

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

JESSICA FERREIRA DE OLIVEIRA SEPULVEDA

**ANÁLISE OPERACIONAL DA AVENIDA 22 DE MAIO, ITABORAÍ - RJ, TRECHO  
ENTRE A RUA TRINTA E UM DE MARÇO E A AV. AMÉLIA SARAIVA**

PROJETO DE CONCLUSÃO DE CURSO I

Niterói  
2021

JESSICA FERREIRA DE OLIVEIRA SEPULVEDA

**ANÁLISE OPERACIONAL DA AVENIDA 22 DE MAIO, ITABORAÍ - RJ, TRECHO  
ENTRE A RUA TRINTA E UM DE MARÇO E A AV. AMÉLIA SARAIVA**

PROJETO DE CONCLUSÃO DE CURSO I

Projeto de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para conclusão do curso.

Orientador:  
Prof. Walber Paschoal da Silva, D.Sc.

Niterói  
2021

Ficha catalográfica automática - SDC/BEE  
Gerada com informações fornecidas pelo autor

S479a Sepulveda, Jessica Ferreira de Oliveira  
ANÁLISE OPERACIONAL DA AVENIDA 22 DE MAIO, ITABORAÍ - RJ,  
TRECHO ENTRE A RUA TRINTA E UM DE MARÇO E A AV. AMÉLIA SARAIVA  
/ Jessica Ferreira de Oliveira Sepulveda ; Walber Paschoal Da  
Silva, orientador. Niterói, 2021.  
40 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia  
Civil)-Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia,  
Niterói, 2021.

1. Transporte. 2. Tráfego urbano. 3. Itaboraí - RJ. 4.  
Produção intelectual. I. Da Silva, Walber Paschoal,  
orientador. II. Universidade Federal Fluminense. Escola de  
Engenharia. III. Título.

CDD -

JESSICA FERREIRA DE OLIVEIRA SEPULVEDA

**ANÁLISE OPERACIONAL DA AVENIDA 22 DE MAIO, ITABORAÍ - RJ, TRECHO  
ENTRE A RUA TRINTA E UM DE MARÇO E A AV. AMÉLIA SARAIVA**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao curso de Graduação em  
Engenharia Civil, como requisito parcial  
para conclusão do curso.

Aprovada em 13 de maio de 2021.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Walber Paschoal da Silva, D.Sc. (Orientador) - UFF**

---

**Prof. Levi Salvi, D.Sc. - UFF**

---

**Prof. Sérgio Luiz Braga França, D.Sc. - UFF**

Niterói  
2021

## RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso tem como objeto de estudo um trecho da Avenida 22 de Maio localizada no município de Itaboraí-RJ. A via apresenta diversos problemas, como defeitos na pavimentação, sinalização horizontal deficiente, faixa de pedestres apagada, falta de delimitação entre as faixas e entre as faixas e o estacionamento lateral, além de sinalização vertical ausente. Esta via é de grande importância para a cidade, sendo um dos principais acessos as cidades vizinhas, como São Gonçalo, Niterói e Tanguá. Este trabalho tem como finalidade produzir uma análise operacional do trecho entre a Rua Trinta e Um de Março e a Avenida Amélia Saraiva, de acordo com a metodologia do *Highway Capacity Manual* (TRB, 2000), e propor soluções para os problemas identificados. Através de observações no local foram coletadas informações como o plano semafórico, a velocidade de fluxo livre e o volume de tráfego. Com a aplicação da metodologia, obteve-se os níveis de serviços dos segmentos e foram propostas algumas ações.

**Palavras-chave:** Análise operacional. Estudos de tráfego. Via urbana. Nível de serviço.

## ABSTRACT

This project has as study object a part of 22 de Maio Avenue located in the city of Itaboraí-RJ. The avenue features several problems, such as defects in the paving, deficient horizontal signaling, erased pedestrian crossing, lack of boundaries between the lanes and between the lanes and the side parking, besides the absent vertical signaling. This street has great importance to the city, being one of the main accesses to neighboring cities, like São Gonçalo, Niterói e Tanguá. The purpose is to produce an operational analysis of the stretch between Trinta e Um de Março Street and Amélia Saraiva Avenue, accordingly to the Highway Capacity Manual methodology (TRB, 2000), and offer solutions to the identified problems. Information was collected through local observations, like the free-flow speed, volume counting and data about the controllers. With the application of the methodology, the level of service of the segments was found and some actions have been proposed.

**Keywords:** Operational analysis. Traffic studies. Urban streets. Level of service.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Foto antiga da Avenida 22 de Maio .....	10
Figura 2 – Foto de um semáforo na via analisada .....	11
Figura 3 – Exemplo do estado atual da via.....	12
Figura 4 – Tipos de segmentos em vias urbanas .....	26
Figura 5 – Mapa esquematizado de todos os segmentos .....	27
Figura 6 – Exemplo de interseção semafórica na Avenida 22 de Maio .....	27
Figura 7 – Mapa esquematizado do segmento 1.....	28
Figura 8 – Mapa esquematizado do segmento 2.....	31
Figura 9 – Mapa esquematizado do segmento 3.....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fatores de equivalência para vários de tipos de veículos .....	14
Tabela 2 – Nível de serviço da via urbana por classe.....	16
Tabela 3 – Tempo de percurso de segmento por quilômetro .....	18
Tabela 4 – Relação entre tipo de chegada e progressão de pelotão ( $R_p$ ).....	22
Tabela 5 – Fatores de ajuste de progressão para cálculo do atraso uniforme.....	23
Tabela 6 - Valores de I recomendados para grupos de faixas com sinais a montante.....	24
Tabela 7 – Exemplo de cálculo do nível de serviço .....	29
Tabela 8 – Resumo cálculo do nível de serviço para o Segmento 1 .....	30
Tabela 9 - Resumo cálculo do nível de serviço para o Segmento 2 .....	32
Tabela 10 – Resumo cálculo do nível de serviço para o Segmento 3 .....	34

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Considerações Iniciais .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Objetivo.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3 Justificativa.....</b>	<b>11</b>
<b>1.4 Estruturação do trabalho .....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>13</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Nível de serviço - NS .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2 Determinação da classe da via urbana.....</b>	<b>16</b>
<b>3.3 Determinação do tempo de percurso .....</b>	<b>17</b>
<b>3.4 Determinação atraso.....</b>	<b>18</b>
3.4.1 Atraso uniforme.....	19
3.4.2 Atraso incremental .....	19
3.4.3 Atraso de fila inicial .....	20
3.4.4 Tipo de chegada e proporção de pelotão .....	21
3.4.5 Fator de ajuste de progressão .....	22
3.4.6 Ajuste do atraso devido ao efeito do tipo de controlador semafórico.....	23
3.4.7 Ajuste do atraso devido ao efeito dos atrasos nas chegadas causados pela sincronização com as interseções anteriores .....	24
<b>3.5 Determinação da velocidade viagem .....</b>	<b>24</b>
<b>3.6 Determinação do nível de serviço .....</b>	<b>25</b>
<b>4 ANÁLISE OPERACIONAL .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1 Segmento 1.....</b>	<b>28</b>
<b>4.2 Segmento 2.....</b>	<b>30</b>
<b>4.3 Segmento 3.....</b>	<b>33</b>

<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>37</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>39</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações Iniciais

A Avenida 22 de Maio localiza-se no município de Itaboraí-RJ, sendo a via principal da cidade, com 9 quilômetros de extensão. É caracterizada como uma via arterial e liga duas vias expressas, a RJ-114 e a RJ-116.

