**	**934**	**653**	**194**	**154**	**4048**
Movimento 15 Minutos (18:00 - 18:15) - 2035						
Horário	**Auto**	**Moto**	**Utilitários**	**Ônibus**	**Camin.**	**Vol. Total**
Movimento A	268	119	83	24	30	528
Movimento B	23	10	7	0	0	40
Movimento C	48	21	15	0	3	86
Movimento D	46	20	14	19	3	106
Movimento E	174	77	54	11	11	327
Movimento F	6	3	2	3	3	17
TOTAL	**565**	**251**	**176**	**57**	**49**	**1103**

Quadro 17: Estimativa de tráfego para o cruzamento C4 em 2035

Fonte: (Vitória, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Foi com base nesses dados e nessas projeções do tráfego que as simulações foram baseadas.

7 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES E DISCUSSÕES

Ao todo foram produzidas 22 simulações, sendo uma referente ao cenário atual tentando reproduzir as condições existentes e outras 21 propostas de melhorias alternativas. No entanto, neste trabalho, serão abordadas somente as soluções mais promissoras no curto, médio e longo prazo com base no ganho de mobilidade e no custo de execução, que serão apresentados na forma de planos de ação de maneira a mostrar quais são as soluções que devem ser executadas imediatamente e quais as suas modificações futuras. Assim, esse tópico foi estruturado em 6 itens, são eles:

- **Critérios de Avaliação:** Demonstra quais parâmetros serão utilizados para avaliação dos cenários.
- **Cenário atual:** Apresenta a geometria existente tanto para o trânsito de 2020 quanto para 2030 e 2035. Esse tópico, portanto, apresenta como o cruzamento irá se comportar caso nada seja realizado.
- **Plano de ação com aplicação de binário:** Esse plano de ação apresenta uma série de simulações ligeiramente diferentes que partem de uma solução em comum que é a aplicação de um binário de tráfego envolvendo a Rodovia Serafim Derenzi e a Rua Roberto Silveira, como acesso ao sentido Serafim Derenzi. Primeiramente, serão apresentadas as soluções de menor custo que podem ser aplicadas imediatamente e, por fim, as mais complexas e mais custosas que causam um impacto maior na mobilidade. Esse plano por si só já possui um custo mais elevado devido às alterações necessárias nas ruas que receberão o binário.
- **Plano de ação com simples proibição de movimento:** Esse plano de ação apresenta mais uma série de simulações que neste momento são originárias de outra solução em comum entre elas. Nesse caso, a ideia que deu origem a essa aplicação, foi a simples proibição de conversão à esquerda na Avenida Maruípe, em direção à Rodovia Serafim Derenzi. Dessa forma, o usuário que vem do centro de Vitória pela Av. Maruípe, e deseja seguir no sentido Rod. Serafim, será impedido de realizar a conversão à esquerda sendo obrigado a fazer uma volta maior, prosseguindo até a Av. Leitão da Silva e retvalu ornando

pela Rua Dona Maria Rosa. Da mesma forma que o plano anterior, serão apresentadas primeiramente, as soluções mais simples e por fim as soluções mais onerosas, porém com maior impacto positivo no trânsito.

- **Outras Soluções:** Neste tópico, são abordadas algumas outras soluções que se tornaram interessantes devido ou ao alto custo de implantação, ou ao grande ganho em mobilidade.
- **Considerações:** Aqui, são apresentadas as soluções e planos de ação desenvolvidos de forma a instruir quais medidas são mais indicadas para o caso em análise.

7.1 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Inicialmente, é necessário definir quais serão os parâmetros utilizados para avaliação e comparação dos cenários. O Vissim apresenta uma série de índices que podem ser utilizados tanto de avaliação global do cruzamento quanto localizada por movimento ou trajeto. Define-se como global, um estudo mais abrangente que aborda todos os veículos, independente do movimento ou aproximação, através de parâmetros que avaliam a interseção como um todo. Enquanto que os parâmetros localizados verificam cada aproximação ou trajeto do estudo.

Sobre a avaliação global de desempenho da interseção, foram definidos 6 indicadores:

1) Ganho de tempo de viagem global relativo ao cenário atual;
2) Nível de serviço global;
3) Quantidade global de veículos passantes;
4) Fila média global;
5) Média global dos atrasos parados;
6) Média global do número de paradas.

Quanto a avaliação localizada por aproximação ou trajeto, utilizou-se de mais 3 índices:

7) Tempo médio de viagem para cada trajeto;
8) Custo de Percurso para cada trajeto;
9) Fila média por aproximação.

7.1.1 Ganho de tempo de viagem global relativo ao cenário atual

Em todas as simulações os condutores irão gastar um tempo para percorrer os trajetos mencionados no item 7.1.7. Em cada solução, cada trajeto pode ter um ganho ou uma perda de tempo em relação ao cenário atual. Esse parâmetro irá avaliar qual será o ganho global médio da interseção em relação ao cenário atual, ou seja, será descrito qual o tempo ganho ou perdido por condutor que cruza a interseção.

7.1.2 Nível de Serviço Global

O nível de serviço é um parâmetro que avalia o tempo médio de espera na interseção e varia em uma escala de A à F e traz um forte indicativo do quanto a interseção impacta na fluidez da via.

> "Nível A: A maioria dos veículos da corrente de tráfego pode passar livremente pela interseção, praticamente sem sofrer atraso.
>
> Nível B: A capacidade de deslocamento dos veículos da corrente secundária é afetada pelo fluxo preferencial. Os tempos de espera são pequenos.
>
> Nível C: Os motoristas da corrente secundária têm que estar atentos a um número expressivo de veículos da corrente principal. Os tempos de espera são sensíveis. Começam-se a formar retenções de veículos, mas sem grande extensão e duração.
>
> 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 se reduzir. O movimento do tráfego permanece estável.

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

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. Esta situação é aliviada apenas com a sensível queda dos volumes de tráfego. A interseção está sobrecarregada. “(DNIT, 2005)

7.1.3 Quantidade de veículos passantes global

Outro parâmetro é a quantidade de veículos passantes na interseção, que quando aplicado em situações com nível de serviço F se aproxima bastante da capacidade do cruzamento. Este é interessante, pois mostra que em alguns casos é possível superar a quantidade de veículos passantes no cenário atual mesmo atingindo níveis de serviço melhores.

7.1.4 Fila média global

A fila média global apresenta o comprimento da fila de veículos que aguardam o sinal verde para prosseguir. É com esse indicador que se pode avaliar o tamanho do trânsito gerado por essa interseção de forma geral.

7.1.5 Atraso parado médio global

Esse indicador informa o tempo médio que os usuários da interseção gastam com o veículo parado aguardando autorização semafórica para prosseguir viagem, da mesma forma que o primeiro; este está diretamente ligado ao tempo perdido pelos condutores.

7.1.6 Média do número de paradas global

Esse parâmetro avalia a média da quantidade de paradas que os condutores devem realizar antes de conseguir atravessar o cruzamento. Quanto maior esse número, maior será o gasto com freios e arranques dos veículos, além de oferecer uma maior sensação de desconforto e de trânsito devido ao pare e siga constante.

7.1.7 Tempo médio de viagem para cada movimento

O tempo é um recurso escasso e limitado para todas as pessoas, ao contrário do dinheiro ele não pode ser recuperado. É pensando nisso que esse parâmetro foi definido em primeiro lugar. Nessa etapa, verifica-se o tempo gasto para percorrer uma distância entre um ponto A e outro ponto B. Com ele, é possível perceber qual o ganho para todos os usuários.

Para avaliá-lo, foram definidos 6 trajetos de controle, no qual o caminho pode até se alterar conforme a solução estudada, mas as seções de início e fim de cada trajeto se mantêm constantes. Dessa forma, é possível avaliar o tempo gasto entre dois pontos independente do caminho percorrido e da solução interna no cruzamento. Abaixo e na figura 30, são definidos os trajetos assim como seus pontos de início e fim que são idênticos para todos os cenários:

A. Centro - Goiabeiras:
    - Representado como AI, o início desse trajeto está localizado próximo a interseção da Av. Maruípe com a Rua Areobaldo Bandeira.

- Representado como AF, o fim se encontra na interseção entre a Av. Maruípe e a Av. Nossa Senhora da Penha.

B. Goiabeiras - Centro:
   - Representado como BI, o início se localiza próximo a interseção entre a Rua Dona Maria Rosa e a Av. Nossa Senhora da Penha.
   - Representado como BF, o fim pode ser visto na Av. Maruípe em frente ao número 1765.

C. Centro - Serafim:
   - Representado como CI, o início desse trajeto está localizado próximo a interseção da Av. Maruípe com a Rua Areobaldo Bandeira.
   - Representado como CF, o fim se encontra na Rodovia Serafim Derenzi próximo à residência de número 11011.

D. Serafim - Centro:
   - Representado como DI, o início está localizado na Rodovia Serafim Derenzi próximo à residência de número 11011.
   - Representado como DF, o final desse trajeto se localiza na Av. Maruípe em frente ao número 1765.

E. Goiabeiras - Serafim:
   - Representado como EI, o início se localiza próximo à interseção entre a Rua Dona Maria Rosa e a Av. Nossa Senhora da Penha.
   - Representado como EF, o fim se encontra rodovia Serafim Derenzi próximo à residência de número 11011.

F. Serafim - Goiabeiras:
   - Representado como FI, o início está localizado na rodovia Serafim Derenzi próximo à residência de número 11011.
   - Representado como FF, o fim pode ser visto na interseção entre a Av. Maruípe e a Av. Nossa Senhora da Penha.

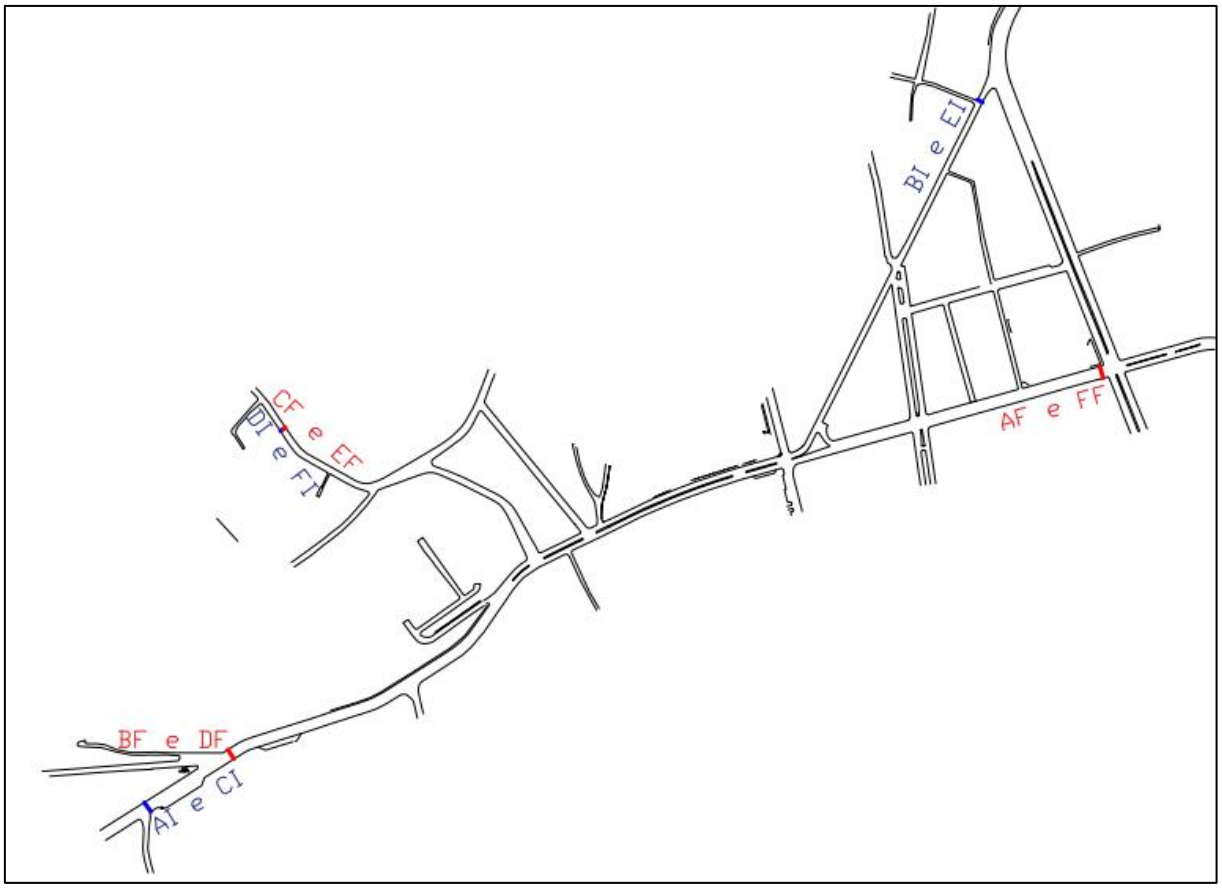


Figura 30: Pontos de controle dos trajetos

Fonte: (Autores, 2020)

7.1.8 Custo de percurso para cada trajeto

Foi idealizado também, de forma a complementar a decisão, um indicador que considera conjuntamente o tempo de percurso (item 7.1.7) e a distância percorrida, a fim de calcular um custo de percurso para cada trajeto realizado. Dessa forma, obteve-se a seguinte equação:

$$Cp = \alpha \cdot T + \boldsymbol{\beta} \cdot D$$

Onde:

- Cp é o custo do percurso em reais,
- T é o tempo gasto para percorrê-lo em minutos,

- D é a distância percorrida em quilômetros e,
- α e β coeficientes de custo para cada fator, que podem ser ajustados conforme decisão de projeto.

Na ocasião, se optou por aplicar para α e β os valores de 0,2 e 1,1 equivalente ao aplicado pela empresa Uber, na sua modalidade Uber X, especialista em transporte urbano de passageiros. Assim, foi definido que o custo de minuto preso no trânsito vale 0,2 reais, enquanto que o custo por quilômetro percorrido é equivalente a 1,1 reais. Esses valores de α e β até poderiam ser diferentes, a própria Uber aplica valores de 0,31 e 1,26 na sua modalidade Uber Confort, enquanto que o aplicativo 99Pop estipula 0,19 e 1,14, porém, acredita-se que os valores de 0,2 e 1,1 representam uma boa estimativa.

7.2 CENÁRIO ATUAL

Antes de começar a simular as propostas de intervenção, é importante desenvolver um cenário que representa as condições atuais de forma a realizar as devidas calibrações e assim garantir que o que está sendo simulado de fato representa a realidade. No entanto, infelizmente, neste trabalho não foi possível realizar esta calibração nem nenhuma avaliação precisa quanto a real equivalência do modelo com a realidade devido aos acontecimentos ocasionados pelo novo Coronavírus. Até o momento da elaboração deste tópico, os efeitos da crise ainda são bastante evidentes no trânsito; e, portanto, qualquer tentativa de realizar calibrações com o trânsito atual causaria uma grande inconsistência nos dados, deixando-os subdimensionados e sem compatibilidade com a situação normal.

Com o intuito de tentar aproximar um pouco o modelo à realidade, foi realizado uma análise visual subjetiva da simulação levando em consideração a experiência dos autores e o bom conhecimento sobre o trânsito local. Assim, foi possível perceber que, em geral, o trânsito e as filas causadas estão bem próximos dos vivenciados na realidade, com exceção apenas do trânsito na Rodovia Serafim Derenzi, que aparenta estar superestimado no modelo, com um tráfego superior ao que de fato acontece na

normalidade. No entanto, apesar de se deparar com tal inconsistência, optou-se por manter tal informação, desta maneira, respeitando as projeções estimadas; visto que nesse caso, está-se a favor da segurança.

Para realizar a simulação, foi construída toda a infraestrutura existente com base na planta municipal disponível na plataforma GeoWeb Vitória (2020), os tempos semafóricos foram medidos em campo na interseção de interesse e com dados obtidos junto à prefeitura nas demais interseções. Os movimentos e as entradas veiculares foram montados com base nas estimativas realizadas a partir das contagens de 2006, para os anos de 2020, 2030 e 2035. As figuras 31 e 32 apresentam a distribuição dos grupos semafóricos e a programação semafórica na hora-pico.

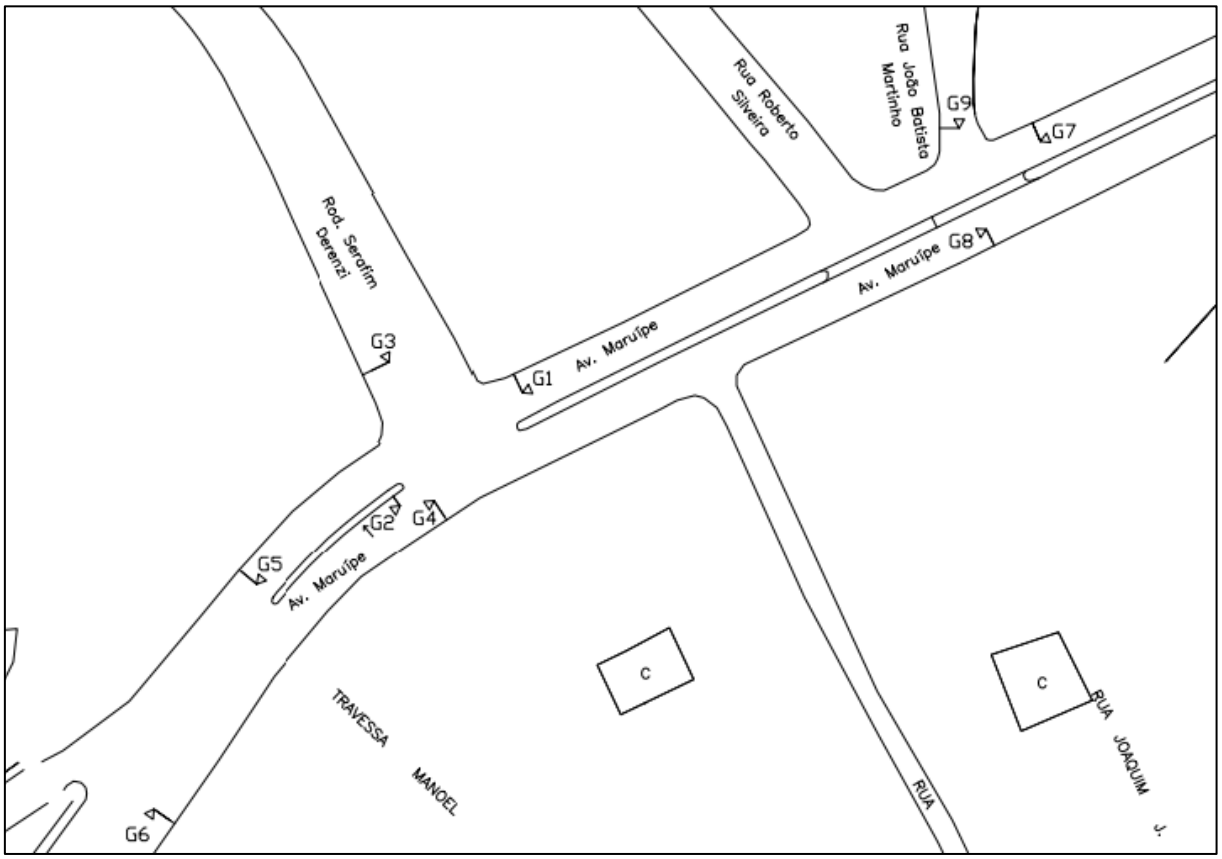


Figura 31: Distribuição dos grupos semafóricos no cenário atual

Fonte: (Autores, 2020)

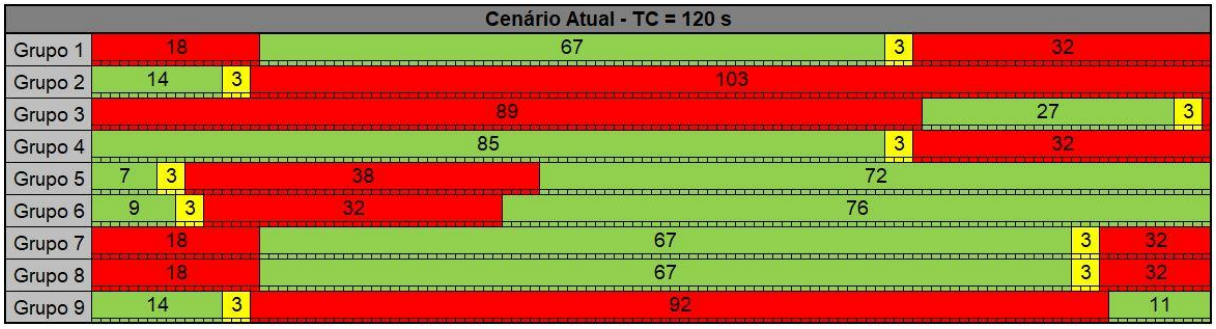


Figura 32: Programação semafórica no cenário atual

Fonte: (Vitória, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Nesse caso, o cenário atual obteve nível de serviço F para toda a interseção, o pior possível, com filas de até 485 metros em uma das aproximações e tempo médio de percurso de 439 segundos. No estado F, o mais saturado, a interseção permitiu apenas a passagem de 3.188 veículos com médias de paradas devido ao cruzamento de 3,63 por veículo. O quadro 18 apresenta um resumo de todos os parâmetros avaliados e a figura 33 apresenta a geometria do cenário atual.

Avaliação Cenário Atual - 2020		
Avaliação Global		
Parâmetros Globais	**Valores - 2020**	
Nível de Serviço	F	
Tempo Médio (s)	438.45	
Custo Médio Geral (R$)	2.75	
Ganho de Tempo (s)	0.00	
Quantidade de Veiculos (und)	3191.00	
Fila (m)	345.67	
Atraso Parado (s)	69.73	
Média de Paradas (und)	3.63	
Avaliação por Aproximação		
Aproximação	**Fila (m)**	
Av. Maruipe - Centro/Goiabeiras	485	
Av. Maruipe - Goiabeiras/Centro	434	
Rod. Serafim Derenzi	118	
Avaliação Tempo e Custo		
Trajeto	**Tempo**	**Custo**
1: Centro - Goiabeiras	424	2.82
2: Goiabeiras - Centro	509	3.02
3: Centro - Serafim	493	2.63
4: Serafim - Centro	265	1.67
5: Goiabeiras - Serafim	522	2.99
6: Serafim - Goiabeiras	288	2.15

Quadro 18: Resultados do cenário atual para 2020

Fonte: (Autores, 2020)

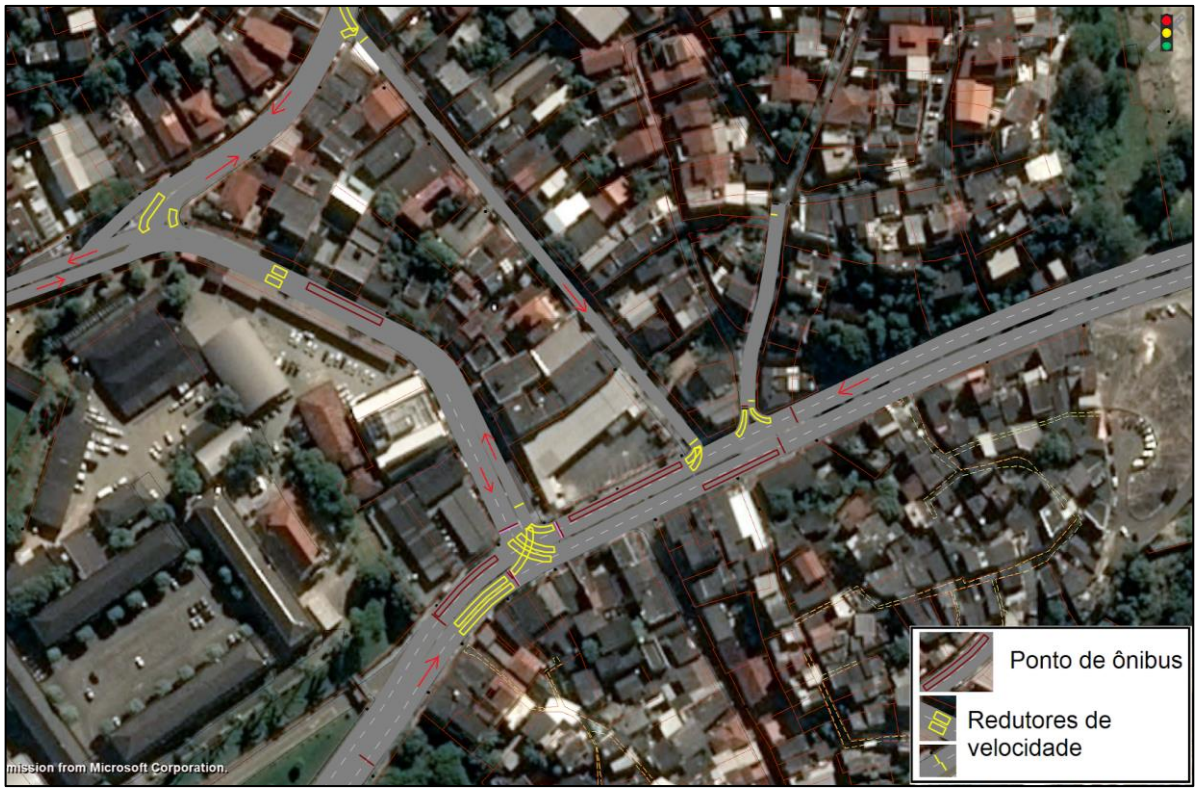


Figura 33: Geometria do cenário atual no software de simulação

Fonte: (Autores, 2020)

7.3 PLANO DE AÇÃO COM APLICAÇÃO DE BINÁRIO

Uma solução é a aplicação de um binário fazendo uso da Rua Roberto Silveira como acesso ao sentido Serafim Derenzi, essa proposta visa a retirada do sinal de três estágios, transformando-o em um cruzamento com apenas 2 tempos. A vantagem dessa proposta é que além de aumentar a fluidez da via, ela oferece um grande ganho de segurança aos pedestres que precisam atravessar a Rodovia Serafim Derenzi. No cenário atual, não existe uma sinalização semafórica específica para os pedestres o que gera um conflito entre esses usuários e os automóveis. Com essa proposta será possível aplicá-la tornando a travessia mais segura para todos.

A desvantagem dessa solução é que quando aplicada de forma simples, com poucas alterações, não retira os veículos parados no meio da pista que ocupam a Av. Maruípe aguardando a conversão à esquerda. Esses veículos, congestionam o trânsito

causando conflitos e uma redução de seção no sentido centro-goiabeiras. Além disso, outra desvantagem é que esta solução orienta um fluxo intenso para uma pista originalmente residencial, o que vai requerer um certo gasto em intervenções para implantação de medidas mitigadoras de tráfego, de forma a reduzir a velocidade e garantir a segurança de todos. A pista em si, possui largura suficiente para passar este fluxo e ainda para implantar as soluções de redução de velocidade, porém não atende adequadamente os raios de giros dos veículos longos na entrada e na saída, tendo que realizar algumas medidas conforme mostradas no item 8.

Além disso, como essas soluções orientam a formação de um cruzamento semaforizado com a Rua Roberto Silveira, recomenda-se que o sentido da Rua João Batista Martinho seja alterado para sentido único em direção ao bairro. A fim de impedir o movimento de acesso à Av. Maruípe, visto que esse acesso está localizado muito próximo da interseção.

A partir da solução de implantação de binário de tráfego, foram simulados 4 cenários com ligeiras alterações, descritos nos itens 7.3.1, 7.3.2, 7.3.3 e 7.3.4. Em cada um foram realizadas algumas melhorias de traçado e geometria de forma a tentar conseguir uma maior fluidez do tráfego. No item 7.3.5 será feito um resumo sobre todos eles e uma linha de ação, caso essa solução seja a implementada.

Para todas essas propostas foi utilizada a programação semafórica presente na figura 34, com as posições mostradas na figura 35. Veja, que o grupo 3, presente na Av. Vitória no cruzamento C1, já não será utilizado nessas propostas.

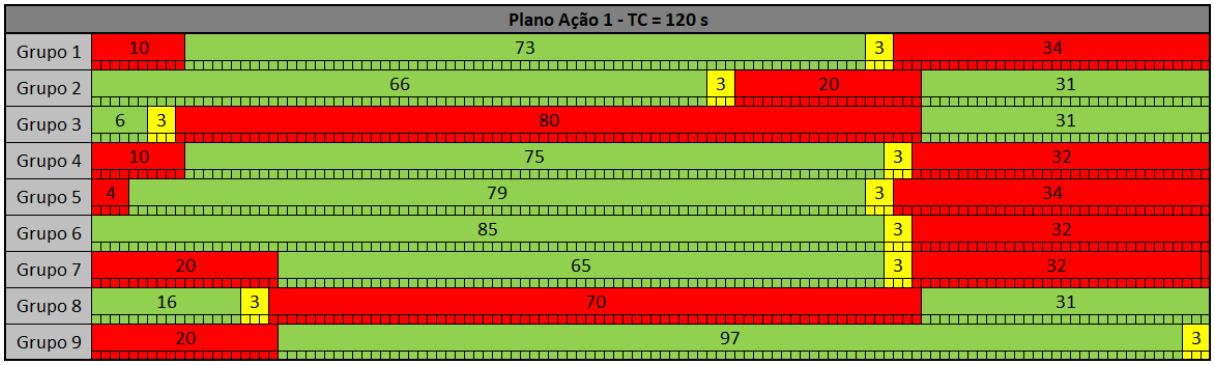


Figura 34: Programação semafórica do plano de ação 1

Fonte: (Autores, 2020)

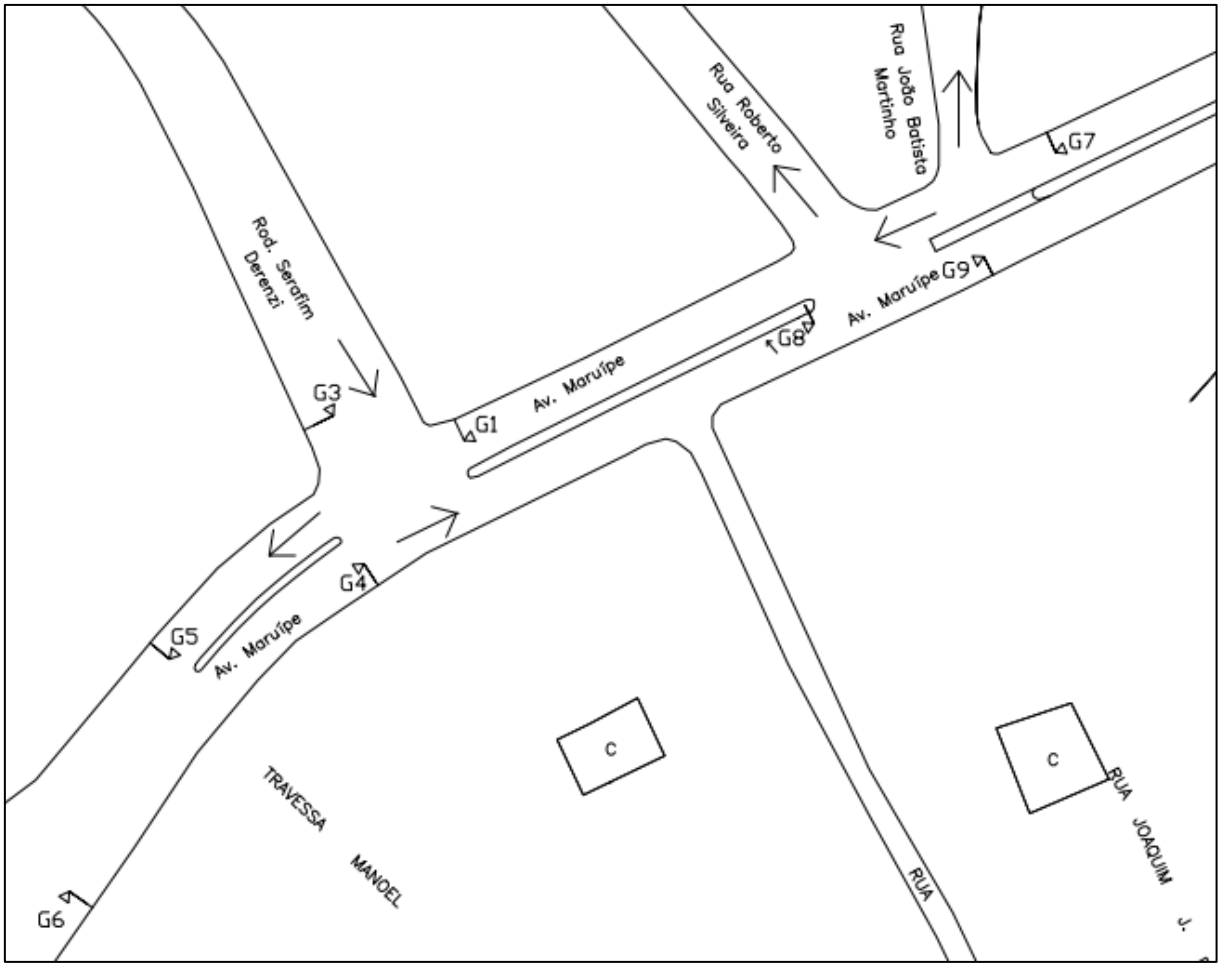


Figura 35: Distribuição dos grupos semafóricos no plano de ação 1

Fonte: (Autores, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

7.3.1 Solução 1 - Binário Simples

A primeira solução a ser apresentada é a proposta de implantação de um binário simples, com o propósito de retirar o movimento “Centro-Serafim” da Rodovia Serafim Derenzi e direcioná-lo à Rua Roberto Silveira, formando assim um binário de movimentos (Figura 36). Essa solução não prevê a construção de nenhuma faixa adicional nem ilha para pedestres, mas já prevê a aplicação de um dispositivo de mitigação de trânsito, destacado em laranja, na Rua Roberto Silveira aplicado de forma a reduzir a velocidade dos veículos.

É importante destacar que para melhorar os resultados dessa solução, são necessárias algumas modificações nos pontos de ônibus. Deve-se, primeiramente, deslocar o ponto de ônibus na Av. Maruípe, no sentido centro-goiabeiras, de forma que não fique dentro do cruzamento. Essa manobra é importante em virtude de uma série de veículos estarem ocupando a faixa à esquerda, enquanto aguardam autorização para realizar a conversão. Por isso, o ponto onde está atualmente também interromperia a faixa da direita na mesma seção da via, impedindo a passagem do fluxo de veículos na avenida.

Além disso, torna-se interessante a criação de pontos de ônibus, tanto na Rod. Serafim Derenzi quanto na Rua Roberto Silveira, com o propósito de realizar os embarques e desembarques do transporte público desta região fora do corredor principal da Av. Maruípe.

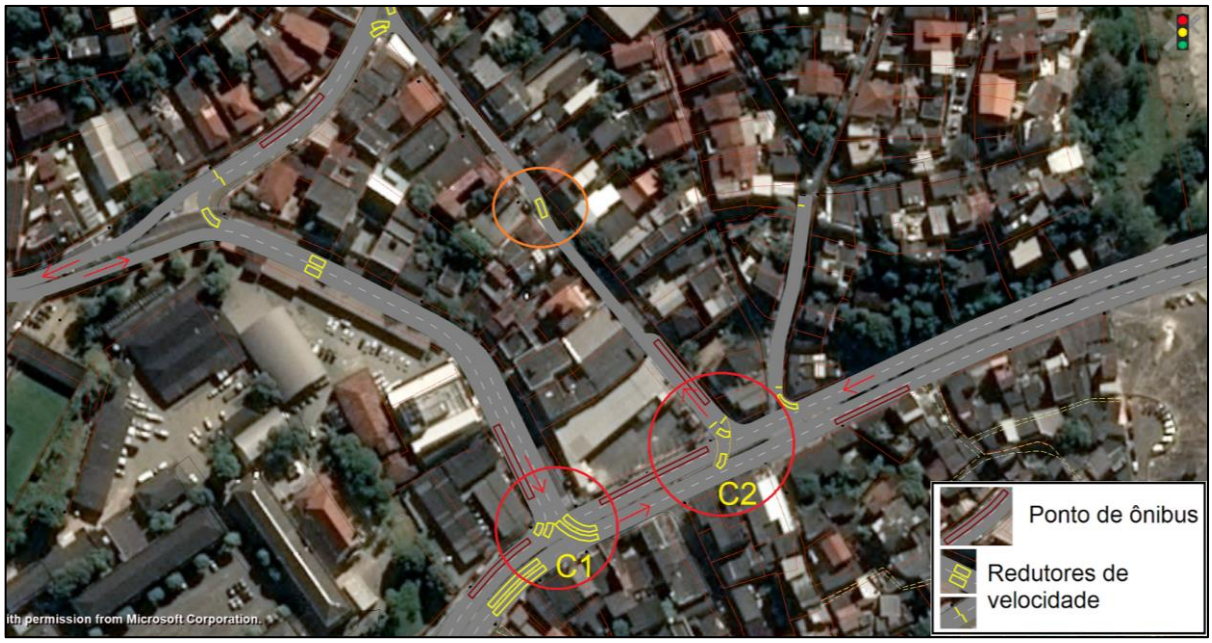


Figura 36: Binário de movimentos - Geometria proposta, solução 1

Fonte: (Autores, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Essa solução apresentou resultados melhores que o cenário atual, porém ainda tímidos. A compensação está no fato de ser uma obra simples e de baixo custo. No qual a intervenção fica limitada a apenas uma abertura de canteiro, a mudanças de sinalização horizontal e vertical, a mudanças semafóricas e na preparação da Rua Roberto Silveira para o recebimento do novo tráfego, com a implantação de medidas moderadoras de tráfego e adequação de raio de giro. Como pode ser visto no quadro 19, esse cenário atingiu nível de serviço E mostrando uma ligeira melhora global, e uma grande melhora na aproximação do sentido Goiabeiras-Centro que teve redução de fila de 433 para 46 metros. A melhora no resultado ocorreu devido a retirada do sinal de 3 estágios que permitiu uma ampliação no tempo de verde de todos os movimentos.

Avaliação Binário - Solução 1 - 2020		
Avaliação Global		
Parâmetros Globais	**Valores - 2020**	
Nível de Serviço	E	
Tempo Médio (s)	291.63	
Custo Médio Geral (R$)	2.28	
Ganho de Tempo (s)	-146.82	
Quantidade de Veiculos (und)	4466.00	
Fila (m)	219.67	
Atraso Parado (s)	39.27	
Média de Paradas (und)	1.98	
Avaliação por Aproximação		
Aproximação	**Fila (m)**	
Av. Maruipe - Centro/Goiabeiras	465	
Av. Maruipe - Goiabeiras/Centro	46	
Rod. Serafim Derenzi	148	
Avaliação Tempo e Custo		
Trajeto	**Tempo**	**Custo**
1: Centro - Goiabeiras	372	2.65
2: Goiabeiras - Centro	235	2.11
3: Centro - Serafim	477	2.78
4: Serafim - Centro	200	1.46
5: Goiabeiras - Serafim	241	2.10
6: Serafim - Goiabeiras	240	1.99

Quadro 19: Resultados da solução 1 para 2020

Fonte: (Autores, 2020)

7.3.2 Solução 2 - Binário simples com faixa adicional para conversão à esquerda

A solução anterior teve uma ligeira melhora nos resultados, que ficaram mais concentrados na aproximação do sentido goiabeiras-centro. Com o intuito de melhorar também as demais aproximações, foi proposto a solução 2 que, além de implantar o binário, foi proposta uma faixa adicional para a acomodação dos veículos que irão convergir à esquerda para acessar a Rua Roberto Silveira.

Para a acomodação dessa faixa adicional, se faz necessária a desapropriação de uma parte do estacionamento do supermercado. A figura 37 apresenta essa alteração, repare que ela foi construída apenas entre os cruzamentos C1 e C2. Essa solução, portanto, retira boa parte da fila de veículos que aguardam para acessar a Rua Roberto Silveira das faixas de fluxo passante, sentido Centro/Goiabeiras. No entanto, em alguns ciclos semafóricos ainda é visível que a caixa de acomodação não é suficiente, causando ainda um impacto no fluxo passante da Av. Maruípe, mas não tão intenso como no cenário anterior.

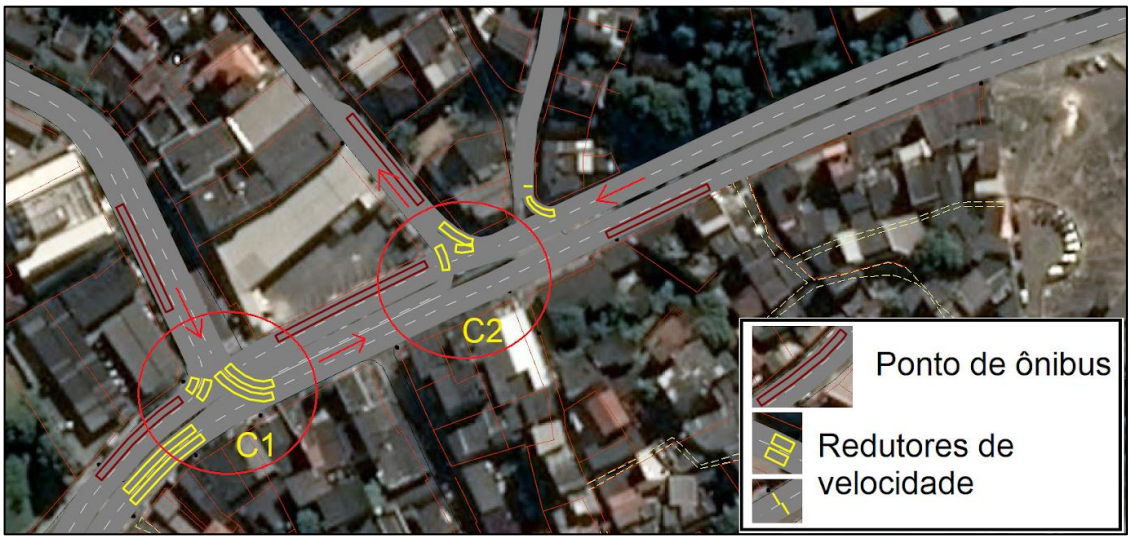


Figura 37: Binário de movimentos - Geometria proposta, solução 2 com adição de faixa adicional

Fonte: (Autores, 2020)

O quadro 20 apresenta os resultados obtidos com essa solução. Nota-se uma melhora em todos os índices, sobretudo no nível de serviço que atingiu nível D e no comprimento da fila da Av. Maruípe, no sentido Centro/Goiabeiras. Em relação ao cenário atual, essa proposta apresentou um ganho significativo de mobilidade em todos os movimentos, diferente da solução anterior que foi mais eficiente somente na aproximação Goiabeiras/Centro. Apesar da caixa de acomodação ainda não ser suficiente, repare que o ganho no tamanho da fila da Av. Maruipe, no sentido Centro/Goiabeiras, foi de mais de 200 metros em relação à solução anterior.

Avaliação Binário - Solução 2 - 2020		
Avaliação Global		
Parâmetros Globais	**Valores - 2020**	
Nível de Serviço	D	
Tempo Médio (s)	214.27	
Custo Médio Geral (R$)	2.02	
Ganho de Tempo (s)	-224.18	
Quantidade de Veiculos (und)	5268.00	
Fila (m)	112.67	
Atraso Parado (s)	20.21	
Média de Paradas (und)	1.12	
Avaliação por Aproximação		
Aproximação	**Fila (m)**	
Av. Maruipe - Centro/Goiabeiras	235	
Av. Maruipe - Goiabeiras/Centro	42	
Rod. Serafim Derenzi	61	
Trajeto	**Tempo**	**Custo**
1: Centro - Goiabeiras	216	2.13
2: Goiabeiras - Centro	235	2.11
3: Centro - Serafim	255	2.03
4: Serafim - Centro	127	1.21
5: Goiabeiras - Serafim	236	2.08
6: Serafim - Goiabeiras	162	1.73

Quadro 20: Resultados da solução 2 para 2020

Fonte: (Autores, 2020)

7.3.3 Solução 3 - Binário com faixa adicional para conversão à esquerda, ilha e faixa de desaceleração

Em relação ao cenário anterior, esta proposta apenas acrescenta uma ilha no acesso da Rua Roberto Silveira e uma faixa de desaceleração para conversões à direita, essa ilha tem o objetivo de aumentar a segurança do pedestre e ampliar o raio de giro dos veículos, fazendo com que a manobra seja realizada de forma mais segura. Essa simples alteração permite com que esse movimento, que vem de goiabeiras com destino à Serafim Derenzi e adjacências, realize a manobra em maior velocidade sem conflito com os pedestres e sem impactar no tráfego passante da via. A figura 38

apresenta esta alteração. Para realizá-la será necessária a desapropriação de algumas residências e um corte em parte do maciço rochoso ali presente.