Em 1833, no dia 22 de maio instalou-se a primeira Câmara de Vereadores do município de Itaboraí, na época a cidade era considerada uma vila de nome Freguesia de São João de Itaborahy. Esse marco deu origem ao nome da avenida (PMI, 2021). A figura 1 mostra uma imagem do século 20 da via em questão.

Figura 1 – Foto antiga da Avenida 22 de Maio



Fonte: IBGE (19--).

Como forma de adaptação à implantação do Comperj (Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro), o município de Itaboraí sofreu uma transformação em seu setor imobiliário a partir de 2008, quando foi iniciada a obra (MUNIZ FILHO, 2019). Foram construídos diversos empreendimentos tanto por iniciativa pública, quanto privada. Contudo, uma queda no preço internacional do petróleo, os altos custos da estrutura e os escândalos de corrupção investigados pela operação Lava Jato, provocaram a paralização da maior parte das obras do Comperj, além de uma onda de demissões. Como consequência, outras iniciativas foram interrompidas ou adiadas, deixando a obra na Avenida 22 de Maio inacabada (BBC, 2016).

Atualmente, como pode-se observar na Figura 2, há problemas como por exemplo: a falta de acostamento e de sinalização horizontal, além de pavimentação irregular.

Figura 2 – Foto de um semáforo na via analisada



Fonte: Produção própria.

## 1.2 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo realizar a análise operacional de um trecho da Avenida 22 de Maio, localizado entre a Rua Trinta e Um de Março e a Avenida Amélia Saraiva, seguindo as diretrizes da metodologia apresentada no *Highway Capacity Manual* (TRB, 2000), e sugerir soluções para os problemas constatados.

## 1.3 Justificativa

No atual momento, a Avenida 22 de Maio encontra-se em mau estado de conservação, como pode ser observado na figura 3 abaixo, a falta de sinalização também gera confusão nos condutores. Além disso, os congestionamentos recorrentes afetam a qualidade do serviço oferecido aos usuários.

Por essa razão, a análise operacional se faz necessária. Deve-se fazer um estudo da situação atual da avenida e proposta uma solução que proporcione segurança e um fluxo de veículos eficiente.

Figura 3 – Exemplo do estado atual da via



Fonte: Produção própria.

#### **1.4 Estruturação do trabalho**

O Capítulo 1 apresenta o tema a ser abordado, esclarecendo o objetivo e justificativas do trabalho. O Capítulo 2 contém um breve resumo sobre as principais referências bibliográficas utilizadas para análise operacional de uma via. O Capítulo 3 aborda a metodologia a ser empregada, detalhando todos os passos para a análise. No Capítulo 4 é detalhada a análise operacional realizada para a Avenida 22 de Maio. O Capítulo 5 compreende as conclusões do trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em 1861 começa a história do rodoviário nacional com a inauguração da primeira estrada brasileira, a União Indústria. Até então caminhos de carroça ligavam as cidades e vilas brasileiras desde o século XVI (DNIT, 2021).

Por questões políticas, no Brasil sempre se priorizou o modal rodoviário. Segundo a Confederação Nacional de Trânsito, o transporte rodoviário é responsável por 60% do transporte de cargas e por 90% da movimentação de pessoas. Porém os investimentos em manutenção e em aumento da malha rodoviária, não acompanharam o crescimento da frota, que aumentou 63,6% no período de 2009 a 2017 (CNT, 2018).

Logo, considerando a importância do modal rodoviário para o Brasil, faz-se necessária uma metodologia para realizar a análise operacional das vias. Diferentes métodos surgiram ao longo dos anos, e continuam sendo desenvolvidos buscando refletir as mudanças na frota rodoviária.

O *Highway Capacity Manual* (HCM) é o método desenvolvido pelo *Transportation Research Board* (TRB) nos Estados Unidos. Publicado originalmente em 1950, o HCM foi o primeiro documento a quantificar o conceito de capacidade para instalações de transporte. A primeira a introduzir o conceito de nível de serviço foi a edição de 1965, definição que se tornou a base para a determinar a adequação de instalações de transporte das perspectivas de planejamento, de projeto e operacional. Nível de Serviço (NS) é uma medida qualitativa usada para descrever as condições de operação. O NS é classificado por letras de A à F, sendo A o fluxo mais livre e F representando o cenário mais congestionado (TRB, 2000).

Com pequenas modificações o HCM foi adotado por outros países, como por exemplo: Dinamarca, Finlândia, Noruega, Austrália e Brasil. Entretanto, outros países produziram seus próprios manuais, como a Alemanha por exemplo com o *Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen* (HBS), que em tradução literal significa manual para dimensionamento de sistemas de tráfego rodoviário. Publicado pela primeira vez em 2001, tem uma versão atualizada de 2015, possui uma metodologia especificamente desenvolvida para as estradas alemãs. Mesmo assim, o manual suíço baseou-se no HBS (VOLOSENKO, 2020).

Contudo, a utilização do HCM por outros países deve ser feita com cautela, principalmente aqueles cujas características dos sistemas de transportes forem diferentes das condições americanas, buscando, sempre que possível, realizar ajustes na metodologia de forma que a mesma se aproxime mais de um valor real (DEMARCHI, SETTI, 2021).

No Brasil algumas pesquisas vêm sendo desenvolvidas procurando adequar alguns fatores e coeficientes às condições brasileiras, porém, até o atual momento, os resultados que foram obtidos não alcançaram abrangência nacional, de maneira que possibilitasse o desenvolvimento de um manual de capacidade brasileiro. Apesar disso, o HCM ainda é uma das melhores alternativas para a análise de capacidade no Brasil, em função da facilidade de utilização de seus procedimentos e também por disponibilizar métodos para avaliação de praticamente todos os tipos de sistemas de transporte terrestres (DEMARCHI, SETTI, 2021).

O Manual de Estudos de Tráfego foi publicado em 2006 pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR) do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Esse manual reúne as informações gerais necessárias para determinar os dados que são utilizados em projetos rodoviários. Foi elaborado com base na experiência de consultores e consultando publicações estrangeiras e nacionais, dentre elas o *Highway Capacity Manual* e o *Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen* (BRASIL, 2006).

O Manual de Semáforos foi desenvolvido pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) em conjunto com a Companhia de Tráfego do Município de São Paulo (CET) e publicado no ano de 1984. O manual apresenta conceitos e classificações relativos a semáforos, bem como as circunstâncias que caracterizam a necessidade de uma interseção semafórica, além de metodologias para regular e sincronizar semáforos também são explicadas.

Um importante conceito apresentado no manual é o de unidade de carro de passeio (ucp), que tem como objetivo harmonizar em uma unidade padrão os diversos tipos de veículos que utilizam a via. Para cada tipo de veículo há um fator de equivalência, como pode-se ver na tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Fatores de equivalência para vários de tipos de veículos

Tipo de veículo	Fator de equivalência
Automóvel de passeio	1,00
Caminhão médio ou pesado	1,75
Caminhão leve	1,00
Ônibus	2,25
Caminhão conjugado (carreta)	2,50
Motocicleta	0,33
Bicicleta	0,20
Bonde	2,60

Fonte: Brasil (1984)

No manual não consta o fator de equivalência para veículo tipo van, mas, com base em trabalhos anteriormente realizados, será utilizado neste projeto um fator igual a 1,00. Os

caminhões leves foram contabilizados como vans, pois os dois tem o mesmo fator de equivalência. A coluna de caminhões das planilhas de contagem volumétrica, localizadas no apêndice deste trabalho, se refere a caminhões de porte médio. Durante as visitas *in loco*, caminhões conjugados não foram observados.

### 3 METODOLOGIA

A principal base deste trabalho será a edição de 2000 do HCM, pois apresenta as técnicas mais adotadas mundialmente de determinação da capacidade de serviço para todos os tipos de instalações de transporte. Será utilizado o capítulo 15, intitulado “*Urban Streets*”, por tratar da análise de vias urbanas.

#### 3.1 Nível de serviço - NS

A metodologia permite estimar o nível de serviço de vias urbanas. O nível de serviço é baseado na velocidade de percurso média por veículo para o segmento ou para toda a via considerada. É influenciado pelo número de sinais por quilômetro e pelo controle de atraso das interseções. Programação inapropriada de sinais, progressão ruim, e aumento do fluxo de tráfego podem degradar o nível de serviço substancialmente. A tabela 2 lista o critério do NS baseado na velocidade de viagem média e da classe da via. Deve ser levado em conta que se o volume de demanda exceder a capacidade em algum ponto da via, a velocidade média de viagem não será uma boa medida para o NS.

Tabela 2 – Nível de serviço da via urbana por classe

Classe da via urbana	I	II	III	IV
Faixas da velocidade de fluxo livre	90 a 70 km/h	70 a 55 km/h	55 a 50 km/h	50 a 40 km/h
VFL típica	80 km/h	65 km/h	55 km/h	45 km/h
NS	Velocidade média de viagem (km/h)			
A	> 72	> 59	> 50	> 41
B	> 56-72	> 46-59	> 39-50	> 32-41
C	> 40-56	> 33-46	> 28-39	> 23-32
D	> 32-40	> 26-33	> 22-28	> 18-23
E	> 26-32	> 21-26	> 17-22	> 14-18
F	≤ 26	≤ 21	≤ 17	≤ 14

Fonte: adaptado de TRB (2000).

#### 3.2 Determinação da classe da via urbana

O primeiro passo da análise é determinar a classe da via urbana. Essa pode ser mensurada diretamente por medidas em campo da velocidade de fluxo livre (VFL) ou a partir de dados sobre suas características de projeto e função.

Nesse trabalho será utilizado o método do carro teste para determinar a velocidade de fluxo livre em cada segmento.

### **3.3 Determinação do tempo de percurso**

Existem dois principais componentes no tempo total que um veículo passa em um segmento de via urbana: tempo de percurso e controle de atrasos em interseções sinalizadas. Para calcular o tempo de percurso para um segmento, o analista deve saber a classificação da via, o tamanho do segmento e sua velocidade de fluxo livre. O tempo de percurso pode ser encontrado usando a tabela 3.

Para cada classe de via urbana existem algumas influências no tempo de percurso real. A tabela 3 mostra o efeito do comprimento da via. A presença de estacionamento, atrito lateral, desenvolvimento local e uso da via podem afetar o tempo de percurso e também a VFL. Observação direta da velocidade de fluxo livre, portanto, inclui o efeito desses fatores e, por implicação, seu efeito no tempo de percurso.

Tabela 3 – Tempo de percurso de segmento por quilômetro

Classe da via urbana	I			II			III		IV			
	VFL (km/h)	90 <sup>a</sup>	80 <sup>a</sup>	70 <sup>a</sup>	70 <sup>a</sup>	65 <sup>a</sup>	55 <sup>a</sup>	55 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	55 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	40 <sup>a</sup>
Tamanho médio do segmento (m)	Tempo de percurso por quilômetro (s/km)											
100	b	b	b	b	b	b	-	-	-	129	159	
200	b	b	b	b	b	b	88	91	97	99	125	
400	59	63	67	66	68	75	75	78	77	81	96	
600	52	55	61	60	61	67	d	d	d	d	d	
800	45	49	57	56	58	65	d	d	d	d	d	
1000	44	48	56	55	57	65	d	d	d	d	d	
1200	43	47	54	54	57	65	d	d	d	d	d	
1400	41	46	53	53	56	65	d	d	d	d	d	
1600	40 <sup>c</sup>	45 <sup>c</sup>	51 <sup>c</sup>	51 <sup>c</sup>	55 <sup>c</sup>	65 <sup>c</sup>	d	d	d	d	d	

Notas:

a. É melhor ter uma estimativa na VFL. Caso não haja nenhuma, use a tabela abaixo, assumindo os seguintes valores padrão:

Classe	VFL (km/h)
I	80
II	65
III	55
IV	45

b. Se uma via de Classe I ou II tem um segmento de tamanho inferior a 400 m, (a) reavalie a classe, (b) se continuar sendo um segmento distinto, use valores para 400 m.

c. Para segmentos longos de Classe I ou II em vias urbanas (1600 m ou maior), VFL pode ser usado para computar tempo de percurso por quilômetro. Esses tempos são mostrados nas entradas para segmentos de 1600 m.

d. Da mesma forma, vias urbanas de Classe III ou IV com segmentos maiores que 400 m devem primeiro ser reavaliadas (ou seja, a classe deve ser confirmada). Se necessário, valores acima de 400 m podem ser extrapolados.

Apesar da tabela não deixar claro, o tempo de percurso do segmento depende dos níveis de fluxo de tráfego. Apesar disso, a dependência do atraso devido as interseções nos níveis de fluxo de tráfego é maior e demanda que se leve em consideração a velocidade de viagem.

Fonte: adaptado de TRB (2000).

### 3.4 Determinação atraso

Os atrasos são necessários para calcular a velocidade de cada segmento ou da via urbana. Já que a função da via é servir para o tráfego de passagem, o grupo de faixas para tráfego de passagem é usado para caracterizar a via urbana.