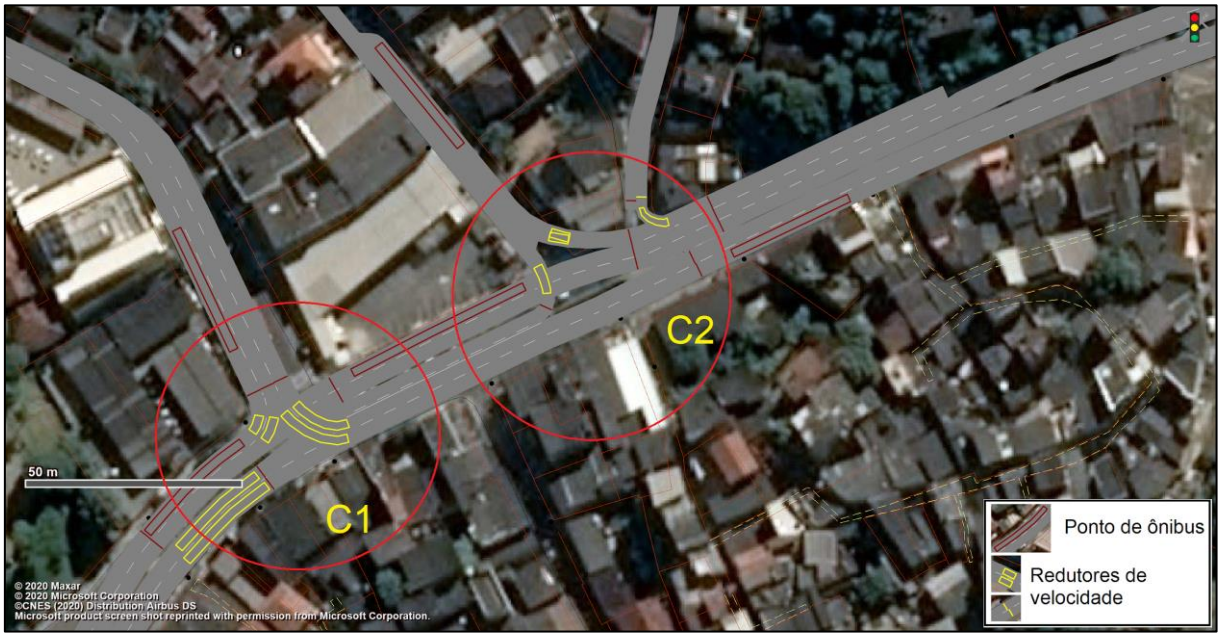


Figura 38: Binário de movimentos - Geometria proposta, solução 3 com adição de faixa adicional e faixa de desaceleração

Fonte: (Autores, 2020)

Essa proposta, apesar de um pouco mais onerosa, apresentou melhores resultados. Como pode ser visto no quadro 21, ela atingiu nível C com média de fila global de apenas 104 metros. A aplicação da faixa de desaceleração permitiu com que os veículos pudessem reduzir a velocidade sem impactar no tráfego passante na via principal, resultando em ganhos no comprimento de fila e nos tempos de viagem.

Avaliação Binário - Solução 3 - 2020		
Avaliação Global		
Parâmetros Globais	**Valores - 2020**	
Nível de Serviço	C	
Tempo Médio (s)	204.41	
Custo Médio Geral (R$)	1.98	
Ganho de Tempo (s)	-234.03	
Quantidade de Veiculos (und)	5389.00	
Fila (m)	103.67	
Atraso Parado (s)	19.08	
Média de Paradas (und)	1.02	
Avaliação por Aproximação		
Aproximação	**Fila (m)**	
Av. Maruipe - Centro/Goiabeiras	237	
Av. Maruipe - Goiabeiras/Centro	3	
Rod. Serafim Derenzi	71	
Avaliação Tempo e Custo		
Trajeto	**Tempo**	**Custo**
1: Centro - Goiabeiras	216	2.13
2: Goiabeiras - Centro	209	2.02
3: Centro - Serafim	254	2.03
4: Serafim - Centro	137	1.24
5: Goiabeiras - Serafim	207	1.98
6: Serafim - Goiabeiras	169	1.75

Quadro 21: Resultados da solução 3 para 2020

Fonte: (Autores, 2020)

7.3.4 Solução 4 - Binário com faixa adicional para conversão à esquerda, ilha, faixa de desaceleração e recuo no ponto de ônibus

Essa proposta tem o objetivo de melhorar um pouco mais a situação do cruzamento, para isso foi proposta a ampliação das desapropriações deslocando a via mais ainda para a área do supermercado e de algumas residências de forma a criar um recuo para o abrigo do ponto de ônibus, no sentido Centro/Goiabeiras (Figura 39). Essa proposta aumenta mais ainda o custo de implantação em relação à proposta anterior e talvez os ganhos não justifiquem tal custo.

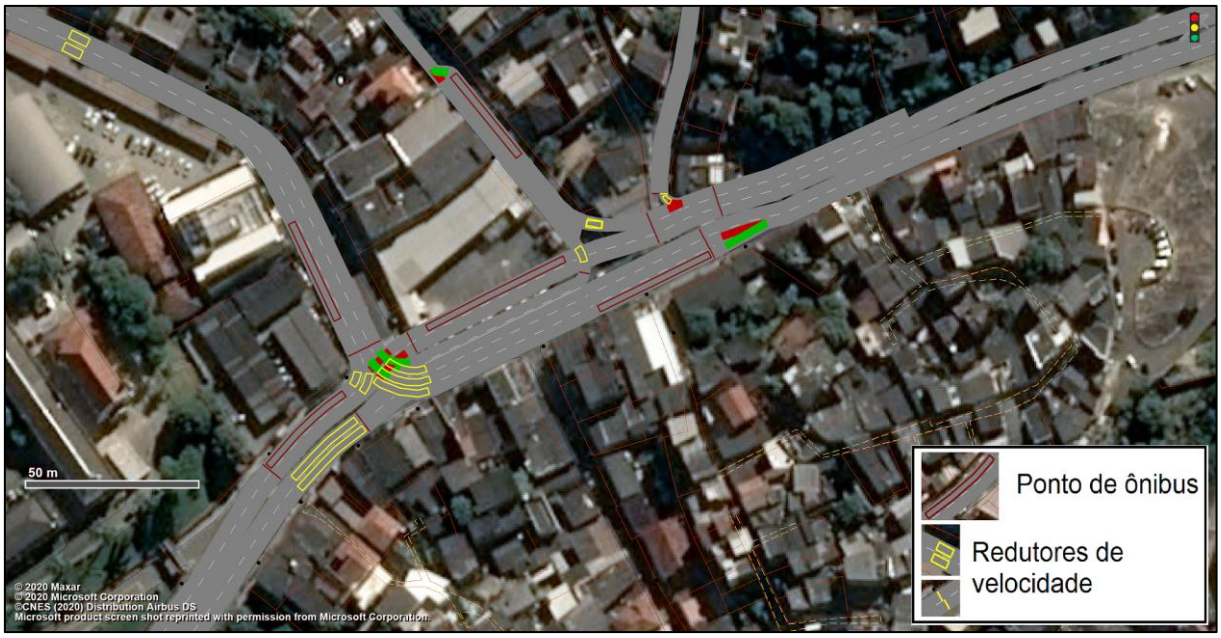


Figura 39: Binário de movimentos - Geometria proposta, solução 4 com adição de faixa adicional, faixa de desaceleração e recuo para ônibus

Fonte: (Autores, 2020)

Como pode ser visto no quadro 22, essa solução também se manteve em nível C com uma redução de 30 metros no comprimento de fila geral. Especificamente na aproximação da Av. Maruípe no sentido Centro/Goiabeiras, essa redução foi de 84 metros em relação a solução 3 e de 331 metros em relação ao cenário atual. Com esta solução, a média de paradas por veículo ficou em 0,89, o que demonstra um trânsito bastante fluido.

Avaliação Binário - Solução 4 - 2020		
Avaliação Global		
Parâmetros Globais	**Valores - 2020**	
Nível de Serviço	C	
Tempo Médio (s)	198.62	
Custo Médio Geral (R$)	1.96	
Ganho de Tempo (s)	-239.83	
Quantidade de Veiculos (und)	5450.00	
Fila (m)	72.00	
Atraso Parado (s)	16.91	
Média de Paradas (und)	0.89	
Avaliação por Aproximação		
Aproximação	**Fila (m)**	
Av. Maruipe - Centro/Goiabeiras	152	
Av. Maruipe - Goiabeiras/Centro	5	
Rod. Serafim Derenzi	59	
Avaliação Tempo e Custo		
Trajeto	**Tempo**	**Custo**
1: Centro - Goiabeiras	205	2.09
2: Goiabeiras - Centro	209	2.03
3: Centro - Serafim	244	2.00
4: Serafim - Centro	130	1.22
5: Goiabeiras - Serafim	207	1.98
6: Serafim - Goiabeiras	159	1.72

Quadro 22: Resultados da solução 4 para 2020

Fonte: (Autores, 2020)

7.3.5 Comparativo e plano de ação - Binário

As simulações, como mostrado anteriormente, indicam que a implantação de um binário de tráfego entre a Rodovia Serafim Derenzi e a Rua Roberto Silveira pode reduzir significativamente o trânsito do local e aumentar a fluidez e a segurança. Acima, foram apresentadas 4 propostas que partem deste mesmo princípio, porém cada uma com pequenas alterações que aumentam os custos e também melhoram os resultados.

Dessa forma, neste item, será realizado um comparativo entre as propostas de forma a indicar qual o melhor momento de implementação para cada uma destas. O quadro 23 apresenta um resumo dos valores apresentados. Note que o cenário atual, conforme as estimativas de tráfego de 2020, está impraticável, atualmente o nível de serviço é F, com filas no corredor principal da Av. Maruipe da ordem de 450 metros e tempo médio de viagem entre os trajetos selecionados de 430 segundos.

Comparativo Binário - 2020					
Avaliação Global					
Parâmetros Globais	**Cenário Atual**	**Solução 1**	**Solução 2**	**Solução 3**	**Solução 4**
Nível de Serviço	F	E	D	C	C
Tempo Médio (s)	438.45	291.63	214.27	204.41	198.62
Custo Médio Geral (R$)	2.75	2.28	2.02	1.98	1.96
Ganho de Tempo (s)	0.00	-146.82	-224.18	-234.03	-239.83
Quantidade de Veiculos (und)	3191.00	4466.00	5268.00	5389.00	5450.00
Fila (m)	345.67	219.67	112.67	103.67	72.00
Atraso Parado (s)	69.73	39.27	20.21	19.08	16.91
Média de Paradas (und)	3.63	1.98	1.12	1.02	0.89
Avaliação por Aproximação - Comprimento de Fila (m)					
Aproximação	**Cenário Atual**	**Solução 1**	**Solução 2**	**Solução 3**	**Solução 4**
Av. Maruipe - Centro/Goiabeiras	485	465	235	237	152
Av. Maruipe - Goiabeiras/Centro	434	46	42	3	5
Rod. Serafim Derenzi	118	148	61	71	59
Ganho de Tempo por Percursos (s)					
Trajeto	**Cenário Atual**	**Solução 1**	**Solução 2**	**Solução 3**	**Solução 4**
1: Centro - Goiabeiras	0.0	-51.6	-208.1	-207.4	-218.9
2: Goiabeiras - Centro	0.0	-273.7	-273.9	-300.0	-299.6
3: Centro - Serafim	0.0	-15.6	-237.9	-238.6	-248.4
4: Serafim - Centro	0.0	-64.3	-138.1	-127.6	-134.3
5: Goiabeiras - Serafim	0.0	-281.0	-286.7	-315.4	-314.9
6: Serafim - Goiabeiras	0.0	-48.1	-126.7	-119.4	-129.0

Quadro 23: Resultados gerais do plano de ação 1 para 2020

Fonte: (Autores, 2020)

A solução 1, uma proposta de baixo custo com zero de desapropriação e poucas intervenções viárias, já apresenta resultados satisfatórios a curto prazo. No entanto, percebe-se que esta proposta apresenta melhorias consideráveis apenas para aqueles que cruzam a interseção no trajeto Goiabeiras/Centro ou Goiabeiras/Serafim, esses usuários possuem um ganho de tempo de mais de 4 minutos e meio por condutor e por viagem em relação ao cenário atual. Apesar de o ganho de mobilidade não ser global, a solução 1 pode ser aplicada de forma quase que imediata devido ao

seu baixo custo de implantação, já tornando melhor a mobilidade local, enquanto que as próximas propostas estejam sendo estudadas.

A solução 2, um pouco mais onerosa que a primeira, mas ainda de baixo custo, apresenta como solução, além do binário, a implementação de uma faixa adicional para conversão à esquerda. Essa proposta, simples da forma que é, apresentou uma grande melhoria em todos os movimentos e aproximações. O ganho médio de tempo de percurso global foi de mais de 3 minutos e meio, com uma redução da fila da Av. Maruípe igual a 238 metros, no sentido Centro/Goiabeiras. Esta, diferente da proposta 1, atingiu todos os movimentos e aproximações e pode vir a ser uma evolução da solução anterior em um médio prazo.

As soluções 3 e 4 são propostas mais onerosas que conforme as simulações apresentam ainda mais melhorias. Porém, como apresentam um custo de desapropriação e de obras bem mais elevadas, talvez não sejam tão viáveis a curto ou médio prazo. Visto que o ganho em relação a solução 2 não é tão elevado. Ao avaliar as previsões de tráfego futuro para 2030 e 2035, percebe-se que as soluções 3 e 4 também atingem nível de serviço D igual a solução 2, apesar de ainda manter outros parâmetros em níveis mais satisfatórios (Quadros 24 e 25).

Comparativo Binário - 2030					
Avaliação Global					
Parâmetros Globais	Cenário Atual	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
Nível de Serviço	F	E	D	D	D
Tempo Médio (s)	448.16	301.68	228.29	218.32	213.24
Custo Médio Geral (R$)	2.78	2.31	2.07	2.03	2.02
Ganho de Tempo (s)	0.00	-146.47	-219.87	-229.83	-234.92
Quantidade de Veiculos (und)	3160.00	4394.00	5287.00	5394.00	5475.00
Fila (m)	346.00	227.67	160.00	148.33	116.67
Atraso Parado (s)	70.62	41.43	26.70	25.34	23.97
Média de Paradas (und)	3.67	2.01	1.22	1.14	1.02
Avaliação por Aproximação - Comprimento de Fila (m)					
Aproximação	Cenário Atual	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
Av. Maruipe - Centro/Goiabeiras	485	466	298	293	202
Av. Maruipe - Goiabeiras/Centro	436	51	40	5	4
Rod. Serafim Derenzi	117	166	142	147	144
Ganho de Tempo por Percursos (s)					
Trajeto	Cenário Atual	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
1: Centro - Goiabeiras	0.0	-49.2	-201.4	-201.7	-212.2
2: Goiabeiras - Centro	0.0	-281.6	-286.4	-310.6	-311.0
3: Centro - Serafim	0.0	-4.3	-236.7	-235.8	-247.0
4: Serafim - Centro	0.0	-51.5	-92.6	-83.6	-87.4
5: Goiabeiras - Serafim	0.0	-284.4	-297.4	-324.8	-325.0
6: Serafim - Goiabeiras	0.0	-34.4	-82.1	-77.4	-82.5

Quadro 24: Resultados gerais do plano de ação 1 para 2030

Fonte: (Autores, 2020)

Comparativo Binário - 2035					
Avaliação Global					
Parâmetros Globais	Cenário Atual	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
Nível de Serviço	F	E	D	D	D
Tempo Médio (s)	449.65	299.32	229.43	218.82	214.61
Custo Médio Geral (R$)	2.79	2.30	2.07	2.04	2.02
Ganho de Tempo (s)	0.00	-150.33	-220.22	-230.83	-235.04
Quantidade de Veiculos (und)	3165.00	4463.00	5286.00	5402.00	5461.00
Fila (m)	346.33	225.33	164.00	149.00	125.00
Atraso Parado (s)	70.72	40.73	26.73	25.23	24.09
Média de Paradas (und)	3.69	1.99	1.24	1.14	1.04
Avaliação por Aproximação - Comprimento de Fila (m)					
Aproximação	Cenário Atual	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
Av. Maruipe - Centro/Goiabeiras	485	462	303	297	227
Av. Maruipe - Goiabeiras/Centro	437	47	48	3	3
Rod. Serafim Derenzi	117	167	141	147	145
Ganho de Tempo por Percursos (s)					
Trajeto	Cenário Atual	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
1: Centro - Goiabeiras	0.0	-50.2	-195.6	-196.5	-205.4
2: Goiabeiras - Centro	0.0	-289.3	-288.5	-315.2	-315.0
3: Centro - Serafim	0.0	-11.2	-233.4	-232.9	-241.3
4: Serafim - Centro	0.0	-50.1	-97.2	-85.3	-88.9
5: Goiabeiras - Serafim	0.0	-294.6	-302.5	-331.6	-331.1
6: Serafim - Goiabeiras	0.0	-32.9	-86.0	-78.4	-83.7

Quadro 25: Resultados gerais do plano de ação 1 para 2035

Fonte: (Autores, 2020)

7.4 PLANO DE AÇÃO COM SIMPLES PROIBIÇÃO DE MOVIMENTO

Uma segunda ideia, concorrente ao plano de implantação de binário, é a simples proibição de conversões à esquerda da Av. Maruípe para a Rod. Serafim Derenzi. Essa proibição tem como objetivo: retirar o sinal de três estágios e também, todos os carros que ficam ocupando a faixa da esquerda aguardando permissão para atravessar. O problema dessa solução é que ao proibir esse movimento, os condutores que vêm do centro de Vitória com destino a Rod. Serafim Derenzi, a partir dessa solução terão que realizar uma volta de aproximadamente 1.200 metros a mais em seu percurso. E ainda, terão que cruzar duas vezes a localidade estudada contribuindo duplamente pelo trânsito.

As figuras 40 e 41 mostram o novo trajeto que terá que ser realizado por esse condutor caso essa proposta seja a implantada. O veículo terá que se dirigir até a Av. Leitão da Silva para pegar o retorno na Rua Dona Maria Rosa e, então, voltar novamente para a Rod. Serafim Derenzi. Para a implantação desta solução é necessário realizar estudos mais detalhados nos cruzamentos que envolvem esse retorno de forma a verificar o impacto desse novo tráfego nestes locais. Todavia, a princípio, estima-se que o impacto será mínimo e que estes cruzamentos conseguem absorver esse novo fluxo sem maiores complicações.

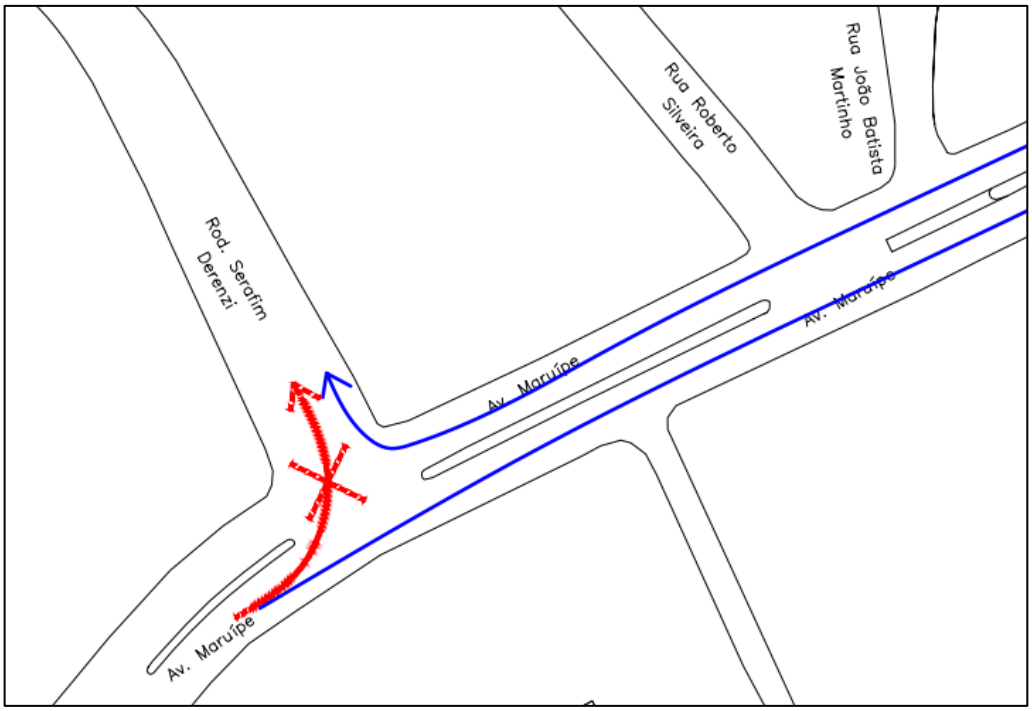


Figura 40: Proibição de movimento

Fonte: (Autores, 2020)

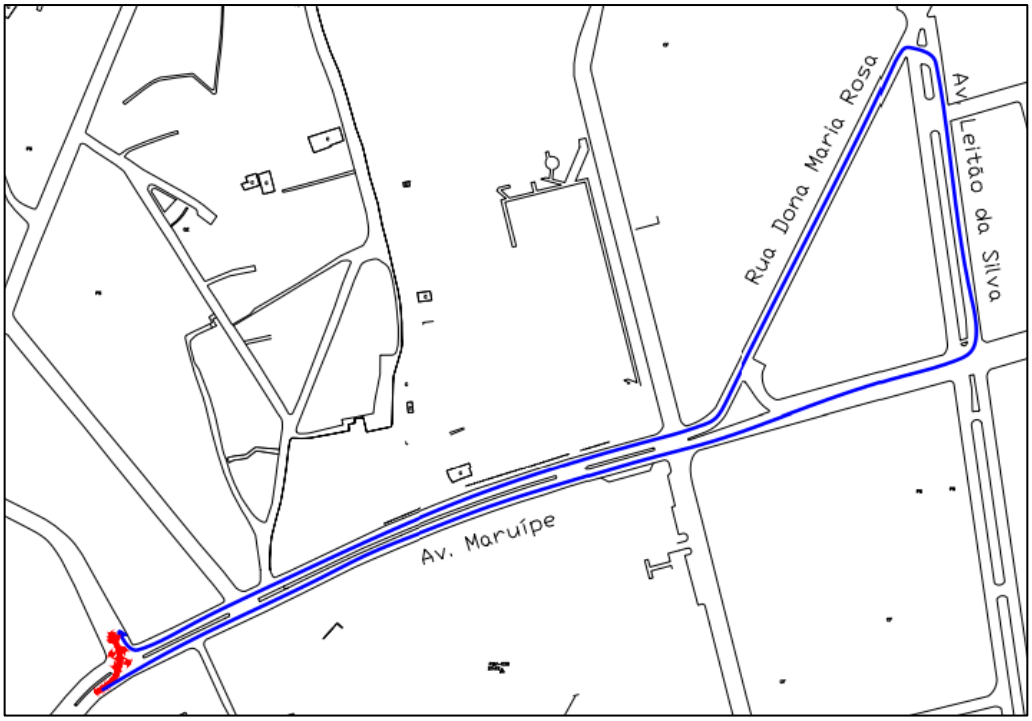


Figura 41: O usuário precisa fazer o contorno na Av. Leitão da Silva

Fonte: (Autores, 2020)

Para essa proposta, serão descritas a seguir 4 soluções viáveis que apresentaram bons resultados. Todas as soluções fazem uso da programação semafórica presente na figura 42 e posicionada conforme figura 43. Com a retirada do terceiro estágio, o tempo de verde de todos os movimentos foi ampliado.

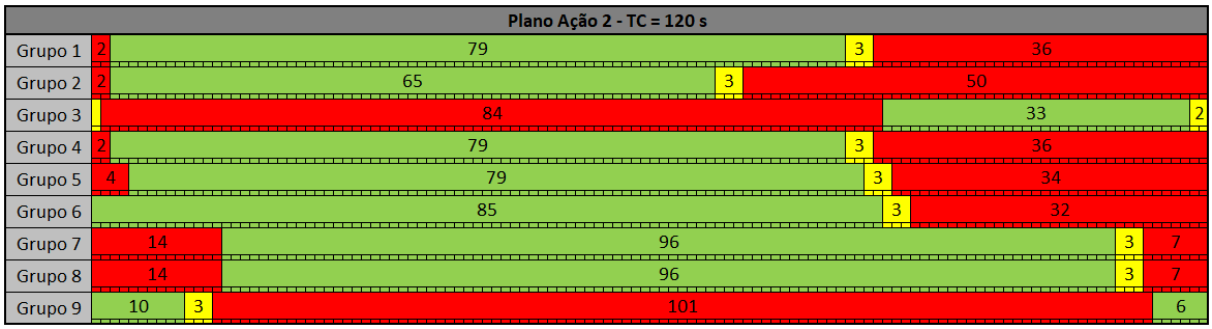


Figura 42: Programação semafórica do plano de ação 2

Fonte: (Autores, 2020)

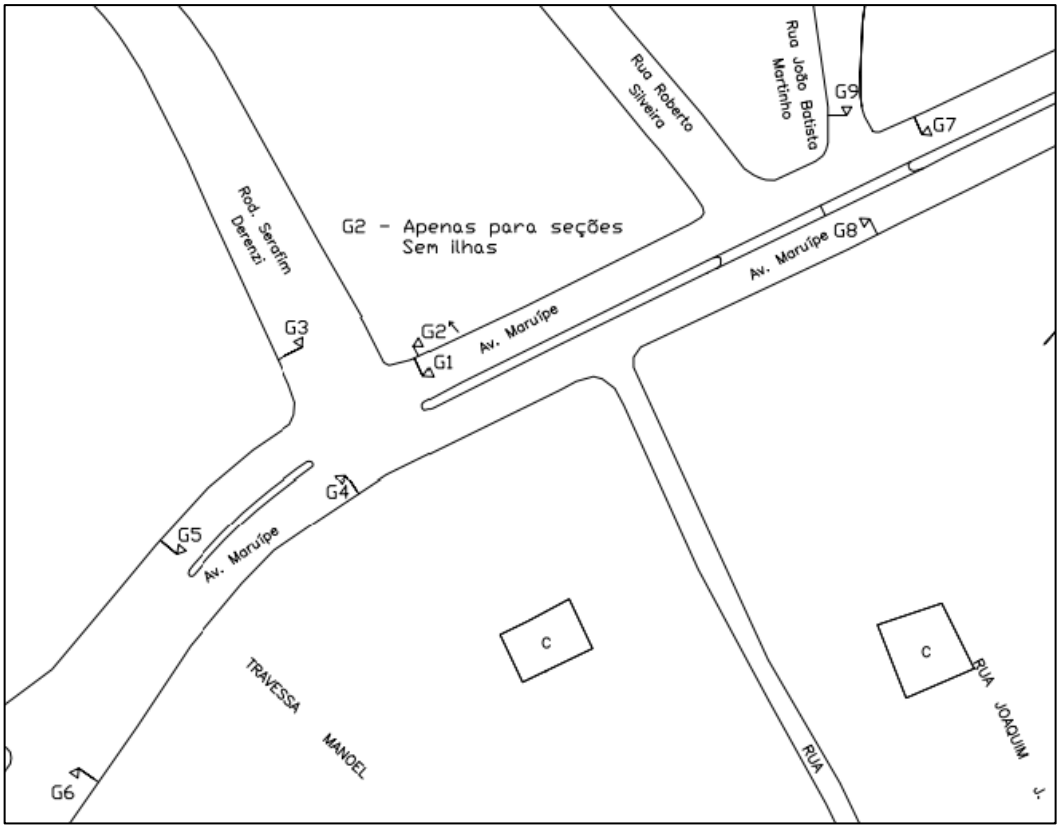


Figura 43: Distribuição dos grupos semafóricos no plano de ação 2

Fonte: (Autores, 2020)

Da mesma forma que o plano do binário, estas soluções serão apresentadas em tópicos a seguir e ao final será apresentado as considerações sobre essas simulações e o plano de ação.

7.4.1 Solução 5 - Simples proibição de movimentos

A proposta 1 trata-se de uma simples proibição do movimento de conversão à esquerda da Av. Maruípe para a Av. Serafim Derenzi. Esta será a solução de menor custo apresentada neste trabalho, pois, utiliza-se apenas de algumas pequenas alterações na sinalização horizontal e vertical com a adição de placas de proibição de conversão à esquerda e a retirada do semáforo. A figura 44 apresenta a disposição da solução que, como podem ver, mantém toda a geometria do cenário atual adicionando apenas a proibição de movimento. Essa solução, como não faz uso de uma ilha de pedestres, requer o uso de um semáforo exclusivo para conversões à direita na Avenida Maruípe. Representado como grupo 2 no plano semafórico. Dessa forma, a conversão à direita tem um tempo reduzido de forma a permitir a travessia segura dos pedestres na Rodovia Serafim Derenzi.

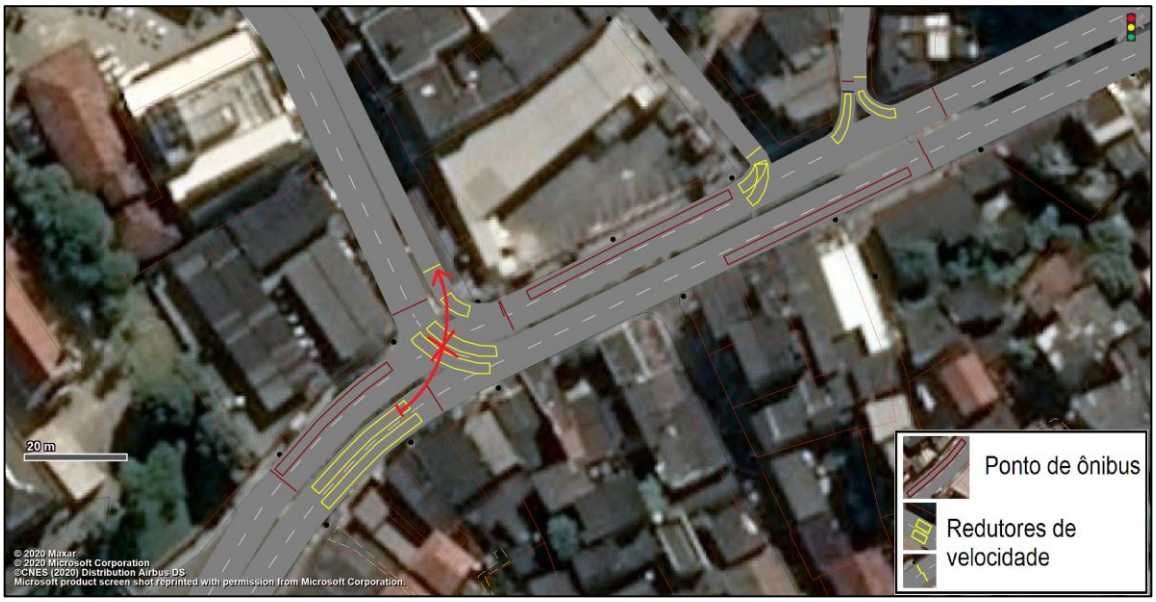


Figura 44: Proibição de movimentos - Geometria proposta, solução 5

Fonte: (Autores, 2020)

O quadro 26 apresenta os resultados obtidos neste cenário. Essa simples solução de baixo custo resultou em uma melhora satisfatória atingindo nível D de serviço. Para essa solução, houve um ganho de tempo médio de quase 3 minutos por condutor, por viagem, com filas médias de 130 metros e com média de 1,32 paradas por motorista. É interessante destacar que, apesar da solução ter impedido a conversão à esquerda, obrigando o condutor que vem do centro com destino a Rodovia Serafim Derenzi a fazer um percurso muito maior, o tempo de percurso para esse usuário foi em média 40 segundos menor.

Avaliação "Volta" - Solução 5 - 2020		
Avaliação Global		
Parâmetros Globais	**Valores - 2020**	
Nível de Serviço	D	
Tempo Médio (s)	276.92	
Custo Médio Geral (R$)	2.28	
Ganho de Tempo (s)	-161.53	
Quantidade de Veiculos (und)	4442.00	
Fila (m)	127.00	
Atraso Parado (s)	24.18	
Média de Paradas (und)	1.31	
Avaliação por Aproximação		
Aproximação	**Fila (m)**	
Av. Maruipe - Centro/Goiabeiras	154	
Av. Maruipe - Goiabeiras/Centro	125	
Rod. Serafim Derenzi	102	
Avaliação Tempo e Custo		
Trajeto	**Tempo**	**Custo**
1: Centro - Goiabeiras	191	2.05
2: Goiabeiras - Centro	323	2.41
3: Centro - Serafim	454	3.89
4: Serafim - Centro	219	1.51
5: Goiabeiras - Serafim	368	2.47
6: Serafim - Goiabeiras	255	2.04

Quadro 26: Resultados da solução 5 para 2020

Fonte: (Autores, 2020)

7.4.2 Solução 6 - Simples proibição de movimentos com adição de ilha

Com o intuito de aumentar a fluidez e a segurança da interseção, essa solução acrescenta uma ilha para as conversões à direita. Essa ilha tem o objetivo de permitir que o tempo de pedestres seja embutido nos estágios veiculares sem o uso de um período de vermelho total para isso (Figura 45). Essa solução já requer um custo um pouco maior que a anterior, mas ainda assim é relativamente baixo, visto que deverá ser realizada a desapropriação de uma parte do estacionamento do supermercado para realizar esta alteração geométrica.

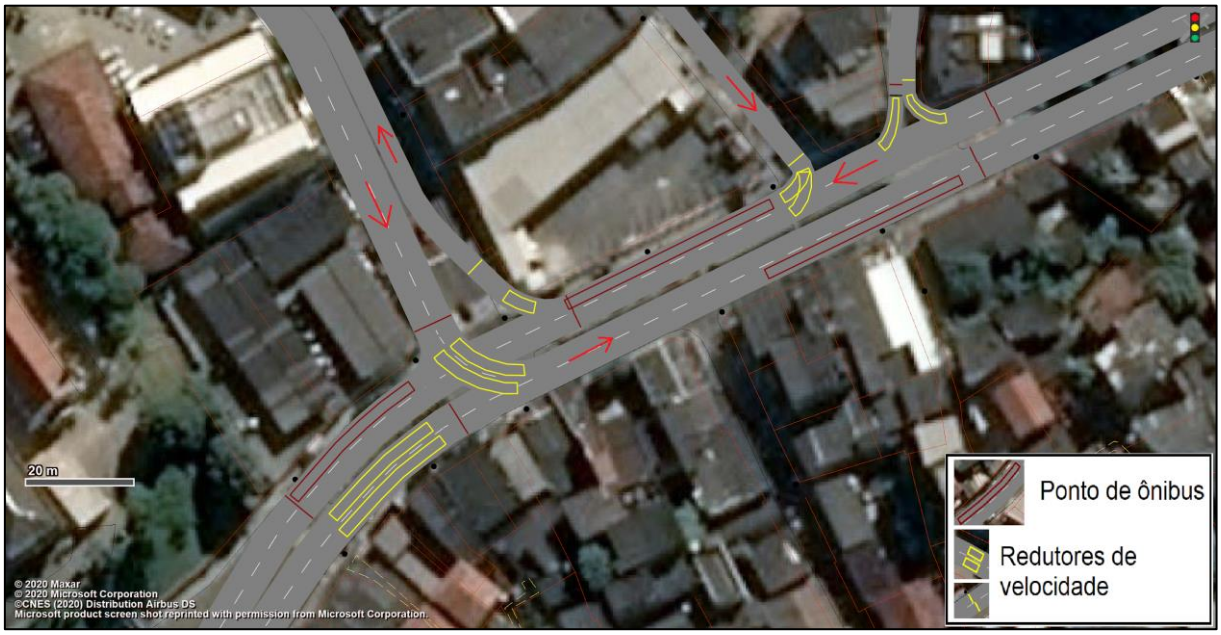


Figura 45: Proibição de movimentos - Geometria proposta, solução 6 com adição de ilha para pedestres

Fonte: (Autores, 2020)

Essa solução atingiu resultados bastante satisfatórios, como pode ser visto no quadro 27. Foi atingido nível C de serviço, com média de filas de apenas 50 metros. A média de paradas para essa solução é de apenas 1.05 por veículo e em geral os condutores gastam em média 3 minutos a menos em suas viagens. O maior ganho dessa solução, foi através da aproximação Goiabeiras/Centro, devido à eliminação do grupo independe de conversões à direita e pela ampliação do raio de giro que permite a

conversão em uma velocidade um pouco mais elevada. Apesar da volta de 1200 metros adicionais realizada pelos condutores que vem na rota Centro-Serafim, pode ser observado um ganho de 100 segundos para esses condutores em relação ao cenário atual.

Avaliação "Volta" - Solução 6 - 2020		
Avaliação Global		
Parâmetros Globais	**Valores - 2020**	
Nível de Serviço	C	
Tempo Médio (s)	253.34	
Custo Médio Geral (R$)	2.20	
Ganho de Tempo (s)	-185.11	
Quantidade de Veiculos (und)	4589.00	
Fila (m)	104.33	
Atraso Parado (s)	19.41	
Média de Paradas (und)	1.07	
Avaliação por Aproximação		
Aproximação	**Fila (m)**	
Av. Maruipe - Centro/Goiabeiras	171	
Av. Maruipe - Goiabeiras/Centro	39	
Rod. Serafim Derenzi	103	
Avaliação Tempo e Custo		
Trajeto	**Tempo**	**Custo**
1: Centro - Goiabeiras	191	2.05
2: Goiabeiras - Centro	279	2.26
3: Centro - Serafim	402	3.71
4: Serafim - Centro	225	1.53
5: Goiabeiras - Serafim	298	2.23
6: Serafim - Goiabeiras	260	2.06

Quadro 27: Resultados da solução 6 para 2020

Fonte: (Autores, 2020)

7.4.3 Solução 7 - Simples proibição de movimentos com adição de ilha e adição de faixa de desaceleração.

Um pouco mais onerosa que a anterior, essa solução visa incorporar também a adição de uma faixa de desaceleração para conversões à direita. Como esse movimento do

trajeto Goiabeiras/Serafim é bem intenso e como essa solução fortalece ainda mais esse trânsito através do tráfego proveniente do Centro, optou-se por avaliar também essa proposta de forma a garantir maior fluidez no tráfego passante. A figura 46 apresenta como fica a geometria do local com esta solução, repare que com esta solução o ponto de ônibus também fica deslocado da via principal.



Figura 46: Proibição de movimentos - Geometria proposta, solução 7 com adição de ilha para pedestres e faixa de desaceleração

Fonte: (Autores, 2020)

Essa solução em relação a 2 não apresentou grandes avanços. O resultado ficou bem parecido apesar do custo bem mais elevado. Nesta solução, será necessário realizar uma desapropriação maior do estacionamento do supermercado além do custo de investimento no aterro e construção de uma nova faixa de tráfego. Como pode ser visto no quadro 28, essa solução atingiu nível C de serviço com ganhos médios de 3 minutos e 13 segundos por condutor.

Avaliação "Volta" - Solução 7 - 2020		
Avaliação Global		
Parâmetros Globais	**Valores - 2020**	
Nível de Serviço	C	
Tempo Médio (s)	243.92	
Custo Médio Geral (R$)	2.17	
Ganho de Tempo (s)	-194.53	
Quantidade de Veiculos (und)	4663.00	
Fila (m)	90.33	
Atraso Parado (s)	17.70	
Média de Paradas (und)	0.94	
Avaliação por Aproximação		
Aproximação	**Fila (m)**	
Av. Maruipe - Centro/Goiabeiras	163	
Av. Maruipe - Goiabeiras/Centro	3	
Rod. Serafim Derenzi	105	
Avaliação Tempo e Custo		
Trajeto	**Tempo**	**Custo**
1: Centro - Goiabeiras	190	2.04
2: Goiabeiras - Centro	263	2.20
3: Centro - Serafim	379	3.63
4: Serafim - Centro	226	1.54
5: Goiabeiras - Serafim	274	2.15
6: Serafim - Goiabeiras	260	2.06

Quadro 28: Resultados da solução 7 para 2020

Fonte: (Autores, 2020)

7.4.4 Solução 8 - Simples proibição de movimentos com adição de ilha, adição de faixa de desaceleração e recuo para ônibus

Como pode ser visto em todas as soluções anteriores, ainda existe uma grande fila na aproximação da Av. Maruípe no sentido Centro/Goiabeiras, apesar do tempo de percurso ter sido reduzido drasticamente. Dessa forma, foi construído esse cenário com a adição de um recuo para o ponto de ônibus neste sentido conforme mostrado na figura 47.

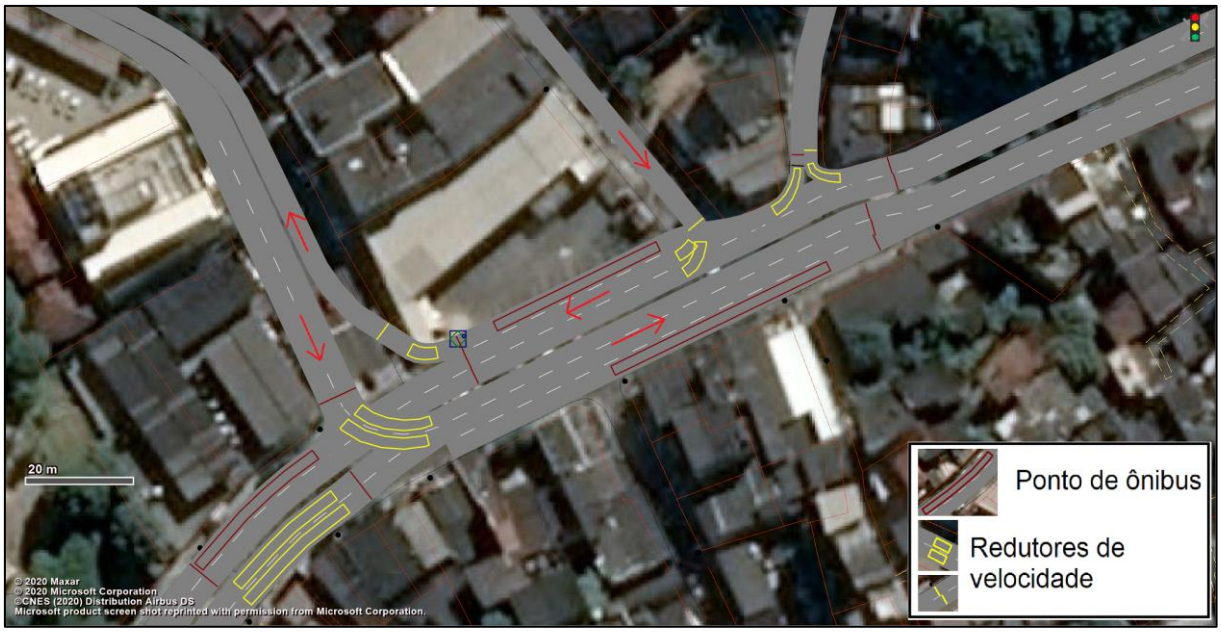


Figura 47: Proibição de movimentos - Geometria proposta, solução 8 com adição de ilha para pedestres, faixa de desaceleração e recuo para ônibus

Fonte: (Autores, 2020)

O quadro 29 apresenta este resultado. Observa-se que com a adição do recuo para os ônibus, o tamanho da fila e o tempo de percurso do trajeto Centro/Goiabeiras estranhamente aumentou. O motivo desse acontecimento não é claro, acredita-se que o retorno do ônibus à pista causa um conflito que neste caso foi mais prejudicial do que a própria parada do veículo. É possível, ainda, que como nesta simulação está fluindo em média 250 veículos a mais no sentido Centro/Goiabeiras que o problema esteja sendo ocasionado por reflexos da próxima interseção.

Avaliação "Volta" - Solução 8 - 2020		
Avaliação Global		
Parâmetros Globais	**Valores - 2020**	
Nível de Serviço	D	
Tempo Médio (s)	257.51	
Custo Médio Geral (R$)	2.21	
Ganho de Tempo (s)	-180.94	
Quantidade de Veiculos (und)	4913.00	
Fila (m)	124.00	
Atraso Parado (s)	19.38	
Média de Paradas (und)	1.17	
Avaliação por Aproximação		
Aproximação	**Fila (m)**	
Av. Maruipe - Centro/Goiabeiras	260	
Av. Maruipe - Goiabeiras/Centro	4	
Rod. Serafim Derenzi	108	
Avaliação Tempo e Custo		
Trajeto	**Tempo**	**Custo**
1: Centro - Goiabeiras	227	2.17
2: Goiabeiras - Centro	257	2.19
3: Centro - Serafim	413	3.75
4: Serafim - Centro	231	1.55
5: Goiabeiras - Serafim	267	2.12
6: Serafim - Goiabeiras	273	2.10

Quadro 29: Resultados da solução 8 para 2020

Fonte: (Autores, 2020)

7.4.5 Comparativo e plano de ação - Proibição de Movimento (“Volta”)

As propostas acima apresentaram de modo geral bons resultados, com destaque para a solução 6 e 7 que apresentaram redução de mais de 3 minutos no tempo de percurso médio. O quadro 30 apresenta o comparativo referente ao tráfego previsto de 2020. Veja que todas as soluções apresentaram ganhos significativos em relação ao cenário atual.