O atraso de controle para o movimento de passagem é o atraso apropriado a ser usado no caso da avaliação de uma via urbana. A equação 1 é empregada para determinar o atraso de controle.

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad (1)$$

Onde,

$d$  = atraso de controle (s/veículo);

$d_1$  = atraso uniforme (s/veículo);

$d_2$  = atraso incremental (s/veículo);

$d_3$  = atraso de fila inicial (s/veículo);

PF = fator de ajuste de progressão.

#### 3.4.1 Atraso uniforme

A equação 2 fornece uma estimativa de atraso de controle considerando chegadas perfeitamente uniformes e fluxo estável. Valores de  $X$  maiores que 1,0 não são usados no cálculo do  $d_1$ .

$$d_1 = \frac{0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]} \quad (2)$$

Onde,

$C$  = duração do ciclo (s);

$g$  = tempo de verde efetivo para grupo de faixas (s);

$X$  = razão entre volume e capacidade ( $v/c$ ) para grupo de faixas (também chamado de grau de saturação).

#### 3.4.2 Atraso incremental

A equação 3 estima o atraso incremental devido a chegadas não uniformes e ciclos falhos individuais (isto é, atraso aleatório), assim como também o atraso causado por períodos de sobre saturação (isto é, atraso de sobre saturação). As equações 4 e 5 complementam a utilização da equação 3.

$$d_2 = 900T \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 k I X}{c T}} \right] \quad (3)$$

Onde,

T = duração do período de análise (h);

X = razão entre volume e capacidade (v/c) para grupo de faixas (também chamado de grau de saturação);

k = ajuste do atraso devido ao efeito do tipo de controlador semafórico;

I = ajuste do atraso devido ao efeito dos atrasos nas chegadas causados pela sincronização com as interseções anteriores;

c = capacidade do grupo de faixas (veículo/h).

A capacidade do grupo de faixas de tráfego de uma interseção é calculada pela equação 4.

$$c = N \times s \times \frac{g}{C} \quad (4)$$

Onde,

c = capacidade do grupo de faixas (veículo/h);

N = número de faixas de tráfego na interseção;

s = fluxo de saturação ajustado por faixas (veículo/h);

g/C = tempo efetivo de verde por ciclo do movimento de passagem na interseção.

O fluxo de saturação é dado pela seguinte fórmula:

$$s = 525L \quad (5)$$

Onde,

s = fluxo de saturação ajustado por faixas (veículo/h);

L = largura da aproximação (m).

### 3.4.3 Atraso de fila inicial

O atraso de fila inicial ocorre quando a fila do período anterior está presente no começo da análise, os veículos recém-chegados sofrem atraso de fila inicial. Esse atraso seria o tempo adicional que é preciso para que a fila inicial se dissolva. Sua magnitude depende no tamanho

da fila inicial, a duração do período de análise, e a relação v/c para aquele período. Para este trabalho será adotado o valor de atraso de fila inicial  $d_3$  como zero.

#### 3.4.4 Tipo de chegada e proporção de pelotão

Uma característica muito importante para análise de vias urbanas é a qualidade da progressão. O parâmetro que descreve essa característica é o tipo de chegada, AT, para cada grupo de faixas. O tipo de chegada estima a qualidade da progressão definindo seis tipos principais de fluxo de chegada.

Tipo de chegada 1 é caracterizado por um pelotão denso de mais de 80% do volume do grupo de faixas chegando no começo da fase vermelha. Esse tipo de chegada representa interseções que possuem um ritmo de progressão ruim devido a variadas condições, incluindo falta de coordenação.

Tipo de chegada 2 é caracterizado por um pelotão moderadamente denso que chega na metade da fase vermelha ou por um pelotão dispersado de 40 a 80% do volume do grupo de faixas chegando ao longo da fase vermelha. Esse tipo de chegada apresenta uma progressão não favorável ao longo da via urbana.

Tipo de chegada 3 consiste de chegadas aleatórias na qual o pelotão principal contém menos de 40% do volume do grupo de faixas. Esse tipo de chegada representa operação onde não há interseções, interseções sinalizadas com pelotões muito dispersados. Podendo também ser usado para representar uma operação coordenada com progressão mínima.

Tipo de chegada 4 consiste em um pelotão moderadamente denso que chega no meio da fase verde, ou de um pelotão dispersado de 40 a 80% do volume do grupo de faixas chegando ao longo da fase verde. Esse tipo de chegada representa uma progressão favorável ao longo da via urbana.

Tipo de chegada 5 é caracterizado por um pelotão de denso a moderado de mais de 80% do volume do grupo de faixas chegando no começo da fase verde. Esse tipo de chegada representa uma progressão altamente favorável, que pode ocorrer em rotas com número de entradas laterais baixo a moderado e que recebe alta prioridade na sincronização dos sinais.

Tipo de chegada 6 é reservado para progressão de qualidade excepcional em rotas com características quase ideais. Representa a progressão de densos pelotões por interseções pouco espaçadas com nenhuma ou poucas entradas laterais.

O tempo de chegada é melhor observado no campo, mas pode ser aproximado examinando diagramas de tempo-espço para a via. O tipo de chegada deve ser determinado

com o maior nível de precisão possível, porque tem um impacto significativo nas estimativas de atraso e definição do nível de serviço. Apesar de não haver parâmetros definitivos para quantificar tipo de chegada, a razão definida pela equação 6 é útil.

$$R_p = P \left( \frac{C}{g} \right) \quad (6)$$

Onde,

$R_p$  = proporção do pelotão;

$P$  = proporção de todos os veículos chegando durante o verde;

$C$  = duração do ciclo (s);

$g$  = tempo efetivo de verde para movimento (s).

O valor para  $P$  pode ser estimado ou observado no campo, onde  $C$  e  $g$  são determinados de acordo com a temporização dos sinais. O valor de  $P$  não pode exceder 1,0. Os valores aproximados de  $R_p$  se relacionam com o tipo de chegada como mostrado na tabela 4.

Tabela 4 – Relação entre tipo de chegada e progressão de pelotão ( $R_p$ )

Tipo de Chegada	Amplitude da Proporção do Pelotão ( $R_p$ )	Valores padrão ( $R_p$ )	Qualidade da progressão
1	$\leq 0,50$	0,333	Muito ruim
2	$> 0,50 - 0,85$	0,667	Desfavorável
3	$> 0,85 - 1,15$	1,000	Chegadas aleatórias
4	$> 1,15 - 1,50$	1,333	Favorável
5	$> 1,50 - 2,00$	1,667	Altamente favorável
6	$> 2,00$	2,000	Excepcional

Fonte: adaptado de TRB (2000).

#### 3.4.5 Fator de ajuste de progressão

O fator de ajuste de progressão,  $PF$ , se aplica a todos os grupos de faixas coordenados, sendo o controle de tempo fixo ou não atuante em um sistema semiatuante. Progressão afeta principalmente o atraso uniforme, por essa razão o ajuste é aplicado apenas em  $d_1$ . O valor do fator de ajuste de progressão pode ser determinado pela equação 7.

$$PF = \frac{(1 - P) f_{PA}}{\left(1 - \frac{g}{C}\right)} \quad (7)$$

Onde,

PF = fator de ajuste de progressão;

P = proporção de todos os veículos chegando durante o verde;

g/C = razão de tempo efetivo de verde;

f<sub>PA</sub> = fator de ajuste suplementar para chegada de pelotão durante o verde.

O valor de P pode ser medido no campo ou estimado pelo diagrama tempo-espço. A tabela 5 pode ser usada para determinar PF como uma função do tipo de chegada com os valores padrão de P e f<sub>PA</sub> associados a cada tipo de chegada.

Tabela 5 – Fatores de ajuste de progressão para cálculo do atraso uniforme

Proporção de verde (g/C)	Tipo de chegada (AT)					
	AT 1	AT 2	AT 3	AT 4	AT 5	AT 6
0,20	1,167	1,007	1,000	1,000	0,833	0,750
0,30	1,286	1,063	1,000	0,986	0,714	0,571
0,40	1,445	1,136	1,000	0,895	0,555	0,333
0,50	1,667	1,240	1,000	0,767	0,333	0,000
0,60	2,001	1,395	1,000	0,576	0,000	0,000
0,70	2,556	1,653	1,000	0,256	0,000	0,000
f <sub>PA</sub>	1,00	0,93	1,00	1,15	1,00	1,00
R <sub>P</sub> , Padrão	0,333	0,667	1,000	1,333	1,667	2,000

Notas:

PF = (1 - P)f<sub>PA</sub>/(1 - g/C).

A tabela é baseada nos valores padrão de f<sub>p</sub> e R<sub>P</sub>.

P = R<sub>p</sub> x g/C (não podendo exceder 1,0).

PF não poderá ser maior que 1,0 para AT 3, AT 4, AT 5 e AT 6.

Fonte: adaptado de TRB (2000).

O fator de ajuste de progressão (PF) requer conhecimento dos deslocamentos, velocidades de viagem e interseções sinalizadas.

#### 3.4.6 Ajuste do atraso devido ao efeito do tipo de controlador semafórico

Na equação 3 o termo k incorpora o efeito do controlador semafórico no atraso. Para semáforos com tempo fixo, é usado o valor de 0,5 para k. Esse valor é baseado em filas com chegadas aleatórias e em serviço uniforme equivalente à capacidade do grupo de faixa.

No entanto, sinais com controladores atuantes podem adaptar o tempo de verde de acordo com a demanda, reduzindo o atraso incremental.

Para esse trabalho será utilizado o valor de 0,5 para k, pois na Avenida 22 de maio todos os controladores semafóricos são de tempo fixo.

### 3.4.7 Ajuste do atraso devido ao efeito dos atrasos nas chegadas causados pela sincronização com as interseções anteriores

O termo de ajuste do atraso incremental I na equação 3 leva em conta os efeitos de chegadas filtradas por sinais de segmentos anteriores. Um valor de 1,0 é usado para I no caso de uma interseção isolada (quando a sinalização mais próxima está a 1,6 km ou mais). Esse valor é baseado em um número aleatório de veículos chegando por ciclo na interseção avaliada.

Um valor menor que 1,0 é usado para interseções não isoladas, o que reflete a maneira com que os sinais a montante reduzem a variação no número de chegadas por ciclo na interseção em análise. Como resultado, a quantidade de atraso devido a chegadas aleatórias é reduzida.

A tabela 6 lista os valores de I para interseções não isoladas. Esses valores são baseados na relação  $X_u$ , ou seja, v/c, de todos os movimentos a montante que contribuem para o volume no grupo de faixa da interseção em questão.

Tabela 6 - Valores de I recomendados para grupos de faixas com sinais a montante

	Grau de Saturação na Interseção Anterior, $X_u$						
	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	$\geq 1,00$
I	0,922	0,858	0,769	0,650	0,500	0,314	0,090

Nota:  $I = 1,0 - 0,91 X_u^{2,68}$  e  $X_u \leq 1,0$

Fonte: adaptado de TRB (2000).

### 3.5 Determinação da velocidade viagem

A equação 8 é usada em cada segmento e na seção inteira para calcular a velocidade de viagem.

$$S_A = \frac{3600L}{T_R + d} \quad (8)$$

Onde,

$S_A$  = velocidade média de viagem de veículos no segmento (km/h);

L = tamanho do segmento (km);

$T_R$  = total do tempo de percurso em todos os segmentos nas seções definidas (s);

$d$  = atraso de controle para movimentos de passagem em interseções sinalizadas (s).

Em casos especiais, talvez existam atrasos no meio causados por um veículo parado em calçadas de pedestres, ou outros atrasos causados por parada de ônibus ou garagens. Esses outros atrasos podem ser adicionados ao denominador na equação 8.

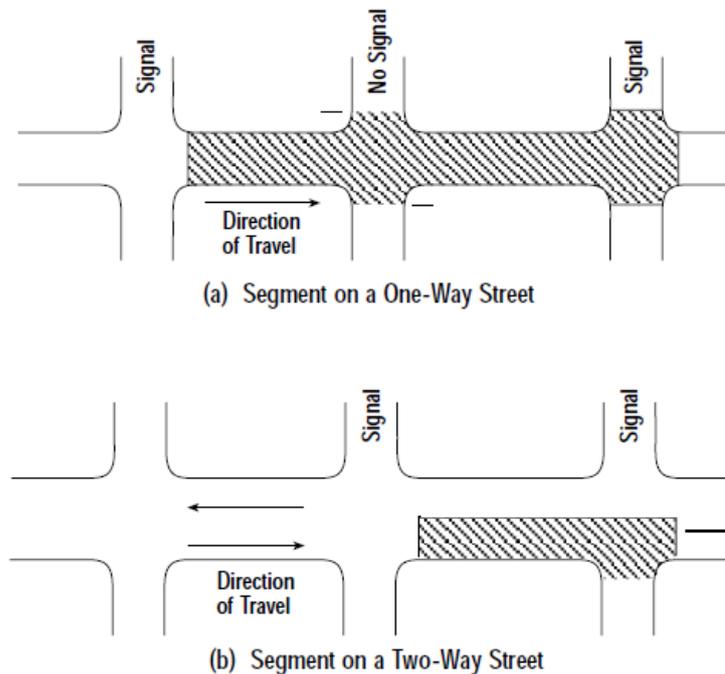
### **3.6 Determinação do nível de serviço**

Existem distintos critérios de nível de serviço para cada classe de via urbana. Esses critérios são baseados nas expectativas diferentes que condutores possuem em relação a cada via urbana específica. São levados em consideração tanto a velocidade de fluxo livre da via, assim como as definições do nível de serviço das interseções. A tabela 1 fornece o nível de serviço para cada classe de via urbana.