Comparativo "Volta" - 2020					
Avaliação Global					
Parâmetros Globais	**Cenário Atual**	**Solução 5**	**Solução 6**	**Solução 7**	**Solução 8**
Nível de Serviço	F	D	C	C	D
Tempo Médio (s)	438.45	276.92	253.34	243.92	257.51
Custo Médio Geral (R$)	2.75	2.28	2.20	2.17	2.21
Ganho de Tempo (s)	0.00	-161.53	-185.11	-194.53	-180.94
Quantidade de Veiculos (und)	3191.00	4442.00	4589.00	4663.00	4913.00
Fila (m)	345.67	127.00	104.33	90.33	124.00
Atraso Parado (s)	69.73	24.18	19.41	17.70	19.38
Média de Paradas (und)	3.63	1.31	1.07	0.94	1.17
Avaliação por Aproximação - Comprimento de Fila (m)					
Aproximação	**Cenário Atual**	**Solução 5**	**Solução 6**	**Solução 7**	**Solução 8**
Av. Maruipe - Centro/Goiabeiras	485	154	171	163	260
Av. Maruipe - Goiabeiras/Centro	434	125	39	3	4
Rod. Serafim Derenzi	118	102	103	105	108
Ganho de Tempo por Percursos (s)					
Trajeto	**Cenário Atual**	**Solução 5**	**Solução 6**	**Solução 7**	**Solução 8**
1: Centro - Goiabeiras	0.0	-233.0	-232.7	-234.4	-196.5
2: Goiabeiras - Centro	0.0	-185.4	-230.2	-246.1	-251.4
3: Centro - Serafim	0.0	-38.2	-90.8	-113.5	-79.3
4: Serafim - Centro	0.0	-45.7	-40.1	-38.8	-33.8
5: Goiabeiras - Serafim	0.0	-153.9	-223.9	-247.8	-255.4
6: Serafim - Goiabeiras	0	-34	-28	-28	-16

Quadro 30: Resultados gerais do plano de ação 2 para 2020

Fonte: (Autores, 2020)

A solução 5, uma importante proposta devido ao seu baixíssimo custo de implantação, apresentou resultados muito satisfatórios considerando a relação custo/benefício. Com essa implantação, é prevista apenas a proibição do movimento e a implantação da sinalização para esse fim. Com essa medida, o condutor que realiza o trajeto Centro/Serafim é obrigado a fazer uma volta que adiciona um trajeto de mais de 1.200 metros. Apesar disso, repare que mesmo para esse indivíduo, houve ganho de 38 segundos no tempo de percurso devido ao grande ganho em mobilidade. Essa solução apresentou filas médias de 127 metros, bem melhor que o cenário atual e ainda uma média de paradas de apenas 1,3 vezes, o que demonstra um trânsito bem mais fluido. Essa solução é tão simples que a obra de alteração pode ser realizada em apenas 1 ou 2 dias, causando baixíssimo impacto no trânsito durante a execução.

A solução 6, em relação à anterior, faz apenas a adição de uma ilha de forma a facilitar a travessia de pedestres e ampliar o tempo de verde para conversões à direita

conforme já foi mencionado. Essa proposta necessita de uma pequena desapropriação de parte do terreno do supermercado, sendo ainda de baixo custo, mas já um pouco mais onerosa que a solução 5. Apesar disso, observa-se um resultado bastante elevado. Em geral, houve uma redução média no tempo de viagem de 3 minutos podendo chegar a quase 4 minutos em alguns trajetos. Para essa solução, foi visto uma fila média de 104 metros com nível de serviço C e média de paradas 1,07 vezes. É interessante apontar que no cenário atual, além do nível F de serviço, os usuários perdem em média 70 segundos com o automóvel completamente parado no trânsito; com essa solução, esse valor cai apenas para 20 segundos, o que representa um ganho de conforto para todos os condutores e passageiros.

A solução 7, com o objetivo de aumentar ainda mais a fluidez do tráfego, faz uso da implementação de uma faixa de desaceleração para conversões à direita. O que necessita de mais desapropriação de parte do estacionamento do supermercado. Essa solução, apesar de apresentar excelentes indicadores, não se mostrou muito interessante visto que existe pouco ganho em relação à proposta 6 e um custo significativamente maior.

A solução 8, projetada com o intuito de reduzir o trânsito no trajeto Centro/Goiabeiras, implementou o uso de uma faixa de recuo para a parada de ônibus. Essa proposta deslocou ainda mais a avenida para a área do supermercado e adjacências, aumentando consideravelmente os custos com desapropriação. Ao contrário do que se esperava, essa solução não apresentou resultados satisfatórios com relação às propostas 6 e 7.

Esses resultados apresentados para o tráfego estimado de 2020 são verificados, também, nas simulações de 2030 e 2035. Nos quadros 31 e 32 são apresentados esses resultados. Observa-se que os índices não apresentaram grandes variações e que é provável que isso tenha sido ocasionado pela retenção causada por semáforos a montante da interseção estudada. Ou seja, a interseção analisada nessas propostas está mais eficiente do que os cruzamentos que a antecede.

Comparativo "Volta" - 2030					
Avaliação Global					
Parâmetros Globais	**Cenário Atual**	**Solução 5**	**Solução 6**	**Solução 7**	**Solução 8**
Nível de Serviço	F	D	D	C	D
Tempo Médio (s)	438.45	280.36	257.58	246.14	259.00
Custo Médio Geral (R$)	2.75	2.29	2.22	2.18	2.22
Ganho de Tempo (s)	0.00	-167.79	-190.58	-202.01	-189.15
Quantidade de Veiculos (und)	3191.00	4439.00	4590.00	4660.00	4923.00
Fila (m)	345.67	129.67	113.67	95.33	120.33
Atraso Parado (s)	69.73	24.11	19.83	17.83	19.21
Média de Paradas (und)	3.63	1.31	1.10	0.97	1.15
Avaliação por Aproximação - Comprimento de Fila (m)					
Aproximação	**Cenário Atual**	**Solução 5**	**Solução 6**	**Solução 7**	**Solução 8**
Av. Maruipe - Centro/Goiabeiras	485	159	189	175	250
Av. Maruipe - Goiabeiras/Centro	434	127	50	6	3
Rod. Serafim Derenzi	118	103	102	105	108
Ganho de Tempo por Percursos (s)					
Trajeto	**Cenário Atual**	**Solução 5**	**Solução 6**	**Solução 7**	**Solução 8**
1: Centro - Goiabeiras	0.0	-233.3	-231.4	-234.2	-197.3
2: Goiabeiras - Centro	0.0	-181.8	-224.7	-245.0	-251.5
3: Centro - Serafim	0.0	-38.0	-85.9	-112.7	-80.8
4: Serafim - Centro	0.0	-36.1	-33.2	-29.9	-24.1
5: Goiabeiras - Serafim	0.0	-150.8	-218.3	-247.6	-255.0
6: Serafim - Goiabeiras	0	-24	-22	-18	-6

Quadro 31: Resultados gerais do plano de ação 2 para 2030

Fonte: (Autores, 2020)

Comparativo "Volta" - 2035					
Avaliação Global					
Parâmetros Globais	**Cenário Atual**	**Solução 5**	**Solução 6**	**Solução 7**	**Solução 8**
Nível de Serviço	F	D	C	C	D
Tempo Médio (s)	449.65	280.79	256.26	245.71	258.32
Custo Médio Geral (R$)	2.79	2.30	2.21	2.18	2.22
Ganho de Tempo (s)	0.00	-168.86	-193.39	-203.94	-191.33
Quantidade de Veiculos (und)	3165.00	4440.00	4603.00	4669.00	4938.00
Fila (m)	346.33	130.00	109.00	95.33	122.00
Atraso Parado (s)	70.72	24.45	19.68	17.86	19.17
Média de Paradas (und)	3.69	1.33	1.09	0.95	1.16
Avaliação por Aproximação - Comprimento de Fila (m)					
Aproximação	**Cenário Atual**	**Solução 5**	**Solução 6**	**Solução 7**	**Solução 8**
Av. Maruipe - Centro/Goiabeiras	485	160	178	177	255
Av. Maruipe - Goiabeiras/Centro	437	128	45	4	4
Rod. Serafim Derenzi	117	102	104	105	107
Ganho de Tempo por Percursos (s)					
Trajeto	**Cenário Atual**	**Solução 5**	**Solução 6**	**Solução 7**	**Solução 8**
1: Centro - Goiabeiras	0.0	-232.4	-232.2	-233.3	-198.7
2: Goiabeiras - Centro	0.0	-196.7	-243.2	-262.0	-267.1
3: Centro - Serafim	0.0	-36.9	-91.3	-115.3	-83.3
4: Serafim - Centro	0.0	-49.7	-42.7	-39.4	-33.7
5: Goiabeiras - Serafim	0.0	-165.2	-236.0	-264.9	-270.9
6: Serafim - Goiabeiras	0.0	-35.5	-29.7	-28.3	-18.1

Quadro 32: Resultados gerais do plano de ação 2 para 2035

Fonte: (Autores, 2020)

7.5 OUTRAS SOLUÇÕES

Além das oito soluções apresentadas acima, mostra-se nesse tópico outras três propostas que visam apresentar novas alternativas ao que já foi proposto.

7.5.1 Solução 9, alternativa à implantação do binário

A solução 9 tem como objetivo ser uma alternativa às propostas de implantação de binário. As propostas de binário possuem o problema de direcionar um tráfego intenso à uma via originalmente residencial o que requer intervenções para mitigação do tráfego. A solução 9 abaixo, visa oferecer uma alternativa de solução para este problema de forma a reduzir a intensidade do tráfego nesta via local. Para isso, foi projetada uma alternativa mantendo a Rodovia Serafim Derenzi em mão dupla, de forma a permitir a conversão à direita e o acesso por parte dos condutores originados de Goiabeiras e proximidades. A conversão à esquerda de quem vem do centro com destino a Rodovia Serafim Derenzi se mantém na Rua Roberto Silveira da mesma forma como nas soluções com binário. Assim, o fluxo maior com destino a Serafim Derenzi se mantém na própria rodovia e o fluxo menor originário através da conversão a esquerda é direcionado para a via paralela. Dessa forma, garante-se o uso de apenas 2 estágios na interseção sem causar um fluxo muito intenso de veículos na Rua Roberto Silveira. A figura 48 apresenta essas alterações. Veja que é empregado o uso de um grupo semafórico independente para a conversão à direita. Essa proposta ainda pode ser melhorada a partir do uso de ilha para conversão à direita na rodovia Serafim Derenzi.



Figura 48: Geometria proposta, solução 9 com mudança do ponto de conversão e sem binário

Fonte: (Autores, 2020)

O quadro 33 apresenta os resultados desta proposta, veja que eles se aproximam da solução 2, com a vantagem de não solicitar muito a via local paralela e ainda permitir passagem de veículos de grande porte. Repare, que em relação às propostas de binário, essa solução não apresenta ganhos tão expressivos para os veículos que estão saindo da Rodovia Serafim Derenzi, devido ao uso de apenas 2 faixas de rolamento, ao contrário das 3 propostas nas soluções de binário.

Avaliação Adicional- Solução 9 - 2020		
Avaliação Global		
Parâmetros Globais	**Valores - 2020**	
Nível de Serviço	D	
Tempo Médio (s)	244.84	
Custo Médio Geral (R$)	2.11	
Ganho de Tempo (s)	-193.61	
Quantidade de Veiculos (und)	4878.00	
Fila (m)	130.33	
Atraso Parado (s)	24.59	
Média de Paradas (und)	1.30	
Avaliação por Aproximação		
Aproximação	**Fila (m)**	
Av. Maruipe - Centro/Goiabeiras	144	
Av. Maruipe - Goiabeiras/Centro	145	
Rod. Serafim Derenzi	102	
Avaliação Tempo e Custo		
Trajeto	**Tempo**	**Custo**
1: Centro - Goiabeiras	206	2.10
2: Goiabeiras - Centro	271	2.23
3: Centro - Serafim	245	2.00
4: Serafim - Centro	211	1.49
5: Goiabeiras - Serafim	291	2.21
6: Serafim - Goiabeiras	247	2.01

Quadro 33: Resultados da solução 9 para 2020

Fonte: (Autores, 2020)

7.5.2 Solução 10, Proibição de Movimento + Binários

Essa proposta foi projetada de forma a tentar melhorar o tráfego dos usuários que estão saindo da Rodovia Serafim Derenzi e acessando a Av. Maruípe. Percebeu-se que a implantação do binário resultou em boas melhorias para o fluxo proveniente da Serafim Derenzi devido a possibilidade de implantação de uma terceira faixa para conversões e que, também, as soluções de proibição de movimento (Volta) apresentaram resultados bastante satisfatórios com investimento baixos. Dessa forma, tentou-se agregar as vantagens dos dois planos de trabalho nesta solução (Figura 49).

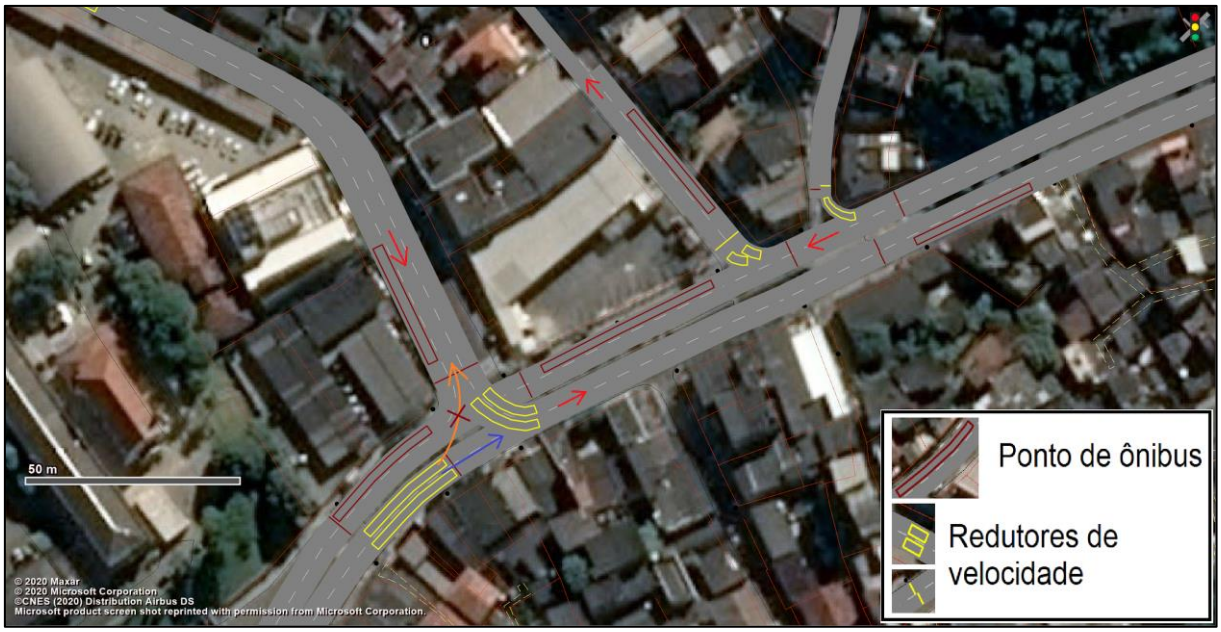


Figura 49: Geometria proposta, solução 10 proibição de movimento com binário

Fonte: (Autores, 2020)

No entanto, os resultados não foram muito satisfatórios. Em ambos os planos de ação foi possível encontrar soluções de baixo custo mais eficazes. Esse resultado ineficiente foi causado devido à sobrecarga do trecho a jusante da interseção na Av. Maruípe, no sentido Centro/Goiabeiras. Esse trecho com apenas duas faixas não comporta o tráfego do trajeto Centro/Goiabeiras, mais o fluxo do Centro/Serafim que está fazendo a volta na Av. Leitão da Silva e, ainda, o fluxo extra devido ao aumento do fluxo de saída da Serafim Derenzi.

Essa solução comprova que a simples fusão dos dois métodos pode não resultar em uma solução mais eficiente. E demonstra que qualquer solução derivativa das apresentadas deve ser simulada antes de serem implantadas.

Avaliação Adicional - Solução 10 - 2020		
Avaliação Global		
Parâmetros Globais	**Valores - 2020**	
Nível de Serviço	D	
Tempo Médio (s)	273.19	
Custo Médio Geral (R$)	2.27	
Ganho de Tempo (s)	-165.26	
Quantidade de Veiculos (und)	4848.00	
Fila (m)	199.67	
Atraso Parado (s)	30.89	
Média de Paradas (und)	1.59	
Avaliação por Aproximação		
Aproximação	**Fila (m)**	
Av. Maruipe - Centro/Goiabeiras	437	
Av. Maruipe - Goiabeiras/Centro	3	
Rod. Serafim Derenzi	159	
Avaliação Tempo e Custo		
Trajeto	**Tempo**	**Custo**
1: Centro - Goiabeiras	279	2.34
2: Goiabeiras - Centro	251	2.16
3: Centro - Serafim	465	3.99
4: Serafim - Centro	219	1.52
5: Goiabeiras - Serafim	264	2.18
6: Serafim - Goiabeiras	266	2.08

Quadro 34: Resultados da solução 10 para 2020

Fonte: (Autores, 2020)

7.5.3 Solução 11, Proibição de Movimento + Binários com adição de terceira faixa

De forma a melhorar a solução anterior, foi projetada a solução 11 ampliando para três faixas na Avenida Maruípe no trecho entre o cruzamento de estudo e a Av. Leitão da Silva no sentido Centro/Goiabeiras. Essa proposta visa aumentar a capacidade desse trecho que na solução 10 impactou na fluidez da interseção. A figura 50 apresenta a solução da interseção. Observa-se que apenas foi adicionada a terceira faixa e que o ponto de ônibus proposto anteriormente na saída da Serafim Derenzi foi extinto e transferido novamente para a Av. Maruípe.



Figura 50: Geometria proposta, solução 10 proibição de movimento com binário e faixa adicional

Fonte: (Autores, 2020)

Essa solução apresentou resultados incríveis, apesar do grande custo de obra devido ao grande trecho de desapropriação e aos cortes de taludes em rocha. É visível no quadro 35 que a fluidez se tornou muito mais agradável atingindo níveis de serviço B com filas bem pequenas. No entanto, perceba que o tempo de percurso nos trechos que recebem os veículos provenientes de Goiabeiras e também do trecho Centro/Serafim aumentou em relação a algumas outras propostas já apresentadas neste trabalho. Esse aumento ocorreu devido à sobrecarga da rua Dona Maria Rosa que está recebendo um fluxo bem alto de veículos do trajeto Centro/Serafim, ou seja, as duas faixas não estão comportando bem o tráfego extra. Esse problema está mais evidente nesta solução devido às melhorias que ocorreram no outro sentido que possibilitaram um fluxo ainda mais intenso.

No entanto, apesar disso, o cenário foi bastante interessante e pode ainda ser melhorado adicionando uma 3ª faixa no sentido Goiabeiras/Centro, no segmento entre a Av. Leitão da Silva e a rua Roberto Silveira, semelhante ao que já foi implantado no sentido inverso.

Avaliação "Volta" - Solução 11 - 2020		
Avaliação Global		
Parâmetros Globais	**Valores - 2030**	
Nível de Serviço	B	
Tempo Médio (s)	217.39	
Custo Médio Geral (R$)	2.09	
Ganho de Tempo (s)	-221.06	
Quantidade de Veiculos (und)	5551.00	
Fila (m)	13.67	
Atraso Parado (s)	8.43	
Média de Paradas (und)	0.49	
Avaliação por Aproximação		
Aproximação	**Fila (m)**	
Av. Maruipe - Centro/Goiabeiras	6.00	
Av. Maruipe - Goiabeiras/Centro	3.00	
Rod. Serafim Derenzi	32.00	
Avaliação Tempo e Custo		
Trajeto	**Tempo**	**Custo**
1: Centro - Goiabeiras	164.98	1.96
2: Goiabeiras - Centro	272.64	2.24
3: Centro - Serafim	368.27	3.66
4: Serafim - Centro	112.78	1.16
5: Goiabeiras - Serafim	287.62	2.26
6: Serafim - Goiabeiras	141.19	1.66

Quadro 35: Resultados da solução 11 para 2020

Fonte: (Autores, 2020)

7.6 RECOMENDAÇÕES DE IMPLANTAÇÃO

Como descrito acima, foram apresentadas 11 soluções de implantação divididas em 3 agrupamentos: o plano de ação com implantação de binário, o plano de ação com proibição de movimento e outras propostas adicionais. Os planos de ação, representam cenários similares que partem de uma única proposta em comum e demonstram evoluções naturais, porém nada impede de migrar entre um plano e outro ao longo do tempo. Além disso, as propostas adicionais podem apresentar informações interessantes que contribuem para a tomada de decisão. Escolher qual proposta seguir e quando implantar é um tanto quanto complicado, deve-se avaliar o

custo-benefício de cada solução e então decidir por aquela que apresenta melhores resultados a um custo inferior. O quadro 36 abaixo, apresenta um resumo dos custos esperados de cada solução e uma escala de custos que varia entre muito baixo e muito alto.

Comparativo de Custo		
Propostas	**Nível**	**Custos Esperados**
Solução 1	Baixo	Alterações de sinalização horizontal, vertical e semafórica, abertura de canteiro central e instalação de medidas moderadoras de tráfego
Solução 2	Médio	Idem a solução 1 mais a desapropriação de aproximadamente 210m² de área de estacionamento do supermercado e construção de 1 faixa de rolamento com 60 metros de comprimento
Solução 3	Alto	Idem a solução 2 com acréscimo de desapropriação de mais duas residências por completo, a construção de mais 100 metros de faixa de rolamento e corte e contenção de taludes em rocha com aproximadamente 70 metros
Solução 4	Alto	Idem a solução 3 com acréscimo de mais 210m² de desapropriação na área do estacionamento do supermercado e com a construção de mais uma faixa de rolamento com 100 metros de comprimento
Solução 5	Muito Baixo	Alteração de sinalização horizontal, vertical e semafórica
Solução 6	Baixo	Idem a solução 5, com a adição de desapropriação de uma pequena área do estacionamento do supermercado e construção de uma ilha
Solução 7	Médio	Idem a solução 6, incluindo mais uma desapropriação de 210m² de área do estacionamento do supermercado e uma construção de uma faixa de rolamento com 60 metros de comprimento
Solução 8	Alto	Semelhante a solução 4, porém descontando os custos com medidas moderadoras de tráfego
Solução 9	Médio	Idem a solução 2
Solução 10	Baixo	Idém a solução 1
Solução 11	Muito Alto	Idem ao item 5 e mais a desapropriação de 210m² de área do estacionamento e mais 300 metros de desapropriação de diversas áreas privadas e residências ao longo da pista. Além da construção de 360 metros de faixa de rolamento e corte em rocha por aproximadamente 120 metros.