## 4 ANÁLISE OPERACIONAL

Para realizar a análise operacional da via, é preciso dividi-la em segmentos e analisar cada um separadamente. O segmento é a unidade básica da análise, é formada pela distância entre um semáforo e o próximo. A figura 4 a seguir mostra os tipos de segmentos em vias urbanas.

Figura 4 – Tipos de segmentos em vias urbanas



Fonte: HCM (2000).

Por meio da observação em campo, foi escolhido um trecho da Avenida 22 de Maio que apresentasse um fluxo de veículos intenso, o que poderia levar a um nível de serviço baixo. Dado que, essas características tornariam um trabalho de caráter acadêmico interessante.

Durante visitas, foram coletados dados de temporização dos semáforos, volumes de tráfego e também foi aferida a velocidade de fluxo livre (VFL). Os dados de volume de tráfego foram coletados para um sentido único no pico da manhã, sendo feita apenas uma medição, já que se trata de um trabalho acadêmico, ao invés de duas para cada interseção semaforica, como seria o correto em um caso real. As tabelas de contagem de volume de tráfego encontram-se nos anexos desse trabalho. Na figura 5 pode-se ver os segmentos que serão analisados.



#### 4.1 Segmento 1

O primeiro segmento pode ser visto na figura 7 abaixo, trata-se de um trecho com sinalização horizontal deficiente, tanto a faixa de pedestres, quanto a divisão das faixas não estão claras. Essa parte da via apresenta edificações comerciais bem espaçadas, um posto de gasolina e um ponto de ônibus próximos ao semáforo 2.

Figura 7 – Mapa esquematizado do segmento 1



Fonte: Adaptado de Google (2021).

Possui 464 metros de comprimento, e compreende os semáforos 1 e 2. Pelo método do carro teste foi medida uma VFL de 52 km/h. De acordo com a tabela 2, trata-se de um trecho de classe III. Em seguida, usando a tabela 3, tem-se que o tempo de percurso por quilômetro é de 72,64 s/km. De acordo com as medições em campo dos dados de temporização dos semáforos, o tempo de verde efetivo ( $g$ ) é de 77 s, e o tempo de ciclo ( $C$ ) é de 151 s, logo  $g/C$  igual a 0,510.

O segmento 1 possui 2 faixas de 3,00 metros cada uma, tem-se que a capacidade da via é de 1607 ucp/h, utilizando as equações 4 e 5. Pelos dados da classificação volumétrica, o volume no pico da manhã é de 863 ucp/h, portanto,  $v/c$  é igual a 0,537. Utilizando a tabela 6, pode-se aferir o valor de  $I$ , por meio de interpolação foi encontrado 0,825.

Apresenta chegadas aleatórias e interseções sinalizadas com pelotões dispersos, o que caracteriza um tipo de chegada 3 (AT3). De acordo com a tabela 5, o fator de ajuste de progressão (PF) é 1,00. A seguir, na tabela 7, encontra-se um resumo do procedimento para o cálculo do nível de serviço.

Tabela 7 – Exemplo de cálculo do nível de serviço

1 – Encontrar fatores PF, k e I para o cálculo dos atrasos.	De acordo com a tabela 5, PF=1,00. Consultando a seção 3.4.6, tem-se que k = 0,50. Com a tabela 6, encontra-se I = 0,825.
2 – Encontrar $d_1$ (equação 2)	$d_1 = \frac{0,5c \left(1 - \frac{g}{c}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{c}\right]} = 25,0 \text{ s}$
3 – Encontrar $d_2$ (equação 3)	$d_2 = 900T \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right]$ $d_2 = 1,07 \text{ s}$
4 – Encontrar d (equação 1)	$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 = 26,0 \text{ s}$
5 – Encontrar tempo de percurso ( $T_R$ )	Para VFL=52 km/h, tempo de percurso por quilômetro 72,64 s/km $T_R = \text{Tempo de percurso}/\text{km} \times L = 33,7 \text{ s}$
6 – Encontrar $S_A$ (equação 8)	$S_A = \frac{3600L}{T_R + d} = 28,0 \text{ km/h}$
7 – Determinar Nível de Serviço (Tabela 2)	Nível de serviço C

Na tabela 8 pode-se observar um resumo dos parâmetros encontrados durante a aplicação de toda a metodologia definida no capítulo 3 para o cálculo do nível de serviço de vias urbanas.

Tabela 8 – Resumo cálculo do nível de serviço para o Segmento 1

<b>Dados do Segmento 1</b>	
L (m)	464
Largura da faixa (m)	3,00
Número de faixas	2
VFL (km/h)	52
Classe	III
T. perc./km (s/km)	72,64
PF	1,00
k	0,50
g (s)	77
C (s)	151
g/C	0,510
v (ucp/h)	863
c (ucp/h)	1607
v/c	0,537
I	0,825
d <sub>1</sub> (s)	25,0
d <sub>2</sub> (s)	1,07
d (s)	26,0
T <sub>R</sub> (s)	33,7
S <sub>A</sub> (km/h)	28,0
<b>Nível de Serviço</b>	<b>C</b>

Fonte: Produção própria (2021).

Considera-se o nível de serviço C, como o nível desejável, justamente o que se obteve como resultado no trecho, apresentando um valor de velocidade média de 28 km/h, portanto o segmento já funciona de maneira satisfatória. Os resultados obtidos são razoáveis, em razão das condições observadas no local, a via no trecho anterior ao segmento 1 passa por áreas menos centrais do município, onde, por consequência o volume de tráfego é menor. Sugere-se apenas poucas intervenções de manutenção, como definir melhor o limite entre as faixas, repintar a faixa de pedestres, para dessa forma, melhorar a percepção de segurança dos usuários.

#### 4.2 Segmento 2

A figura 8 ilustra o segundo segmento que é seguinte ao primeiro segmento. Esse trecho é mais movimentado que o primeiro, com grande concentração de comércio em toda a extensão e grande fluxo de pedestres, possuindo também estacionamento lateral. Assim como no segmento 1, a divisão entre as faixas, a faixa de pedestres, os limites do acostamento e



Tabela 9 - Resumo cálculo do nível de serviço para o Segmento 2

<b>Dados do Segmento 2</b>	
L (m)	239
Largura da faixa (m)	3,00
Número de faixas	2
VFL (km/h)	46
Classe	IV
T. perc./km (s/km)	104,97
PF	1,00
k	0,50
g (s)	62
C (s)	145
g/C	0,428
v (ucp/h)	923
c (ucp/h)	1348
v/c	0,685
I	0,668
d <sub>1</sub> (s)	33,6
d <sub>2</sub> (s)	1,93
d (s)	35,5
T <sub>R</sub> (s)	25,1
S <sub>A</sub> (km/h)	14,2
<b>Nível de Serviço</b>	<b>E</b>

Fonte: Produção própria (2021).