Quadro 36: Nível de custo de cada solução

Fonte: (Autores, 2020)

Os quadros 37, 38 e 39 apresentam os resultados de todas as simulações descritas anteriormente, neles é possível comparar todos os cenários lado a lado de forma a tomar a melhor decisão possível. Em seguida, será descrito quais soluções devem ser implantadas e quando.

Comparativo - 2020												
Avaliação Global												
Parâmetros Globais	**C. Atual**	**Plano de ação 1 - Binário**				**Plano de ação 2 - "Volta"**				**Outras**		
		Sol. 1	**Sol. 2**	**Sol. 3**	**Sol. 4**	**Sol. 5**	**Sol. 6**	**Sol. 7**	**Sol. 8**	**Sol. 9**	**Sol. 10**	**Sol. 11**
Nível de Serviço	F	E	D	C	C	D	C	C	D	D	D	B
Tempo Médio (s)	438	292	214	204	199	277	253	244	258	245	273	217
Custo Médio Geral (R$)	2.75	2.28	2.02	1.98	1.96	2.28	2.20	2.17	2.21	2.11	2.27	2.09
Ganho de Tempo (s)	0	-147	-224	-234	-240	-162	-185	-195	-181	-194	-165	-221
Quant. de Veiculos (und)	3191	4466	5268	5389	5450	4442	4589	4663	4913	4878	4848	5551
Fila (m)	346	220	113	104	72	127	104	90	124	130	200	14
Atraso Parado (s)	70	39	20	19	17	24	19	18	19	25	31	8
Média de Paradas (und)	3.63	1.98	1.12	1.02	0.89	1.31	1.07	0.94	1.17	1.30	1.59	0.49
Avaliação por Aproximação - Comprimento de Fila (m)												
Aproximação	**C. Atual**	**Plano de ação 1 - Binário**				**Plano de ação 2 - "Volta"**				**Outras**		
		Sol. 1	**Sol. 2**	**Sol. 3**	**Sol. 4**	**Sol. 5**	**Sol. 6**	**Sol. 7**	**Sol. 8**	**Sol. 9**	**Sol. 10**	**Sol. 11**
Av. Maruipe - Centro/Goiab.	485	465	235	237	152	154	171	163	260	144	437	6
Av. Maruipe - Goiab./Centro	434	46	42	3	5	125	39	3	4	145	3	3
Rod. Serafim Derenzi	118	148	61	71	59	102	103	105	108	102	159	32
Ganho de Tempo por Percursos (s)												
Trajeto	**C. Atual**	**Plano de ação 1 - Binário**				**Plano de ação 2 - "Volta"**				**Outras**		
		Sol. 1	**Sol. 2**	**Sol. 3**	**Sol. 4**	**Sol. 5**	**Sol. 6**	**Sol. 7**	**Sol. 8**	**Sol. 9**	**Sol. 10**	**Sol. 11**
1: Centro - Goiabeiras	0	-52	-208	-207	-219	-233	-233	-234	-197	-218	-144	-259
2: Goiabeiras - Centro	0	-274	-274	-300	-300	-185	-230	-246	-251	-237	-258	-236
3: Centro - Serafim	0	-16	-238	-239	-248	-38	-91	-113	-79	-248	-27	-124
4: Serafim - Centro	0	-64	-138	-128	-134	-46	-40	-39	-34	-54	-45	-152
5: Goiabeiras - Serafim	0	-281	-287	-315	-315	-154	-224	-248	-255	-231	-258	-235
6: Serafim - Goiabeiras	0	-48	-127	-119	-129	-34	-28	-28	-16	-42	-22	-147

Quadro 37: Resumo de todas as soluções para o tráfego de 2020

Fonte: (Autores, 2020)

Comparativo - 2030												
Avaliação Global												
Parâmetros Globais	**C. Atual**	**Plano de ação 1 - Binário**				**Plano de ação 2 - "Volta"**				**Outras**		
		Sol. 1	**Sol. 2**	**Sol. 3**	**Sol. 4**	**Sol. 5**	**Sol. 6**	**Sol. 7**	**Sol. 8**	**Sol. 9**	**Sol. 10**	**Sol. 11**
Nível de Serviço	F	E	D	D	D	D	D	C	D	D	D	C
Tempo Médio (s)	438	302	228	218	213	280	258	246	259	246	276	230
Custo Médio Geral (R$)	2.75	2.31	2.07	2.03	2.02	2.29	2.22	2.18	2.22	2.12	2.29	2.13
Ganho de Tempo (s)	0	-146	-220	-230	-235	-168	-191	-202	-189	-202	-172	-218
Quant. de Veiculos (und)	3191	4394	5287	5394	5475	4439	4590	4660	4923	4874	4857	5718
Fila (m)	346	228	160	148	117	130	114	95	120	130	203	45
Atraso Parado (s)	70	41	27	25	24	24	20	18	19	25	31	17
Média de Paradas (und)	3.63	2.01	1.22	1.14	1.02	1.31	1.10	0.97	1.15	1.31	1.56	0.68
Avaliação por Aproximação - Comprimento de Fila (m)												
Aproximação	**C. Atual**	**Plano de ação 1 - Binário**				**Plano de ação 2 - "Volta"**				**Outras**		
		Sol. 1	**Sol. 2**	**Sol. 3**	**Sol. 4**	**Sol. 5**	**Sol. 6**	**Sol. 7**	**Sol. 8**	**Sol. 9**	**Sol. 10**	**Sol. 11**
Av. Maruipe - Centro/Goiab.	485	466	298	293	202	159	189	175	250	134	437	16
Av. Maruipe - Goiab./Centro	434	51	40	5	4	127	50	6	3	155	3	3
Rod. Serafim Derenzi	118	166	142	147	144	103	102	105	108	102	169	116
Ganho de Tempo por Percursos (s)												
Trajeto	**C. Atual**	**Plano de ação 1 - Binário**				**Plano de ação 2 - "Volta"**				**Outras**		
		Sol. 1	**Sol. 2**	**Sol. 3**	**Sol. 4**	**Sol. 5**	**Sol. 6**	**Sol. 7**	**Sol. 8**	**Sol. 9**	**Sol. 10**	**Sol. 11**
1: Centro - Goiabeiras	0	-49	-201	-202	-212	-233	-231	-234	-197	-218	-150	-252
2: Goiabeiras - Centro	0	-282	-286	-311	-311	-182	-225	-245	-251	-238	-257	-237
3: Centro - Serafim	0	-4	-237	-236	-247	-38	-86	-113	-81	-246	-28	-113
4: Serafim - Centro	0	-51	-93	-84	-87	-36	-33	-30	-24	-45	-27	-102
5: Goiabeiras - Serafim	0	-284	-297	-325	-325	-151	-218	-248	-255	-232	-254	-233
6: Serafim - Goiabeiras	0	-34	-82	-77	-83	-24	-22	-18	-6	-32	0	-98

Quadro 38: Resumo de todas as soluções para o tráfego de 2030

Fonte: (Autores, 2020)

Comparativo - 2035												
Avaliação Global												
Parâmetros Globais	**C. Atual**	**Plano de ação 1 - Binário**				**Plano de ação 2 - "Volta"**				**Outras**		
		Sol. 1	**Sol. 2**	**Sol. 3**	**Sol. 4**	**Sol. 5**	**Sol. 6**	**Sol. 7**	**Sol. 8**	**Sol. 9**	**Sol. 10**	**Sol. 10**
Nível de Serviço	F	E	D	D	D	D	C	C	D	D	D	C
Tempo Médio (s)	450	299	229	219	215	281	256	246	258	247	280	231
Custo Médio Geral (R$)	2.79	2.30	2.07	2.04	2.02	2.30	2.21	2.18	2.22	2.13	2.30	2.14
Ganho de Tempo (s)	0	-150	-220	-231	-235	-169	-193	-204	-191	-202	-169	-218
Quant. de Veiculos (und)	3165	4463	5286	5402	5461	4440	4603	4669	4938	4874	4844	5714
Fila (m)	346	225	164	149	125	130	109	95	122	135	205	46
Atraso Parado (s)	71	41	27	25	24	24	20	18	19	25	32	18
Média de Paradas (und)	3.69	1.99	1.24	1.14	1.04	1.33	1.09	0.95	1.16	1.32	1.66	0.68
Avaliação por Aproximação - Comprimento de Fila (m)												
Aproximação	**C. Atual**	**Plano de ação 1 - Binário**				**Plano de ação 2 - "Volta"**				**Outras**		
		Sol. 1	**Sol. 2**	**Sol. 3**	**Sol. 4**	**Sol. 5**	**Sol. 6**	**Sol. 7**	**Sol. 8**	**Sol. 9**	**Sol. 10**	**Sol. 10**
Av. Maruipe - Centro/Goiab.	485	462	303	297	227	160	178	177	255	150	444	14
Av. Maruipe - Goiab./Centro	437	47	48	3	3	128	45	4	4	154	3	3
Rod. Serafim Derenzi	117	167	141	147	145	102	104	105	107	102	169	122
Ganho de Tempo por Percursos (s)												
Trajeto	**C. Atual**	**Plano de ação 1 - Binário**				**Plano de ação 2 - "Volta"**				**Outras**		
		Sol. 1	**Sol. 2**	**Sol. 3**	**Sol. 4**	**Sol. 5**	**Sol. 6**	**Sol. 7**	**Sol. 8**	**Sol. 9**	**Sol. 10**	**Sol. 10**
1: Centro - Goiabeiras	0	-50	-196	-196	-205	-232	-232	-233	-199	-217	-136	-252
2: Goiabeiras - Centro	0	-289	-289	-315	-315	-197	-243	-262	-267	-252	-275	-250
3: Centro - Serafim	0	-11	-233	-233	-241	-37	-91	-115	-83	-247	-17	-114
4: Serafim - Centro	0	-50	-97	-85	-89	-50	-43	-39	-34	-55	-39	-113
5: Goiabeiras - Serafim	0	-295	-303	-332	-331	-165	-236	-265	-271	-247	-274	-246
6: Serafim - Goiabeiras	0	-33	-86	-78	-84	-36	-30	-28	-18	-42	-14	-106

Quadro 39: Resumo de todas as soluções para o tráfego de 2035

Fonte: (Autores, 2020)

A um primeiro momento, recomenda-se a implantação da solução 5. Essa solução apresenta um custo muito baixo de implantação e um impacto de apenas 1 ou dois dias de obras, sendo facilmente reversível. Essa solução simples de ser implementada já garante uma melhora significativa na interseção com redução para todos os usuários que podem chegar a quase 4 minutos para alguns trajetos. No entanto, assim como todas as outras soluções (6, 7, 8,10 e 11) que proíbem a conversão à esquerda e obrigam o retorno da Av. Leitão da Silva, é necessário verificar o impacto desse trânsito extra nas interseções da Av. Leitão da Silva e adjacências. Como essa solução é facilmente reversível, essa verificação pode ser realizada na prática com a implantação desta proposta. A solução 5, melhora o trânsito, mas ainda não é tão eficiente quanto as demais. Entretanto funciona bem como proposta provisória até que estudos mais detalhados sejam realizados.

Em seguida, deve-se avaliar os resultados da implantação da solução 5 e com a validação e a confirmação que o impacto na Leitão da Silva é mínimo. Recomenda-se, alguns anos depois, a implantação da solução 7 como solução de longa permanência. Essa solução possui um custo de implantação consideravelmente superior à solução 6 e os resultados não são tão superiores. No entanto, torna-se interessante devido à aquisição de um espaço extra ao cruzamento que pode vir a ser necessário no futuro. Com essa solução 7, torna-se simples a migração futura para as soluções 2, 3, 4, 9, 10 e 11 conforme as necessidades.

A maior vantagem dessa solução em relação a qualquer outra proposta que faz uso de binário, é que esta não sobrecarrega a Rua Roberto Silveira, que tem perfil de via local, com um trânsito intenso de uma via Arterial. A desvantagem é que a sua implantação está condicionada a garantia que o fluxo extra na Leitão da Silva não está causando congestionamentos e conflitos significativos.

Caso se perceba com a implantação da solução 5, que o impacto do tráfego extra fazendo retorno na Av. Leitão da Silva está gerando trânsitos e conflitos maiores do que o esperado, recomenda-se, primeiramente, a verificação se é possível mitigar esse trânsito e, caso contrário, cabe a prefeitura realizar as adequações na Rua Roberto Silveira para a implantação das propostas com binário, de forma a garantir a segurança de todos nessa rua e o atendimento dos raios de giro.

Não sendo, possível fugir do uso da Rua Roberto Silveira, aconselha-se o uso da proposta 9, inicialmente de forma temporária, que como descrito anteriormente, gera um fluxo menor nesta rua em relação aos binários, o que permite a adaptação dos moradores a esse novo tráfego.

Após 2035, com melhorias no restante do corredor e aumento do tráfego, pode ser necessária a implantação da solução 11 ou similares. Essa solução atingiu nível B de serviço e um fluxo de tráfego bastante contínuo, como alternativa de melhoria. Recomenda-se ainda a implantação de uma terceira faixa no sentido Goiabeiras/Centro da Av. Leitão da Silva, não simulada, até a entrada da Rua Roberto

Silveira. Essa terceira faixa visa aumentar a fluidez desse segmento permitindo que mais veículos acessem o cruzamento.

8 MODERAÇÃO DE TRÁFEGO NA RUA ROBERTO SILVEIRA E PROXIMIDADES

Caso se utilize soluções que fazem uso da Rua Roberto Silveira, é necessária a implantação de medidas de moderação de tráfego de forma a conseguir integrar o fluxo arterial com destino à Rodovia Serafim Derenzi a uma estrutura local. Essas medidas devem apresentar meios de conseguir reduzir a velocidade dos condutores sem impactar na fluidez do tráfego e ainda melhorar a segurança de todos os usuários.

Assim, nesse tópico será apresentado um projeto de alterações geométricas para as ruas Roberto Silveira e Osvaldo Aranha, caso seja implantada qualquer solução com binário.

Uma das técnicas apresentadas pelo guia "*Cities safer by design"* (WELLE, 2015) citado anteriormente é a Chincana (Figura 51), que consiste em criar desvios artificiais que induzem à desaceleração do tráfego. São indicadas para vias localizadas em longas retas, incluindo vias arteriais que passam através de áreas residenciais e pode ser combinado com extensões de meio-fio e travessias elevadas. O guia aponta que o uso de chicanas reduzem os acidentes com feridos em 54% e ainda a gravidade desses acidentes.



Figura 51: Chicanas

Fonte: (WELLE, 2015)

Outra solução apresentada são as extensões de meio-fio que tem como objetivo reduzir a distância de travessia e aumentar a visibilidade dos pedestres. Elas são indicadas, de forma geral, onde há faixas de estacionamento e pontos de ônibus próximos. Essa proposta se torna ainda mais interessante quando associada a aspectos paisagísticos com a implantação de mobiliários urbanos tais como: bancos, bicicletários e jardins. Similar à essa proposta, apresentam-se também os afunilamentos que não mais são do que extensões do meio-fio realizadas normalmente em meio de quadra e que quando associadas em conjunto com vegetação criam uma sensação visual de gargalo capaz de reduzir a velocidade dos veículos (Figura 52).



Figura 52: Afunilamento em via de mão dupla com faixa elevada

Fonte: (WELLE, 2015)

Portanto, com base nessas soluções o projeto de melhorias no apêndice A foi construído. Adotou-se o uso de chicanas e extensões de meio-fio com o objetivo de garantir a segurança de todos os usuários da via, reduzindo a velocidade dos condutores e oferecendo preferência sempre aos pedestres.

O projeto foi desenvolvido levando em consideração um veículo tipo de 15 metros de comprimento com cavalo e reboque e eixo tandem duplo. Verificou-se, também, o raio de giro de todas as interseções e das soluções moderadoras de tráfego adotadas. Na interseção entre a Av. Maruípe e a R. Roberto Silveira, foi necessário realizar um recuo no meio-fio até o muro do supermercado para atender os raios de giro de projeto causando uma desapropriação de uma faixa de 1,5 metros de largura do estacionamento do supermercado para a construção da nova calçada.

Todavia, é possível que passe por essa via veículos maiores semelhante ao tipo CA do manual de projeto geométrico de travessias urbanas do DNIT com comprimento de 18,6 metros, reboque e tandem triplo. Para esses casos, a geometria proposta não atende os raios de giro adequadamente como pode ser visto nas figuras 53 e 54. No entanto, como esses veículos possuem horário restrito de circulação pela legislação vigente, fora da hora pico e por seu fluxo não ser intenso, essa ineficiência pode ser tolerada permitindo manobras para esses veículos. Caso contrário, deve-se avaliar

uma ampliação das desapropriações tanto na interseção da Rua Roberto Silveira com a Av. Maruípe (Figura 53) quanto entre a Ruas Roberto Silveira e Osvaldo Aranha (Figura 54). É importante destacar que o cenário mostrado na figura 54 é um pouco mais complexo visto que realmente vai ser necessária a realização de manobra para vencer a interseção enquanto que na figura 53 o condutor consegue realizar o giro sem manobra abrindo à esquerda na Av. Maruípe.

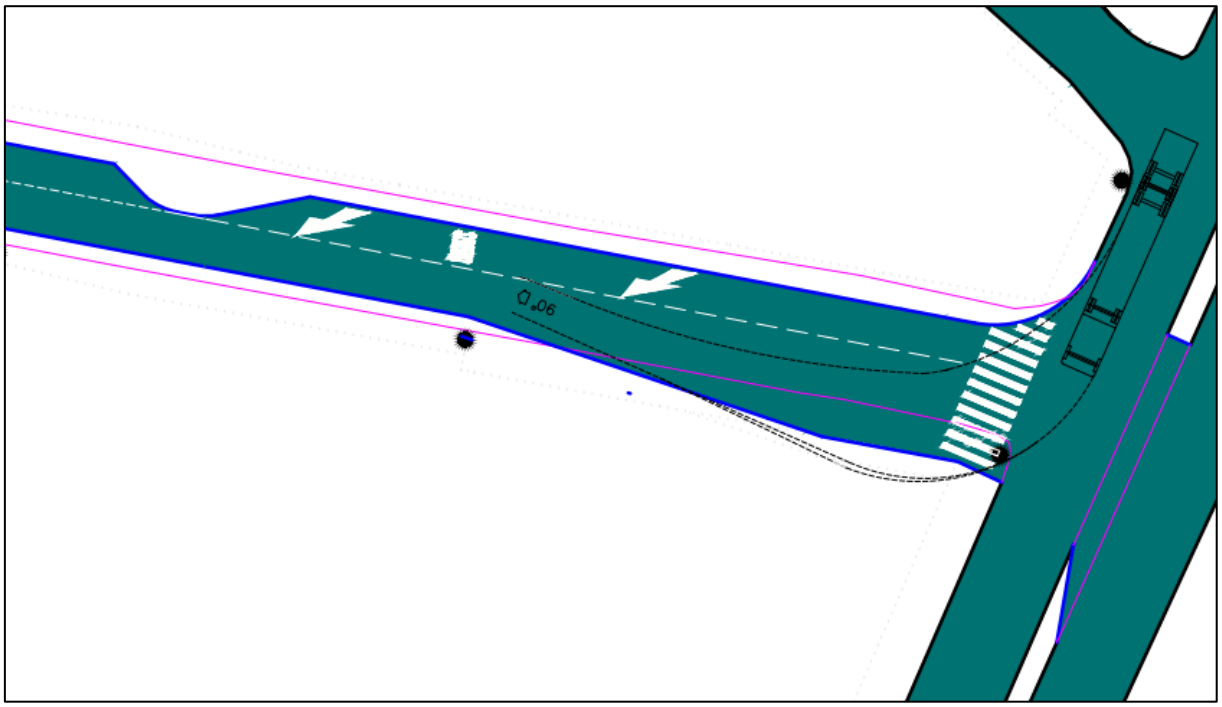


Figura 53: Raio de Giro para veículos maiores que 15 metros não atendido no início da Rua Roberto Silveira

Fonte: (Autores, 2020)

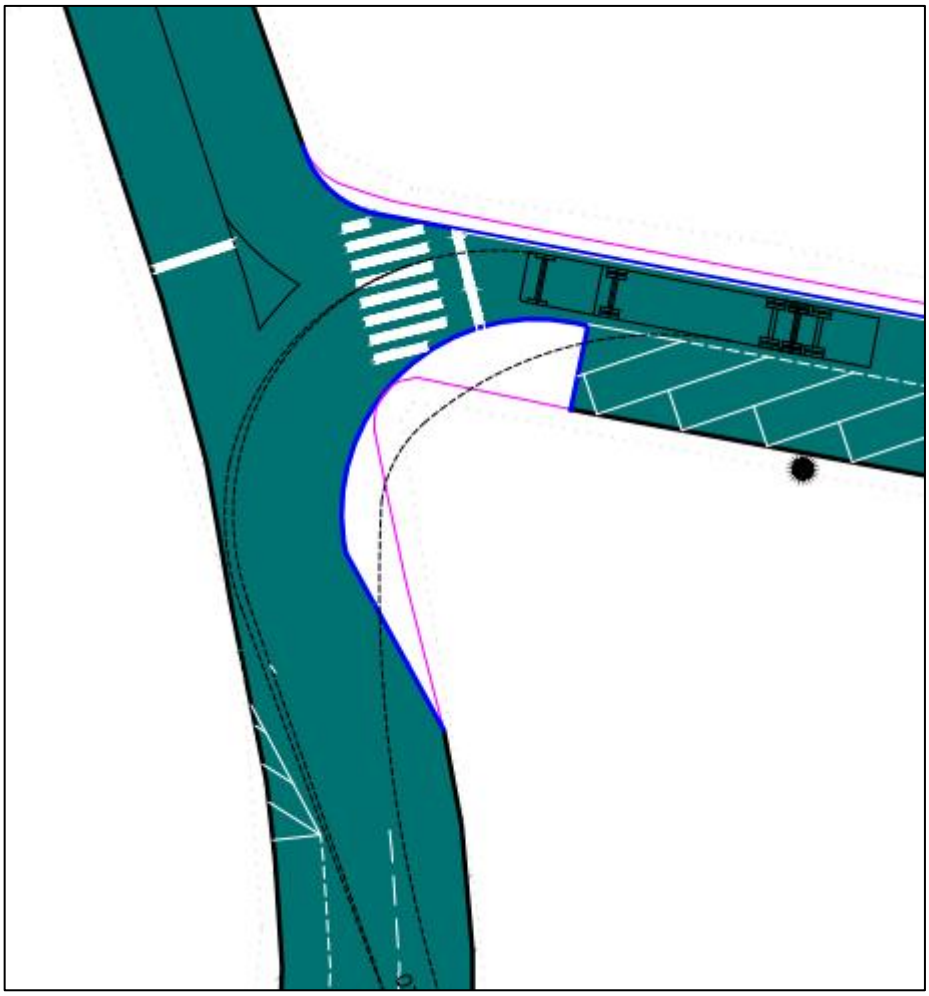


Figura 54: Raio de Giro para veículos maiores que 15 metros não atendido no fim da Rua Roberto Silveira

Fonte: (Autores, 2020)

Ao centro, foi projetada uma chincana com o objetivo de reduzir a velocidade dos condutores e orientar o tráfego para o bordo direito da via com o intuito de facilitar a conversão de veiculos pesados na interseção andiante entre a R. Roberto Silveira e a R. Osvaldo Aranha. Essa chincana foi planejada com o uso de balizadores com o intuito de guiar melhor o tráfego, sobretudo, de noite. E também, com a aplicação de zebrados e tachões que confinam o espaço para veiculos pequenos mas permitem o raio de giro de veiculos maiores.