O segmento 2 apresenta uma velocidade média de apenas 14 km/h, sendo classificada com nível de serviço E. Os resultados observados são condizentes com as condições observadas *in loco*, esse segmento atravessa a área mais central do município, contendo grande concentração de comércio. Assim sendo, percebe-se que nesse caso, devem ser tomadas medidas para tentar melhorar o funcionamento do trecho, visto que o nível de serviço encontrado usualmente possui maior tendência a congestionamento e atrasos maiores.

No entanto, como o fator econômico é sempre um ponto a ser considerado em qualquer projeto de engenharia, então antes de considerar mudanças na geometria, como adicionar mais uma faixa, ou aumentar a largura das mesmas, deve-se buscar outras soluções. Como por exemplo a alteração do plano semaforico, nesse caso há algumas possibilidades sempre visando modificar a relação g/C. Podendo-se aumentar o tempo de verde efetivo e diminuir o tempo de vermelho sem alterar o tempo total de ciclo ou só aumentar o tempo de verde. Sem esquecer de se atentar para as condições das vias transversais, quando for efetuar qualquer mudança no

plano semafórico. Ademais aplicam-se aqui as mesmas recomendações referentes a manutenção que foram feitas para o segmento 1.

### 4.3 Segmento 3

No segmento 3 há um aumento no tamanho de cada faixa. Bem como no segmento anterior, aqui também há bastante comércio, além de um grande ponto de ônibus e uma área para carga e descarga na lateral junto ao estacionamento, que se encontram mal delimitados, gerando confusão e estacionamento irregular. Há uma rua transversal importante, a Rua Dr. Pereira Passos, que influencia substancialmente o fluxo desse segmento, pois é o ponto de entrada de muitos veículos na Avenida 22 de Maio. Aqui, assim como nos outros segmentos, a divisão de faixas, a faixa de pedestres e toda a sinalização horizontal e vertical é, de forma geral, deficiente. A figura 9 abaixo ilustra o segmento 3.

Figura 9 – Mapa esquematizado do segmento 3



Fonte: Adaptado de Google (2021).

Contém os semáforos 3 e 4 e um comprimento de 251 metros. A velocidade de fluxo livre foi medida pelo método do carro teste, chegando a uma VFL de 55 km/h. De acordo com a tabela 2, trata-se de um trecho de classe III. Depois, usando a tabela 3, tem-se que o tempo de percurso por quilômetro é de 84,69 s/km. Segundo com as medições em campo dos dados de temporização dos semáforos, o tempo de verde efetivo ( $g$ ) é de 62 s, e o tempo de ciclo ( $C$ ) é de 145 s, chegando a um valor de  $g/C$  igual a 0,428.

Usando as equações 4 e 5, e sabendo-se que o segmento 3 possui 2 faixas de 3,20 metros cada uma, tem-se que a capacidade do segmento é 1438 ucp/h. Na sequência, utilizando os dados coletados na classificação volumétrica tem-se que o volume no pico da manhã é de 1078

ucp/h, portanto,  $v/c$  é igual a 0,750. Com a tabela 6, pode-se aferir o valor de I, por meio de interpolação foi encontrado 0,575.

Esse segmento possui chegadas aleatórias e interseções sinalizadas com pelotões dispersos, o que se caracteriza como um tipo de chegada 3 (AT3). Conforme a tabela 5, esse tipo de chegada leva a um valor de fator de ajuste de progressão (PF) igual a 1,00. Abaixo, na tabela 10, há um resumo dos parâmetros encontrados durante a aplicação de toda a metodologia definida no capítulo 3 para o cálculo do nível de serviço de vias urbanas.

Tabela 10 – Resumo cálculo do nível de serviço para o Segmento 3

<b>Dados do Segmento 3</b>	
L (m)	251
Largura da faixa (m)	3,20
Número de faixas	2
VFL (km/h)	55
Classe	III
T. perc./km (s/km)	84,69
PF	1,00
k	0,50
g (s)	62
C (s)	145
g/C	0,428
v (ucp/h)	1078
c (ucp/h)	1438
v/c	0,750
I	0,575
d <sub>1</sub> (s)	34,9
d <sub>2</sub> (s)	2,14
d (s)	37,1
T <sub>R</sub> (s)	21,3
S <sub>A</sub> (km/h)	15,5
<b>Nível de Serviço</b>	<b>F</b>

Fonte: Produção própria (2021).

Como resultado dos cálculos foi encontrada a pior classificação de nível de serviço dentre os três segmentos analisados, o que faz sentido considerando que ele acumula o fluxo dos segmentos anteriores com o fluxo advindo de vias transversais importantes ao longo do segmento em questão. Devem ser tomadas medidas para tentar melhorar o funcionamento do trecho, já que o nível F geralmente indica uma tendência a congestionamento e maiores atrasos.

Porém, ainda se atentando ao fator econômico, deve-se buscar primeiramente soluções de caráter operacional, como mudanças no plano semaforico, procurando alterar a razão g/C

atual. Mudança que pode ser obtida através do aumento do tempo de verde, o que acaba aumentando o tempo de ciclo, ou também aumentar o tempo de verde efetivo e, ao mesmo tempo, diminuir o tempo de vermelho sem alterar o tempo total de ciclo. Aqui também se sugere as recomendações de manutenção, além da análise para possível alteração nos tempos de ciclo dos semáforos, visando melhorar o fluxo.

## 5 CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu o esclarecimento dos principais problemas que ocorrem na Avenida 22 de Maio, localizada no município de Itaboraí-RJ. Pode-se perceber que essa via foi um excelente objeto de aprendizado para a metodologia proposta pelo HCM.

O estudo atingiu seu propósito de realizar uma análise operacional na Avenida 22 de Maio, no trecho entre a Rua Trinta e Um de Março e a Avenida Amélia Saraiva e propôs soluções de caráter operacional, de baixo custo, como o aumento do tempo de verde dos semáforos.

Com o constante aumento populacional nas cidades, que implica em um aumento da quantidade de carros, faz-se necessário o incentivo do uso de transportes públicos e alternativos como parte da solução. A via analisada tem um enorme potencial para a aplicação destas políticas públicas. Alguns deslocamentos, principalmente os menores, dentro do próprio município de Itaboraí, poderiam ser realizados de bicicleta, se houvesse estrutura propícia.

A Avenida 22 de Maio apresenta grande fluxo de carros que se deslocam em direção a São Gonçalo, Niterói e Rio de Janeiro, se o transporte público fosse mais eficiente, estes mesmos deslocamentos poderiam ser substituídos também, mas para isso acontecer é necessário investimento em infraestrutura de transportes, de forma a melhorar a qualidade do serviço oferecido e garantir a segurança do usuário. É possível melhorar o espaço urbano com uma maior diversificação dos modais de transporte, assegurando espaço para a coexistência segura de caminhões, carros, motos, ônibus, bicicletas e pedestres.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A DECEPÇÃO da cidade fluminense que esperava prosperar com o petróleo. BBC Brasil, 26 de junho de 2016. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-36385300>>. Acesso em: 30 mar. 2021.