Ao longo de todo a via, foi realizado uma ampliação das calçadas para oferecer maior segurança aos pedestres, visto que a rua conta com calçadas de dimensões menores

que 50 centimetros em alguns pontos e que possui um fluxo elevado de pessoas. Além disso fornece uma redução da seção provocando um efeito de afunilamento.

Por fim, no cruzamento entre as ruas Osvaldo Aranha e Roberto Silveira foi criado um avanço de calçada que permite uma travessia mais segura dos pedestres sem prejudicar os raios de giro. Todas essas soluções visam permitir que esse novo tráfego passe por essa via residencial sem oferecer grandes riscos aos moradores. É importante destacar que essas soluções visam reduzir a velocidade do tráfego sem produzir qualquer ondulação vertical na via e que causariam um aumento nos ruidos na região, prejudicando a qualidade de vida dos moradores.

9 AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA DA INTERSEÇÃO

Como dito anteriormente, foi feita uma breve avaliação de segurança da interseção conforme a metodologia iRAP. Foram avaliados 300 metros da Av. Maruípe e 170 metros da Rodovia Serafim Derenzi com o intuito de verificar como está o cenário atual quanto à segurança rodoviária. O objetivo principal desse tópico além da avaliação de segurança é promover essa metodologia nova no Brasil que está sendo inserida no mercado nacional e que tem grande potencial de redução de acidentes, óbitos e feridos graves.

Esses 300 metros da Av. Maruípe, foram divididos em 5 segmentos de 100 metros, sendo 4 em trecho de pista dupla e 1 em pista simples. Já na Rodovia Serafim Derenzi, os segmentos foram separados em apenas 2 (Figura 55).

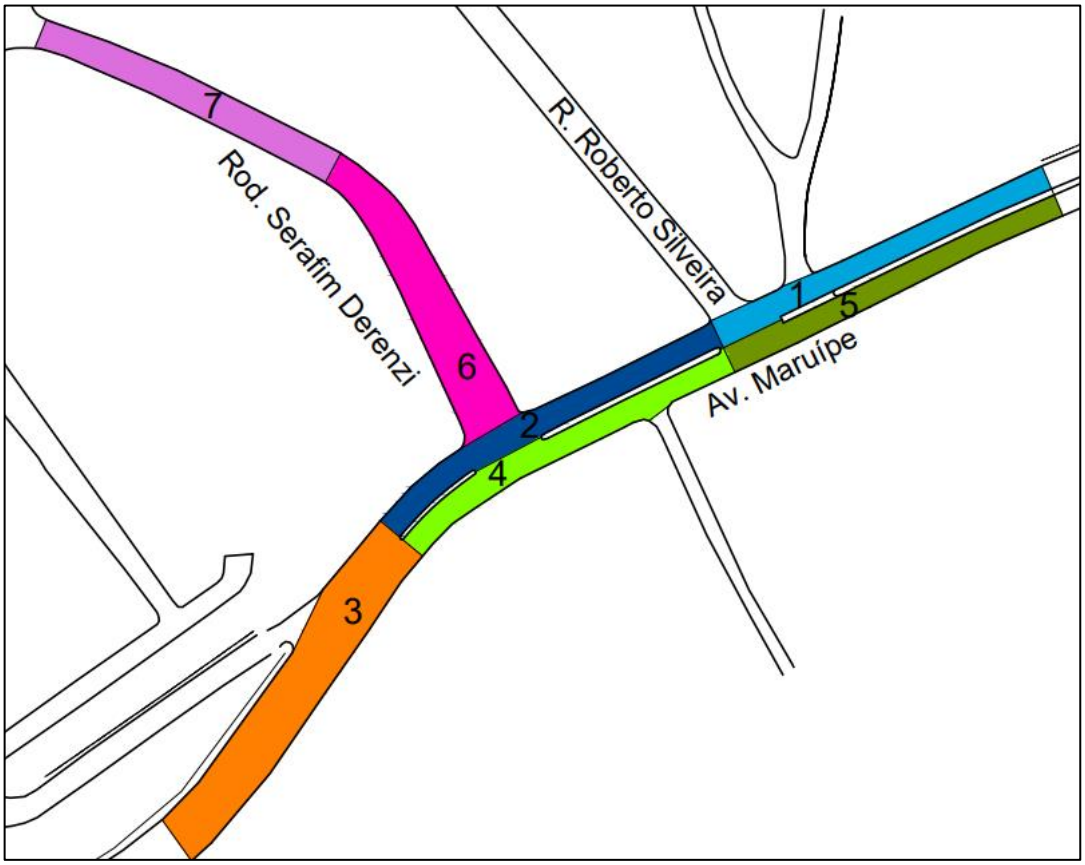


Figura 55: Localização dos trechos de avaliação do iRAP

Fonte: (Autores, 2020)

Os trechos de modo geral apresentaram resultados satisfatórios com 3 estrelas para a maiorias dos usuários. Na Avenida Maruípe os segmentos 1, 3 e 5 apresentaram 2 estrelas para os ciclistas e 3 estrelas para os demais usuários. Possivelmente devido ao grande fluxo presente, a velocidade do trecho e a falta de infraestrutura para o modal cicloviário. Quanto à Rodovia Serafim Derenzi, em geral os resultados foram também satisfatórios com notas gerais por volta de três estrelas, com exceção apenas do trecho 6 que obteve nota 2 para pedestres, devido à travessia sem tempo exclusivo e o alto fluxo de veículos.

Já os trechos 2 e 4 apresentaram resultados ruins devido ao grande fluxo, a falta de um estágio próprio para pedestres e a presença de pessoas atravessando fora dos pontos sinalizados. A figura 56 apresenta o resultado obtido para o trecho 2, a partir do software Vida do iRAP. Perceba que esses dois segmentos ficaram com notas de apenas 1 e 2 estrelas o que mostra que é preciso um estudo também de segurança nesse local.

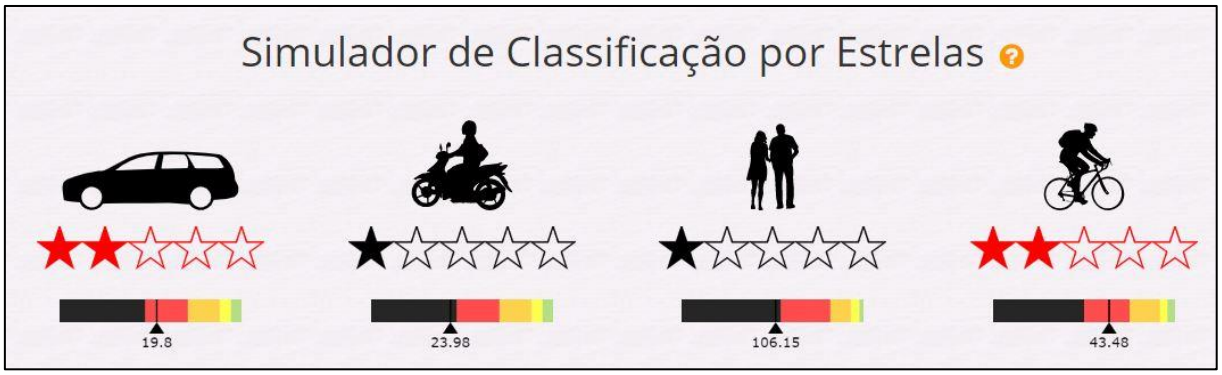


Figura 56: Avaliação de segurança por estrelas por meio do software Vida – Trecho 2 da Avenida Maruípe

Fonte: (VIDA-IRAP, 2020), Elaboração: (Autores, 2020)

Essa metodologia tem um grande potencial de ser aplicada em Vitória assim como no Brasil e pode auxiliar na criação de metas que estabelecem, por exemplo, que até 2024 todas as vias arteriais de Vitória vão atingir nível 3 de segurança para todos os usuários, ou ainda, que todas as novas obras e intervenções viárias já vão visar o

nível 4 de segurança. E assim, foi feito um breve estudo complementar ao restante do trabalho.

É importante destacar, que os autores não possuem ainda uma grande experiência com essa metodologia e, portanto, é esperado alguns pequenos erros que podem causar pequenos ajustes na avaliação. Para verificação das notas, encontra-se no apêndice B as tabelas de codificação originais nos padrões iRAP que descrevem tudo que foi considerado em cada trecho para validação futura.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O corredor da Avenida Maruípe, onde está localizado a interseção de estudo, é um importante corredor do município de Vitória que contribui para a fluidez do trânsito da cidade. Como dito anteriormente, Vitória é uma cidade pequena com poucas vias arteriais, o que as tornam extremamente importantes para a mobilidade da cidade. Além disso, a Rodovia Serafim Derenzi é a única ligação entre a parte oeste da ilha com o restante da cidade e da região metropolitana. Dessa forma, todo o tráfego gerado ou atraído por essa região possui apenas dois pontos de passagem, uma pelo centro de Vitória e outra pela interseção de estudo.

Com base na importância dessas vias, deve-se imaginar que a interseção entre elas deva apresentar uma grande fluidez e segurança a todos os usuários. Porém, não é isso que se observa na atualidade. A interseção apresenta péssimos níveis de serviço, com grandes lentidões e longas filas, tanto que as simulações apresentaram nível de serviço F para o local. É inadmissível que um importante cruzamento como este apresente níveis tão críticos de mobilidade, isso sem contar os níveis de segurança que, conforme a metodologia iRAP, foi classificado com apenas 1 estrela para os pedestres. A situação fica ainda pior, quando é observado que a travessia de pedestres no ramo da Rod. Serafim Derenzi, que apresenta grande fluxo de pedestres, não possui tempo de travessia exclusivo a estes usuários, forçando-os a competir com os veículos automotores que estão presentes em grandes quantidades. Mas também, como colocar um tempo de vermelho total para a segurança do pedestre se a interseção já apresenta nível F de serviço?

O local, como pode ser visto, é bastante desafiador e a situação atual pede uma ação imediata, que melhore todos os índices de mobilidade, que seja segura a todos os usuários e compatível com a capacidade de investimento da cidade. É importante que o município faça o planejamento de ações mais ousadas de médio e longo prazo para a solução dos principais gargalos de trânsito da Cidade, com soluções complexas e as vezes que demandam alto custo de execução, porém, deve desenvolver também soluções mais simples e que apresentam resultados significativos de imediato, já que

a cidade não dispõe de tantos recursos e tem o dever de pelo menos amenizar a vida da população nos seus deslocamentos diários, reduzindo o tempo e os custos das viagens.

Portanto, foi pensando nisso que esse projeto foi desenvolvido. Os autores basearam-se em referências importantes para sustentar os estudos, desenvolvendo diversas propostas para avaliação e simulação. Ao todo, foram simuladas 21 soluções das quais 11 apresentaram-se como bastante promissoras e capazes de serem implantadas. Destas, a opção recomendada para implantação imediata é a solução 5, principalmente pelo seu baixíssimo custo de implantação e seu grande ganho em mobilidade e segurança, com nível D de serviço.

Vale ressaltar que, em estudos futuros, sejam avaliados também os impactos dessas soluções sobre os cruzamentos da Avenida Maruípe com as avenidas Leitão da Silva e Dona Maria Rosa, devido ao fluxo adicional orientado a este local. E também em como o restante do corredor vai se comportar visto que a retirada desse gargalo pode produzir outros mais adiante. Espera-se, com isso, maiores retenções no cruzamento da Av. Maruípe com a Av. Nossa Senhora da Penha e no entorno da Praça Eucalipto próximo ao Hospital Santa Rita.

As soluções com binário, é importante reforçar, que apesar de bem positivas têm uma grande desvantagem que é a orientação do tráfego dos veículos da arterial para uma via originalmente local, como a Rua Roberto Silveira, que não comporta os raios de giro de veículos de grande porte e necessitam de intervenções para moderação de tráfego.

Além disso, não foi avaliado nenhum aspecto da capacidade de suporte de carga da infraestrutura implantada no local e, portanto, não se tem conhecimento, por exemplo, da existência ou não de galerias de drenagem pluvial subterrâneas e, caso positivo, qual a respectiva capacidade de suporte das mesmas, nem tão pouco se a pavimentação das vias locais precisará ser refeita para a implantação do binário proposto.

Encontrou-se, com isso, soluções de curto, médio e longo prazo que sustentam e comprovam que é possível melhorar o tráfego no local, sem um grande custo de investimento do município. Realizou-se ainda um simples projeto funcional de como devem ser estruturadas as vias secundárias, caso a municipalidade opte por implantar as soluções com binários. Quanto à segurança, mostrou-se por meio da metodologia iRAP que na atualidade o local está inadequado.

Espera-se, que esse trabalho possa nortear os as ações da prefeitura para a solução desse gargalo na circulação viária de Vitória, assim como, estimular mais estudos de tráfego utilizando de simulações para o desenvolvimento da cidade.

11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AICHOUR, Boudjemâa. **LE PROBLEME DE L'EMBOUTEILLAGE DU TRAFIC URBAIN ET SON IMPACT SUR LA VILLE DE CONSTANTINE**. 2008. 343 f. Tese (Doutorado) - Curso de Architecture Et D'urbanisme, Departement D'architecture Et D'urbanisme, Universite de Constantine, Constantine, 2008.

BARCELÓ, Jaume et al. **Fundamentals of traffic simulation.** New York: Springer, 2010.

Jain, V., Sharma, A., & Subramanian, L. (2012). **Road traffic congestion in the developing world**. In *Proceedings of the 2nd ACM Symposium on Computing for Development, DEV 2012* (Proceedings of the 2nd ACM Symposium on Computing for Development, DEV 2012).

BARCELÓ, Jaume. **Models, Traffic Models, Simulation, and Traffic Simulation.** In: Fundamentals of traffic simulation. Springer, New York, NY, 2010. p. 1-57.

BASÍLIO, Patrícia. Multinacionais anunciam home office permanente como benefício pós-Covid-19. **Gazeta do Povo.** Curitiba, PR, 22 de maio de 2020. Disponível em: https://www.gazetadopovo.com.br/gazz-conecta/multinacionais-anunciam-home-office-permanente-como-beneficio-pos-pandemia/. Acesso em: 16 de junho de 2020.

BRASIL. [Código de Trânsito Brasileiro (1997)]. **Lei nº 9503, de 23 de Setembro de 1997**. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503.htm. Acesso em: 07 de junho 2020.

CAMPOS, Stela e BIGARELLI, Barbara. Companhias já aderem ao home office permanente. **Globo.** São Paulo, SP, 08 de junho de 2020. Disponível em: https://valor.globo.com/carreira/noticia/2020/06/08/companhias-ja-aderem-ao-home-office-permanente.ghtml. Acesso: 16 de junho de 2020.

CASTIGLIONI, Aurélia Hermínia; FAÉ, Maria Inês. **Inter-relações entre a frota de veículos, a ocorrência de acidentes de trânsito e o adensamento populacional no Espírito Santo**. Ateliê Geográfico, Goiânia - Go, v. 1, n. 8, p. 103-127, abr. 2014.

CASTIGLIONI, A.H.; FAÉ, M.I. Interrelation of vehicle production, population rate and traffic casualties in Brazilian cities. In: **ICIL 2012 - International Conference on Industrial Logistics**, 2012, Zadar. ICIL 2012. Conference Proceedings. Zagreb: FSB, 2012. v. 1. p. 182-189.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO (CET-SP). **Métodos para cálculo da capacidade de interseções semaforizadas.** São Paulo. 1973

CONTRAN. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito.** Brasília, 2014.

DENATRAN. **Frota de Veículos.** Ministério da Infraestrutura. 2020. Disponível em: https://infraestrutura.gov.br/component/content/article/115-portal-denatran/8552-estat%C3%ADsticas-frota-de-ve%C3%ADculos-denatran.html. Acesso: 21 de Junho de 2020.

DENATRAN **Quantidade de Habilitados.** Ministério da Infraestrutura. 2020. Disponível em: https://infraestrutura.gov.br/component/content/article/115-portal-denatran/9080. Acesso: 21 de Junho de 2020.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (DER-ES). **IS Nº 021-N de 21 de Setembro de 2004.** Vitória, ES. Governo do Estado do Espírito Santo, 2004.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **IPR 740: Manual de Projetos de Travessias Urbanas.** Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **IPR 718: Manual de Projetos de Interseções.** 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **IPR 723: Manual de Estudos de Tráfego**. 2006.

DIMITRIOU, Harry T. **The urban transport planning process and its derivatives: a critical review of their evolution and appropriateness to third world cities.** Hong Kong: University Of Hong Kong, 1987. 38 p.

ESPÍRITO SANTO (GOV-ES). **Lei nº 4.463, de 14 de Novembro de 1990.** Vitória, ES. Governo do estado do Espírito Santo. 1990.

FELLENDORF, Martin; VORTISCH, Peter. **Microscopic traffic flow simulator VISSIM.** In: Fundamentals of traffic simulation. Springer, New York, NY, 2010. p. 63-93.

FIALHO, F. B. **Interpretação da curva de crescimento de gompertz.** Embrapa, Santa Catarina, 1999.

GHIRELLO, Mariana. Vendas online crescem em vários setores durante isolamento social. **R7.** São Paulo, SP, 18 de Abril de 2020. Disponível em: https://noticias.r7.com/economia/vendas-online-crescem-em-varios-setores-durante-isolamento-social-18042020. Acesso: 21 de junho de 2020.

Google Maps. **Imagens de satélites e em nível de rua.** Disponível em: https://maps.google.com. Acesso em 08 de novembro de 2020.

INTERNATIONAL ROAD ASSESSMENT PROGRAMME (IRAP). **Especificação para Acreditação de Sistema de Inspeção versão 4.0 (português).** Londres, 2019.

INTERNATIONAL ROAD ASSESSMENT PROGRAMME (IRAP). **Slogan: Because every life counts.** Londres, 2006.

LÓRA, Renata Morandi. **POR UMA CONSTRUÇÃO DA MOBILIDADE URBANA: METODOLOGIA E INDICADORES NA CIDADE DE VITÓRIA-ES**. 2012. 149 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Centro de Artes, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

NEWMAN, Peter; KENWORTHY, Jeff. 'Peak car use': understanding the demise of automobile dependence. **World Transport Policy & Practice**, v. 17, n. 2, p. 31-42, 2011.

NUBANK, " **Compras online aumentam 73% na Black Friday**". 2020.Disponível em: https://blog.nubank.com.br/compras-online-aumentaram-73-black-friday/. Acesso: 08 de dezembro de 2020.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA (ONSV). **"Rodovias que perdoam" novas regras de segurança rodoviária focadas na melhoria da infraestrutura serão propostas pelo observatório.** 2020. Disponivel em: https://www.onsv.org.br/rodovias-que-perdoam-novas-regras-de-seguranca-rodoviaria-focadas-na-melhoria-da-infraestrutura-serao-propostas-pelo-observatorio/. Acesso: 20 de agosto de 2020.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **The Ten Step Plan for Safer Road Infrastructure.** Geneva, 2020.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Global Status Report On Road Safety 2018.** 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA (PMV). **Decreto Nº 16.243, de 6 de março de 2015.** Vitória, ES. Secretaria Municipal de Transportes, Trânsito e Infraestrutura Urbana, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA (PMV) [Plano Diretor Urbano (PDU), 2018]. **Lei Nº 9.271, de 25 de maio de 2018.** Vitória, ES. 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA (PMV) [GeoWeb Vitória, 2020]. **Dados gerais.** Vitória, ES. 2020.

ROBINSON, Richard. **Road Engineering for Development**. 2. ed. Londres: Spon Press, 2004. 539 p.

SANTOS, T. C.; FAVARO, F.; PARENTE, V. **Previsão de Fabricação de Carros Bicombustíveis e de Demanda de Etanol no Brasil em 2014.** Future Studies Research Journal, São Paulo, 2010.

SETTI, José Reynaldo. **HIGHWAY CAPACITY MANUAL OU UM MANUAL DE CAPACIDADE RODOVIÁRIA BRASILEIRO?.** Florianópolis - SC, 2009.