BIBLIOTECA DO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Catálogo, ID: 45228. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?view=detalhes&id=445228>>. Acesso em: 20 fev. 2021

BRASIL. **Manual de Estudos de Tráfego**. Rio de Janeiro, RJ: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006.

BRASIL. **Manual de Semáforos**. 2ª. ed. Brasília: DENATRAN, 1984.

CNT. Somente 12,4% da malha rodoviária brasileira é pavimentada. Confederação Nacional do Transporte, 14 de agosto de 2018. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/somente-12-da-malha-rodoviaria-brasileira-pavimentada>>. Acesso em: 6 mar. 2021.

DEMARCHI, Sérgio Henrique; SETTI, José Reynaldo. Análise de capacidade e níveis de serviço de segmentos básicos de rodovias utilizando o HCM 2000, UFGRS. Disponível em: <[http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/412\\_aula\\_3\\_\\_introd\\_operacao\\_rodoviaria.pdf](http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/412_aula_3__introd_operacao_rodoviaria.pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2021.

GOOGLE, **Google Earth**, 2021. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/@-22.74711922,-42.85920906,28.10949616a,626.89542336d,35y,-10.2410325h,0.07814296t,360r>>. Acesso em: 27 abr. 2021.

HISTÓRICO do rodoviarismo. Breve histórico do rodoviarismo federal no Brasil. A primeira estrada de rodagem do Brasil. DNIT. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/historico/>>. Acesso em: 7 mar. 2021.

MUNIZ FILHO, Guilherme. O declínio do Comperj: repercussões sobre a dinâmica imobiliária urbana na cidade de Itaboraí. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA URBANA, 16, 2019, UFES. Disponível em: < <https://periodicos.ufes.br/>>. Acesso em: 30 mar. 2021

PMI. Prefeitura de Itaboraí. Prédios históricos. Casa de Câmara e Cadeia. Disponível em: <<https://www.itaborai.rj.gov.br/nossos-predios-historicos/>>. Acesso em: 2 mar. 2021.

PROJETO de revitalização da Avenida 22 de Maio é apresentado a população. Prefeitura Municipal de Itaboraí - PMI, Comunicação, 31 de agosto 2014. Disponível em: <<https://www.itaborai.rj.gov.br/9319/projeto-de-revitalizacao-da-avenida-22-de-maio-e-apresentado-a-populacao/>>. Acesso em: 28 fev. 2021.

TRB. Highway Capacity Manual. Special Report 209. Transportation Research Board. National Research Council. Washington, DC, US. 2000

VOLOSENKO, Sandra; LAURINAVICIUS, Alfredas. Level of Service Evaluation Methods: Possible Adaptation for Lithuania. **The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering**, 15, 2020. Disponível em: <<https://ortus.rtu.lv/science/en/publications/31067/attachments/5881>>. Acesso em: 28 abr. 2021.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Contagem volumétrica classificatória do Segmento 1

<b>CONTAGEM VOLUMÉTRICA CLASSIFICATÓRIA</b>							
<b>DATA: 14 de abril de 2021 (quarta-feira)</b>						<b>TOTAL (veículos)</b>	<b>TOTAL (ucp)</b>
<b>LOCAL: Posto Shell - 1º segmento</b>							
<b>SENTIDO: São Gonçalo</b>				<b>POSTO: 1</b>			
<b>Fração da hora</b>	<b>Carro</b>	<b>Ônibus</b>	<b>Caminhão</b>	<b>Moto</b>	<b>Van</b>		
7:00 - 7:15	113	13	11	20	4	161	172
7:15 - 7:30	139	16	8	20	5	188	201
7:30 - 7:45	182	19	6	29	5	241	250
7:45 - 8:00	148	15	8	23	5	199	208
8:00 - 8:15	144	16	11	19	6	196	212
8:15 - 8:30	157	10	18	25	10	220	229
8:30 - 8:45	165	11	9	13	4	202	214
8:45 - 9:00	173	13	13	28	6	233	240
						<b>Total/2h</b>	<b>1726</b>
						<b>Total/h</b>	<b>863</b>

### APÊNDICE B – Contagem volumétrica classificatória do Segmento 2

<b>CONTAGEM VOLUMÉTRICA CLASSIFICATÓRIA</b>							
<b>DATA: 15 de abril de 2021 (quinta-feira)</b>						<b>TOTAL (veículos)</b>	<b>TOTAL (ucp)</b>
<b>LOCAL: Boticário - 2º Segmento</b>							
<b>SENTIDO: São Gonçalo</b>				<b>POSTO: 2</b>			
<b>Fração da hora</b>	<b>Carro</b>	<b>Ônibus</b>	<b>Caminhão</b>	<b>Moto</b>	<b>Van</b>		
7:00 - 7:15	142	16	5	16	2	181	194
7:15 - 7:30	138	17	2	34	3	194	194
7:30 - 7:45	137	14	7	13	5	176	190
7:45 - 8:00	203	17	9	44	1	274	273
8:00 - 8:15	193	16	16	25	9	259	274
8:15 - 8:30	178	18	8	21	2	227	241
8:30 - 8:45	165	11	12	27	6	221	226
8:45 - 9:00	198	12	7	25	8	250	254
						<b>Total/2h</b>	<b>1845</b>
						<b>Total/h</b>	<b>923</b>

## APÊNDICE C – Contagem volumétrica classificatória do Segmento 3

<b>CONTAGEM VOLUMÉTRICA CLASSIFICATÓRIA</b>							
<b>DATA: 27 de abril de 2021 (terça-feira)</b>						<b>TOTAL (veículos)</b>	<b>TOTAL (ucp)</b>
<b>LOCAL: 3º Segmento - Lojas Cem</b>							
<b>SENTIDO: São Gonçalo</b>			<b>POSTO: 3</b>				
<b>Fração da hora</b>	<b>Carro</b>	<b>Ônibus</b>	<b>Caminhão</b>	<b>Moto</b>	<b>Van</b>		
7:00 - 7:15	159	18	5	22	2	206	218
7:15 - 7:30	193	18	6	30	3	250	257
7:30 - 7:45	186	11	9	21	3	230	236
7:45 - 8:00	210	15	14	48	4	291	288
8:00 - 8:15	241	18	20	44	6	329	337
8:15 - 8:30	211	15	12	24	7	269	281
8:30 - 8:45	204	13	14	27	5	263	272
8:45 - 9:00	213	8	13	24	6	264	268
						<b>Total/2h</b>	<b>2156</b>
						<b>Total/h</b>	<b>1078</b>