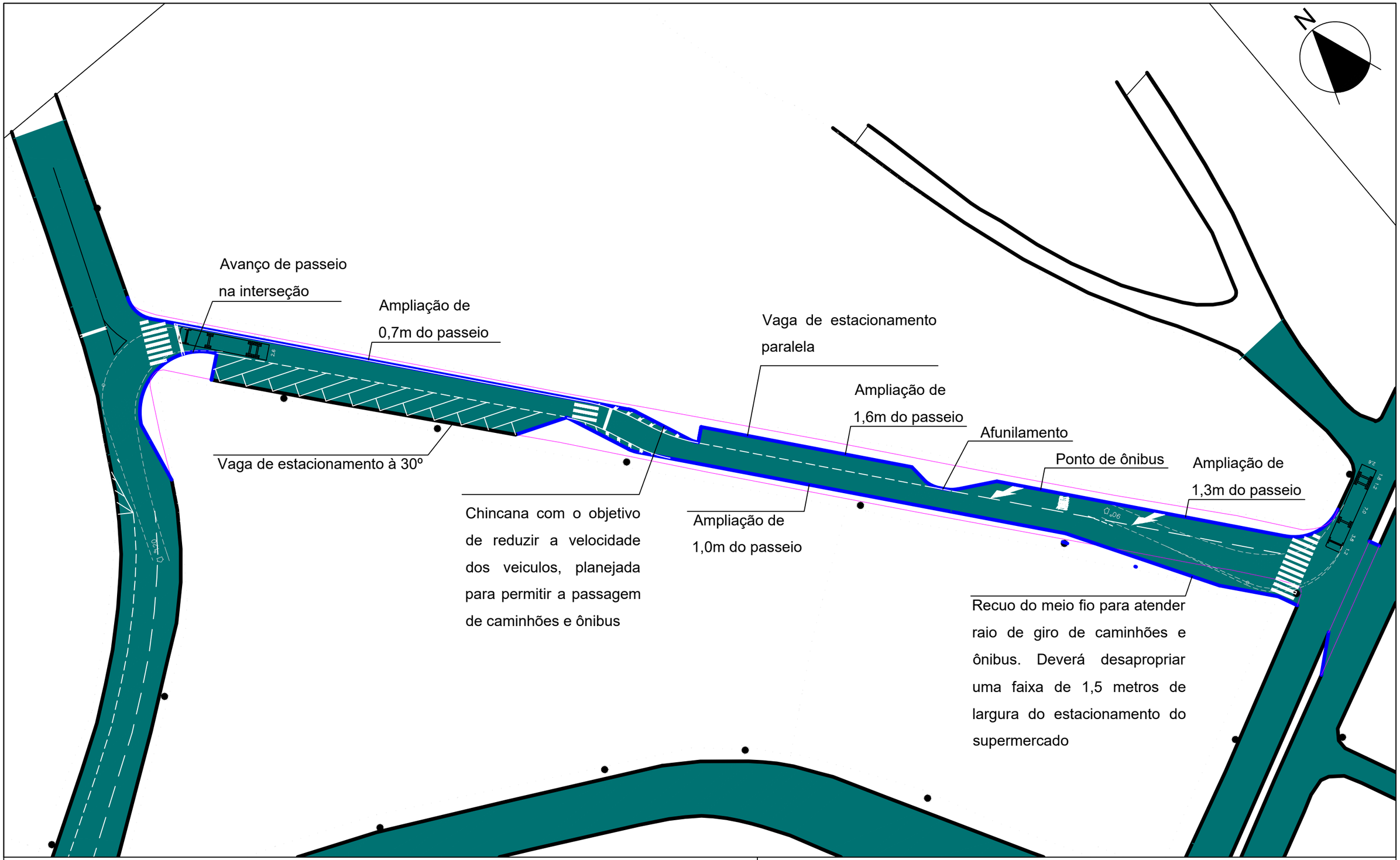
TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB). **Highway Capacity Manual 2000.** Transportation Research Board, Washington, D.C. 2020.

VASCONCELLOS, E. A.; CARVALHO, C. H. R. de; PEREIRA, R. H. M. Transporte e mobilidade urbana. **Textos para Discussão CEPAL-IPEA**, 34. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil, 2011.

WELLE, Ben et al. **Cities safer by design**. 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE A



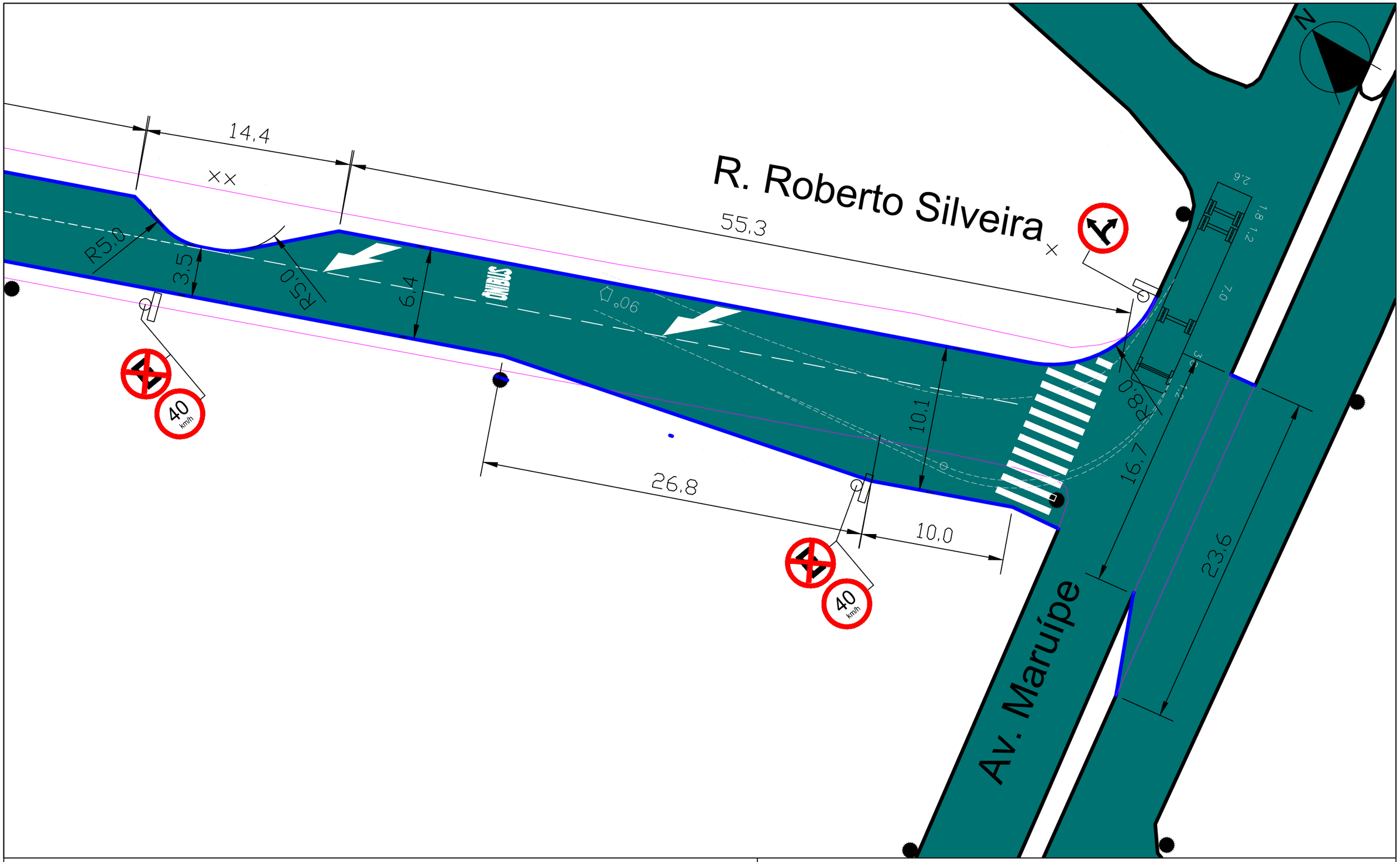
Legenda

- Implantar meio fio
- Retirar meio fio
- Meio fio original

Universidade Federal do Espírito Santo

Projeto de Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil

Título: Alteração de Geometria na Rua Roberto Silveira		Prancha: 1/4
Orientador: Antônio Luiz Caus		
Responsáveis: Alexandre de Souza Bianque Willian Kéviny Souza Berté	Data: 17/12/2020	
	Escala: 1/1000	



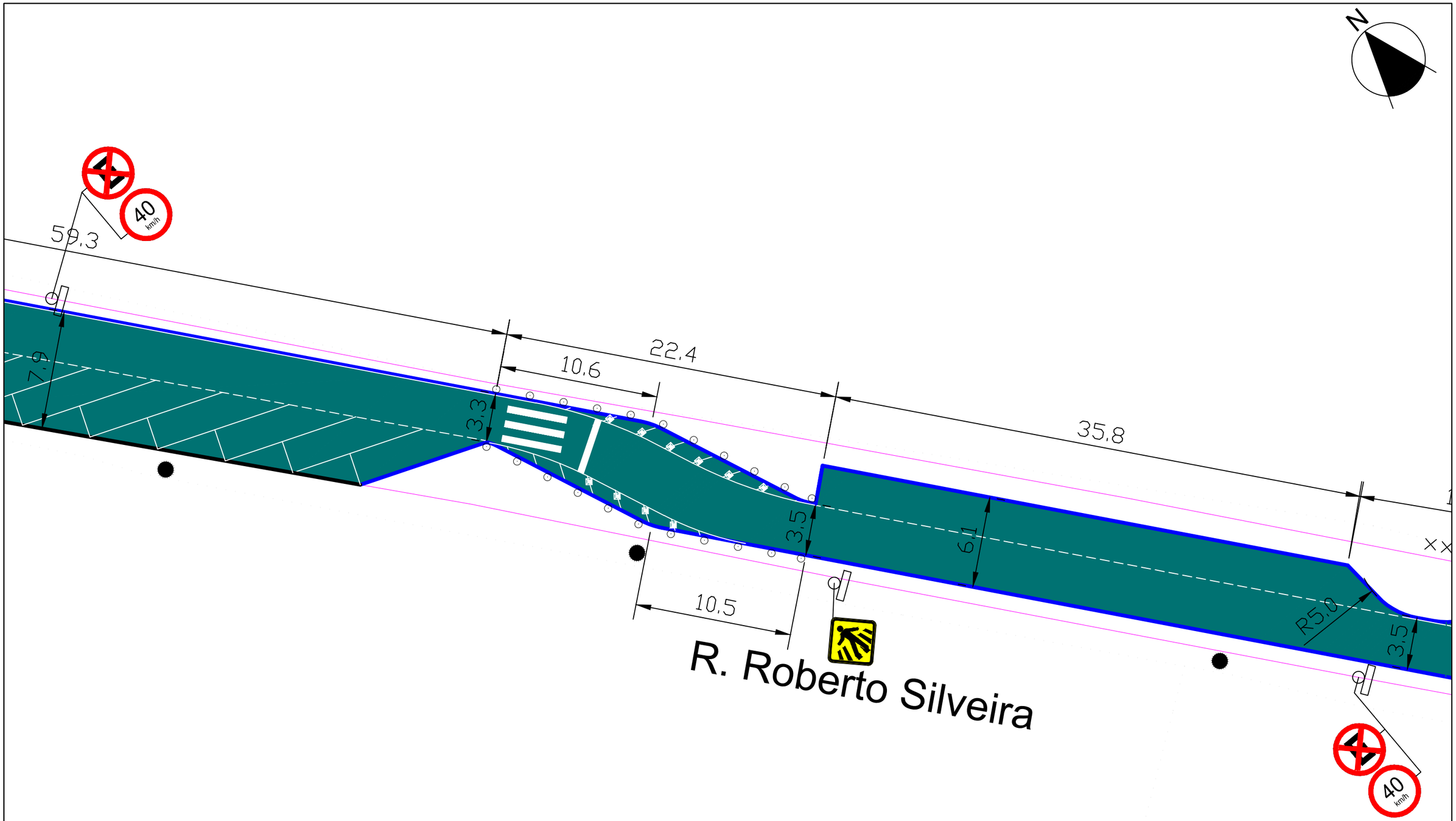
Legenda

- Implantar meio fio
- Retirar meio fio
- Meio fio original

Universidade Federal do Espírito Santo

Projeto de Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil

Título: Detalhamento da inters. entre a R. Roberto Silveira e Av. Maruípe		Prancha: 2/4
Orientador: Antônio Luiz Caus		
Responsáveis: Alexandre de Souza Bianque Willian Kéviny Souza Berté	Data: 17/12/2020 Escala: 1/250	



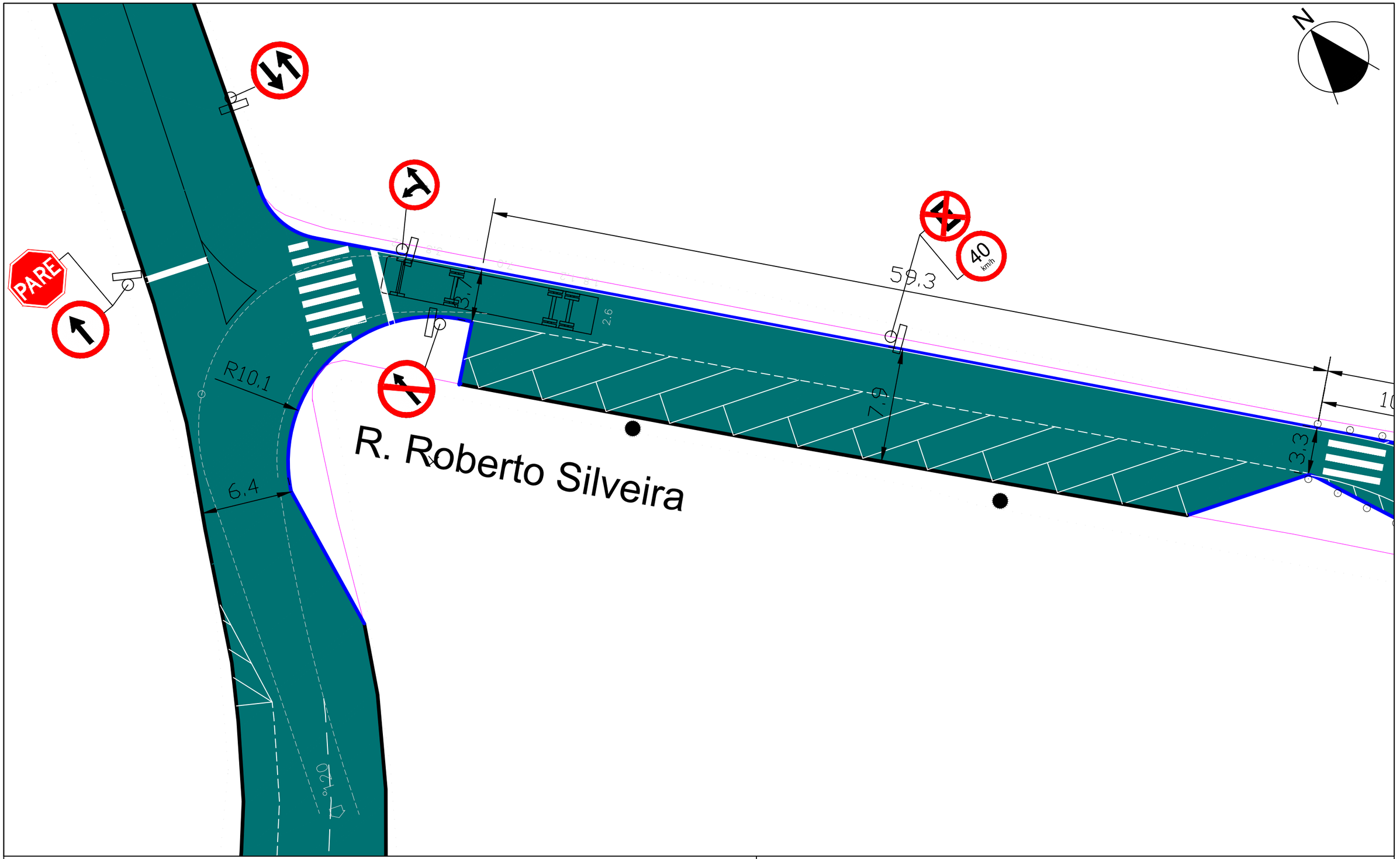
Legenda

- Implatar meio fio
- Retirar meio fio
- Meio fio original
- Balizador
- Tacha

Universidade Federal do Espírito Santo

Projeto de Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil

Título: Detalhamento da Chincana		Prancha: 3/4
Orientador: Antônio Luiz Caus		
Responsáveis: Alexandre de Souza Bianque Willian Kéviny Souza Berté	Data: 17/12/2020 Escala: 1/250	



Legenda

- Implantar meio fio
- Retirar meio fio
- Meio fio original

Universidade Federal do Espírito Santo

Projeto de Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil

Título: Detalhamento Interseção R. Roberto Silveira e R. Osvaldo Aranha		Prancha: 4/4
Orientador: Antônio Luiz Caus		
Responsáveis: Alexandre de Souza Bianque Willian Kéviny Souza Berté	Data: 17/12/2020 Escala: 1/250	

APÊNDICE B

- **Arquivo de codificação da inspeção da Av. Maruípe**

Coder name;Coding date;Road survey date;Image reference;Road name;Section;Distance;Length;Latitude;Longitude;Landmark;Comments;Carriageway;Upgrade cost;Motorcycle observed flow;Bicycle observed flow;Pedestrian observed flow across the road;Pedestrian observed flow along the road driver-side;Pedestrian observed flow along the road passenger-side;Land use - driver-side;Land use - passenger-side;Area type;Speed limit;Motorcycle speed limit;Truck speed limit;Differential speed limits;Median type;Centreline rumble strips;Roadside severity - driver-side distance;Roadside severity - driver-side object;Roadside severity - passenger-side distance;Roadside severity - passenger-side object;Shoulder rumble strips;Paved shoulder - driver-side;Paved shoulder - passenger-side;Intersection type;Intersection channelisation;Intersecting road volume;Intersection quality;Property access points;Number of lanes;Lane width;Curvature;Quality of curve;Grade;Road condition;Skid resistance / grip;Delineation;Street lighting;Pedestrian crossing facilities - inspected road;Pedestrian crossing quality;Pedestrian crossing facilities - intersecting road;Pedestrian fencing;Speed management / traffic calming;Vehicle parking;Sidewalk - driver-side;Sidewalk - passenger-side;Service road;Facilities for motorised two wheelers;Facilities for bicycles;Roadworks;Sight distance;Vehicle flow (AADT);Motorcycle %;Pedestrian peak hour flow across the road;Pedestrian peak hour flow along the road driver-side;Pedestrian peak hour flow along the road passenger-side;Bicycle peak hour flow;Operating Speed (85th percentile);Operating Speed (mean);Roads that cars can read;Vehicle Occupant Star Rating Policy Target;Motorcycle Star Rating Policy Target;Pedestrian Star Rating Policy Target;Bicycle Star Rating Policy Target;Annual Fatality Growth Multiplier;School zone warning;School zone crossing supervisor

Willian Berté;14/12/2020;;;;;0;0.1;;;1;Sentido Goiabeiras/Centro - 1;1;3;;;;;;4;4;2;7;;;1;7;1;4;12;1;5;1;4;4;6;1;5;1;4;2;1;1;3;1;1;1;1;2;2;1;5;1;1;1;7;4;1;6;4;1;1;33000;5;9;4;8;4;8;;;;;;;1;4;3

Willian Berté;14/12/2020;;;;;0.1;0.1;;;2;Sentido Goiabeiras/Centro - 2;1;2;;;;;;;4;4;2;7;;;1;7;1;4;12;1;12;1;4;4;6;1;3;2;1;2;1;1;1;1;1;1;1;2;7;1;5;1;1;1;7;3;1;6; 4;1;1;33000;5;2;2;7;3;5;;;;;;;;1;4;3

Willian Berté;14/12/2020;;;;;0.2;0.1;;;3;Sentido Goiabeiras/Centro - 3;3;2;;;;;;;4;4;2;7;;;1;11;2;1;12;1;12;1;4;4;6;1;5;1;4;2;1;1;1;1;1;1;1;2;3;1;7;1;1;1;3;3;1;6 ;4;1;1;66000;5;6;7;7;3;5;;;;;;;1;4;3

Willian Berté;14/12/2020;;;;;0.1;0.1;;;4;Sentido Centro/Goiabeiras - 4;2;2;;;;;;;4;4;2;7;;;1;7;1;4;12;1;12;1;4;4;6;1;3;2;4;2;1;1;1;1;1;1;1;2;7;3;5;1;1;1;7;3;1;6; 4;1;1;33000;5;2;2;6;3;5;;;;;;;1;4;3

Willian Berté;14/12/2020;;;;;0;0.1;;;5;Sentido Centro/Goiabeiras - 5;2;3;;;;;;;4;4;2;7;;;1;7;1;4;5;1;12;1;4;4;12;1;7;3;3;2;1;1;3;1;1;1;1;2;2;1;7;1;1;1;7;3;1;6; 4;1;1;33000;5;9;4;8;4;8;;;;;;;1;4;3

- **Arquivo de codificação da inspeção da Rod. Serafim Derenzi**

Coder name;Coding date;Road survey date;Image reference;Road name;Section;Distance;Length;Latitude;Longitude;Landmark;Comments;Carriageway;Upgrade cost;Motorcycle observed flow;Bicycle observed flow;Pedestrian observed flow across the road;Pedestrian observed flow along the road driver-side;Pedestrian observed flow along the road passenger-side;Land use - driver-side;Land use - passenger-side;Area type;Speed limit;Motorcycle speed limit;Truck speed limit;Differential speed limits;Median type;Centreline rumble strips;Roadside severity - driver-side distance;Roadside severity - driver-side object;Roadside severity - passenger-side distance;Roadside severity - passenger-side object;Shoulder rumble strips;Paved shoulder - driver-side;Paved shoulder - passenger-side;Intersection type;Intersection channelisation;Intersecting road volume;Intersection quality;Property access points;Number of lanes;Lane width;Curvature;Quality of curve;Grade;Road condition;Skid resistance / grip;Delineation;Street lighting;Pedestrian crossing facilities - inspected road;Pedestrian crossing quality;Pedestrian crossing facilities - intersecting road;Pedestrian fencing;Speed management / traffic calming;Vehicle parking;Sidewalk - driver-side;Sidewalk - passenger-side;Service road;Facilities for motorised two wheelers;Facilities for bicycles;Roadworks;Sight distance;Vehicle flow (AADT);Motorcycle %;Pedestrian peak hour flow across the road;Pedestrian peak hour flow along the road driver-side;Pedestrian peak hour flow along the road passenger-side;Bicycle peak hour flow;Operating Speed (85th percentile);Operating Speed (mean);Roads that cars can read;Vehicle Occupant Star Rating Policy Target;Motorcycle Star Rating Policy Target;Pedestrian Star Rating Policy Target;Bicycle Star Rating Policy Target;Annual Fatality Growth Multiplier;School zone warning;School zone crossing supervisor

Willian Berté;14/12/2020;;;;;0;0.1;;;6;Trecho 6;3;2;;;;;;4;4;2;7;;;1;11;1;2;14;2;12;1;4;4;12;1;7;3;2;5;1;1;1;1;1;1;1;2;5;2;7;1;1;2;3;3;1;6;4;1;1;20000;5;8;6;6;4;6;;;;;;;1;4;3

Willian Berté;14/12/2020;;;;;0.1;0.1;;;7;Trecho 7;3;2;;;;;;4;3;2;7;;;1;11;1;1;11;1;12;1;4;4;12;1;7;3;2;1;1;1;1;1;1;1;1;2;7;3;7;1;2;1;3;3;1;6;4;1;1;20000;5;2;6;6;4;6;;;;;;;1;4;3